

ԵՐԵՎԱՆԻ
ՊԵՏԱԿԱՆ
ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ



ЕРЕВАНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ



Գ Ի Տ Ա Կ Ա Ն
Տ Ե Ղ Ե Կ Ա Գ Ի Ր

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ

2.2005

ԵՐԵՎԱՆ



ЕРЕВАН

ISSN 0132-0173

Հրատարակվում է 1925 թ.-ից (1967 թ.-ից՝ պարբերաբար):

Издается с 1925 г. (с 1967 г. — периодически).

ԽՐԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈՆԵԳԻԱ

ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ Ռ.Ս. (գլխ. խմբագիր), ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Հ.Գ. (գլխ. խմբագրի տեղակալ),
ՇԱՐԱՄԲԵՅԱՆ Լ.Թ. (պատ. քարտուղար)
ԲՈՅՆԱԳՐՅԱՆ Վ.Ո., ԳԱՆԻԵԼՅԱՆ Է.Ա., ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Ի.Գ., ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ Ս.Գ.,
ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ Լ.Լ., ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ Շ.Ա., ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ Ռ.Ս., ՇՈՒԹՈՒՐՅԱՆ Ս.Կ.,
ՉՈՒԲԱՐՅԱՆ Է.Վ., ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ Ս.Գ., ՍԱՐԳՍՅԱՆ Հ.Հ., ՍԱՐԳՍՅԱՆ Ս.Վ.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ԱՐՄՈՆՅԱՆ Ր.Մ. (գլ. редактор), ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Ա.Գ. (зам. гл. редактора),
ՇԱՐԱՄԲԵՅԱՆ Լ.Թ. (отв. секретарь)
ԱՐՄՈՆՅԱՆ Շ.Գ., ԲՈՅՆԱԳՐՅԱՆ Վ.Ր., ԴԱՆԻԵԼՅԱՆ Է.Ա., ՄԱՐԿԱՐՅԱՆ Ս.Ա.,
ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ Ր.Մ., ՕՍԻՍՅԱՆ Լ.Լ., ՍԱՐԿԻՍՅԱՆ Ս.Գ., ՍԱՐԿԻՍՅԱՆ Օ.Ա.,
ՍԱՐԿԻՍՅԱՆ Շ.Վ., ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Ի.Գ., ՉՈՒԲԱՐՅԱՆ Է.Վ., ՇՈՒԿՈՐՅԱՆ Ս.Կ.

Երևանի համալսարանի հրատարակչություն
Издательство Ереванского университета

© ԵՊՀ Գիտական տեղեկագիր, բնական գիտություններ, 2005
© Ученые записки ЕГУ, естественные науки, 2005

Ստորագրված է տպագրության 10.06.2005թ.
Подписано к печати 10.06.2005г.

Ֆորմատ 70×100 1/16: Տպ. 10,25մամ. = ցայմ. 14,35մամ.: Պատվեր 91:
Տպարանակ 150: Գրանցման համարը 258:
Формат 70×100 1/16. 10,25 печ.л.=14,35 усл.л. Заказ 91.
Тираж 150. Регистрационный номер 258.

Տպագրված է ԵՊՀ օպերատիվ պոլիգրաֆիայի ստորաբաժանումում.
Երևան-25, Ալ. Մանուկյան, 1:
Напечатано в подразделении оперативной полиграфии ЕГУ.
Ереван-25, Ал. Манукяна, 1.

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Ռ.Մ. Մարտիրոսյան – Երևանի պետական համալսարանի «Գիտական տեղեկագիր» հանդեսը 80 տարեկան է..... 3

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Վ.Ս. Աբարեկյան – Սահմանի գործողությամբ տարածությունների մասին5
 Ա.Գ. Մաքևոսյան – Մի քանի նպատակային բազմությունների հետ մոտեցման դիֆերենցիալ խաղ ստոխաստիկ գծային համակարգերի դեպքում..... 11
 Օ.Ս. Միքայելյան, Ռ.Վ. Խաչատրյան – Օպտիմալ հետազոծող մասնակի-կոպպերատիվ խաղերում.....17

ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱ

Ս.Մ. Սալադյան – Ինտուիցիոնիստական ասույթային հաշվի որոշ համակարգերի համեմատում.....25

ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Վ.Ռ. Բարսեղյան, Գ.Ս. Չլինգարյան – Գրավիտացիոն դաշտում փոփոխական զանգվածով նյութական կետի շարժման օպտիմալ ղեկավարման մի խնդրի մասին31

ՖԻԶԻԿԱ

Ա.Ե. Բարայան – Օպտիկական ոչ գծային արձագանքի աճը մակերևութային անհարթություններից40
 Ե.Գ. Զարգարյան, Ա.Ը. Վահանյան, Ն.Պ. Հարությունյան, Է.Վ. Աղաբաբյան, Կ.Հ. Բեգոյան, Է.Ա. Մուղնեցյան, Հ.Ռ. Հովհաննիսյան – Ֆտորացման ազդեցությունը $YBa_2Cu_3O_7$ -ի գերհաղորդիչ հատկությունների վրա 46
 Ա.Ս. Ռոստոմյան – Ռենտգենյան ասիմետրիկ BBB-ինտերֆերոմետրերի հետազոտություններ52
 Վ.Մ. Առաքելյան, Վ.Է. Գալստյան – $Fe_2O_3-Nb_2O_5$ պինդ լուծույթների ստացումը և նրանց էլեկտրաֆիզիկական ու ֆոտոէլեկտրաքիմիական հատկությունների ուսումնասիրումը59

ԶԻՄԻԱ

Գ.Վ. Հակոբյան, Ռ.Ա. Քարամյան, Ս.Կ. Գրիգորյան, Մ.Լ. Երիցյան – Միզանյութի մեթիլոլային ածանցյալների փոխազդեցությունը $Co(II)$ -ի և $Ni(II)$ -ի աղերի հետ.....66
 Ա.Ռ. Մկրտչյան, Հ.Հ. Դարբինյան, Գ.Ն. Շապոշնիկովա, Հ.Գ. Խաչատրյան – Պալադիում(II)-ի ամպերաչափական որոշումը N,N -դիֆենիլ- և N,N' -դիֆենիլթիոմիզանյութերով 71
 Ա.Ա. Պիվազյան – Բենզ-տեղակալված 4-հիդրօքսի-3-(2-քլորպրոպ-2-ենիլ)-2-մեթիլ-խինոլինների սինթեզը և փոխարկումները..... 75
 Է.Գ. Մեսրոպյան, Ա.Ա. Ավետիսյան, Ա.Ս. Գալստյան – Բենզոտրիպազոլի ածանցյալների սինթեզ80

ԿԵՆՍԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Հ.Ս. Սկրաշյան – Սուր լեյկոզով հիվանդների որոշ քանակական խաթարումների սկրինինգային ուսումնասիրությունը ինտերֆազային բջիջներում Fish մեթոդով.....	84
Մ.Լ. Գևորգյան, Մ.Ա. Դավթյան – Արգինազի ֆլուորեսցենցիայի որոշ առանձնահատկությունների մասին.....	90
Է.Ա. Մանթաշյան – Գինու խմորասնկերի ներբջջային ազատ ամինաթթուների անջատումը էթանոլով բազմապատիկ էքստրակցիայի ժամանակ.....	95
Ե.Ն. Շչերբակովա, Տ.Բ. Կարյազինա, Յու.Գ. Պոպով – <i>Alkanna orientalis</i> -ի մեկուսացված կուլտուրաներում մավթաքիմոնների սինթեզը.....	100
Ծ.Ի. Աղամյան, Ս.Մ. Մինասյան, Է.Ս. Գևորգյան, Կ.Ռ. Հովհաննիսյան, Զ.Կ. Կիրակոսյան – Ծայրամասային արյան ցուցանիշների փոփոխությունների բնույթը բրթոման ազդեցության դինամիկայում.....	106
Ս.Գ. Նանագյուլյան, Ա.Լ. Սիրունյան – «Սևան» ազգային պարկի և պահպանիչ գոտու ուտելի սնկերի տեսակները և դրանց զարգացման օրինաչափությունները.....	111

ԵՐԿՐԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Զ.Ա. Բաղդասարյան – Արմանիսի ոսկի-բազմամետաղային հանքավայրի հետախուզական ցանցի ուսցիռնալ խտությունը և արդյունաբերական նշանակության վերազնահատումը.....	116
Մ.Կ. Արշակյան – Հազվագյուտ մետաղները ՀՀ հիդրոհանքային ռեսուրսներում և նրանց արդյունահանման հեռանկարները.....	123

ԱՇԽԱՐՀԱԳՐՈՒԹՅՈՒՆ

Վ.Ռ. Բոյնագրյան – Հայաստանի Հանրապետության տարածքի անապատացումը (հարցի էությունը, գործոնները, ինդիկատորները, պաշտպանական միջոցառումները).....	129
---	-----

ՀԱՂՈՂՈՒՄՆԵՐ

Ա.Հ. Ափինյան, Ի.Է. Դանիելյան – Շրջակա միջավայրի պահպանման խնդրի մեկ դինամիկ մոդելի մասին.....	139
Յու.Ս. Բարսյան, Վ.Պ. Զալանթարյանյան, Ս.Ն. Հակոբյան, Հ.Ե. Սնգրյան, Ա.Շ. Մարգարյան – Ցածր ինտենսիվության միլիմետրային էլեկտրամագնիսական ալիքների ազդեցությունը ԴՆԹ մոլեկուլի ջերմակայունության վրա.....	142
Ն.Օ. Գյուլչյան, Մ.Ժ. Գյուզյան, Զ.Ա. Միքայելյան, Ա.Ա. Եղիազարյան, Հ.Գ. Խաչատրյան – Ռոդիում(III)-ի քլորիդային կոմպլեքսի և քիազինային շարքի հիմնային ներկանյութ դիմեթիլթիոնիմի փոխազդեցության ուսումնասիրությունը աղաթթվային միջավայրում էքստրակցիոն-աբսորբցիոնետրիկ եղանակով.....	144
Է.Ա. Աղամյան – II. Ամինաթթվային ֆրագմենտ պարունակող նոր 1-նավթօքսի-3-տեղակալված ամինապրոպանոլների սինթեզը.....	148
Ն.Հ. Ազարյան – R906 պլազմիդի անհամատեղելիության գեների (inc) քարտեզավորումը.....	151
Գ.Յու. Գրիգորյան, Ս.Մ. Մինասյան, Ս.Գ. Սահակյան, Վ.Պ. Զալանթարյան – ԳԲՀ էլեկտրամագնիսական ալիքների ազդեցությունը առնետների ենթատեսաթմբի վերտեսողական կորիզի նեյրոնների ֆոնային իմպուլսային ակտիվության վրա.....	154
Ա.Յու. Ստեփանյան – Տարածա-կողմնորոշային գործունեության մեջ սեռերի տարբերությունների նյարդաֆիզիոլոգիական հիմքերի ուսումնասիրությունը.....	158

Մելս Մնացականի Մինասյան

161

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ
«ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ» ՀԱՆՂԵՍԸ 80 ՏԱՐԵԿԱՆ Է

«Գիտական տեղեկագիր» հանդեսը բոլորեց իր հրատարակման 80 տարին:

Երևանի պետական համալսարանի հիմնադրման օրերից ուսուցման պրոցեսին զուգահեռ իր արժանի տեղն է ունեցել նաև գիտական գործունեությունը: Այդ մասին է վկայում բավական ծանր պայմաններում գործող մայր բուհում արդեն 1925թ. հիմնադրված «Գիտական տեղեկագիր» հանդեսը: Մի քանի տարվա ընթացքում տեղեկագրի բնագիտական պրակներում տպագրվում են այնպիսի կարկառուն գիտնականներ, ինչպիսիք էին պրոֆեսորներ Աշոտ Տեր-Մկրտչյանը, Հովհաննես Նավակատիկյանը, Արշակ Տոնյանը, Ստեփան Ղամբարյանը, Լևոն Ռոտինյանը, Պապա Բալանթարյանը և ուրիշներ: Այսպիսի բարձր ձողափայտը խիստ պարտավորեցնող էր, և երբ 1968թ. վերաբացվեց «Գիտական տեղեկագիրը»՝ արդեն կանոնավոր պարբերականությամբ, նրա խմբագրական կազմը ՀՍՍՀ ԳԱ թղթ. անդամ Հովհաննես Չալֆիկյանի, ինչպես նաև հետագայում նրան փոխարինած պրոֆեսոր Վիլեն Ասլանյանի ղեկավարությամբ ամեն ինչ արեց պահպանելու այդ մակարդակը:

Անցել են տասնամյակներ: Խմբագրական կազմը համալրվել է նոր մտածելակերպ ունեցող գիտնականներով, որոնք մեծ ջանքեր են գործադրում ինչպես պահպանելու արդեն ստեղծված ավանդույթները, այնպես էլ այսօրվա տեխնոլոգիաների օգտագործումով նոր մակարդակով ներկայանալու գիտական հանրությանը:

Հոդվածների (ներառյալ գծագրերն ու նկարները) ձևավորման, ինչպես և խմբագրման աշխատանքները կատարվում են համակարգչային տեխնիկայով խմբագրությունում: Դրա շնորհիվ հանդեսը հրատարակվում է ժամանակին և կանոնավոր պարբերականությամբ: Բարելավվել է նաև հանդեսի արտաքին ձևավորումը:

Պարբերականում հայտնվել են գիտական նոր բաժիններ: Որոշ կասկածների առիթ տվեց մի քանի տարի առաջ տեղեկագրում բացված «Ակնարկային հոդվածներ» էջը, որտեղ պետք է տեղ գտնեին ամենաարդիական թեմաների ամփոփումները՝ այդ ոլորտում առաջատար գիտնականների սեփական արդյունքներով ու մեկնաբանություններով: Սակայն ժամանակը ցույց տվեց, որ դրանք հետաքրքրություն են ներկայացնում ինչպես գիտնականների, այնպես էլ ասպիրանտների և մագիստրանտների համար:

Պետք է նշել, որ տեղեկագրում երբեմն տեղ են գտնում հողվածներ, որոնք չունեն պատշաճ գիտական մակարդակ, ինչը նոր խնդիրներ է դնում խմբագրական խորհրդի առջև: Այս առումով ողջունելի է այն որոշումը, որ նման հողվածների մասին ստացված քննադատական կարծիքները՝ հիմնավոր դիտողություններով, կարելի է տպագրել «Բանավեճ և քննարկում» բաժնում:

Հանդեսի գիտական մակարդակի բարձրացման հարցում անելիք ունենք նաև մենք՝ գիտնականներես: Իհարկե, այսօր շատ գայթակղիչ հնարավորություններ կան տպագրվելու միջազգային հայտնի գիտական պարբերականներում, սակայն հարկ է նաև նախանձախնդրությամբ վերաբերվել մայրենի բուհի հանդեսին և բարձրակարգ հողվածներով ներկայանալ նրա էջերում: Սա հատկապես վերաբերում է մաթեմատիկայի, ֆիզիկայի և մի շարք այլ բնագավառներում աշխատող այն անվանի գիտնականներին, որոնց ուշադրությունից փոքր ինչ դուրս է մնացել մեր հանդեսը: Այն կոչված է արտացոլելու մեր բուհում ճշգրիտ և բնական գիտությունների ոլորտում իրականացվող գիտական հետազոտությունների մակարդակը, ուստի համալսարանական յուրաքանչյուր գիտնականի պարտքն է առավելագույնս նպաստել այդ գործընթացին:

Շնորհավորում ենք հանդեսի հեղինակային, ղեկավար և աշխատանքային ողջ կազմը այս նշանակալի հորելյանի առթիվ և ցանկանում հաջողություններ նրանց ոչ դյուրին, բայց և շնորհակալ գործում:

Երևանի պետական համալսարանի ռեկտոր,
ակադեմիկոս Ռ. Մ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ

УДК 515.1

В. С. АТАБЕКЯН

О ПРОСТРАНСТВАХ С ОПЕРАЦИЕЙ ПРЕДЕЛА

В работе изучаются пространства (X, A) с операцией предела, введенные И. Г. Хачатрян, с точки зрения нестандартных моделей. С помощью нестандартных расширений описываются полная система окрестностей пространства (X, A) , открытые и замкнутые множества, сходимость, предельные точки данного множества, а также отделимые пространства.

Пусть X – непустое множество, элементы которого будем называть точками. Каждой точке $x \in X$ сопоставим непустое семейство множеств V_x , содержащих x . Ясно, что V_x – центрированное семейство. Элементы $v \in V_x$ назовем начальными окрестностями точки x . Напоминаем, что последовательностью точек множества X называется любое отображение $\hat{s}: \mathbb{N} \rightarrow X$. Следующее определение впервые было введено в монографии [1].

Определение 1. Точка $x \in X$ называется пределом последовательности $\hat{s} \in X^{\mathbb{N}}$ по семейству начальных окрестностей V_x , если для любого $v \in V_x$

$$|\{n; n \in \mathbb{N} \wedge \hat{s}(n) \notin v\}| < \infty,$$

где $\hat{s}(n) \in X$ – значение отображения \hat{s} на $n \in \mathbb{N}$.

Как видно из определения, здесь не требуется, чтобы семейства окрестностей V_x задавали топологию на множестве X .

Если $x \in X$ – предел последовательности \hat{s} по семейству начальных окрестностей V_x , то будем писать: $\hat{s} \xrightarrow{V_x} x$. Пусть $v \subset X$. Рассмотрим прообразы начальных окрестностей при отображении \hat{s} : $\hat{s}^{-1}(v) = \{n; n \in \mathbb{N} \wedge \hat{s}(n) \in v\}$. Очевидно, если $u \subset v$, то $\hat{s}^{-1}(u) \subset \hat{s}^{-1}(v)$ и $\mathbb{N} - \hat{s}^{-1}(u) \supset \mathbb{N} - \hat{s}^{-1}(v)$. Таким образом, $\hat{s} \xrightarrow{V_x} x$ тогда и только тогда, когда $\forall v [v \in V_x \Rightarrow |\mathbb{N} - \hat{s}^{-1}(v)| < \infty]$.

Через $F(V_x)$ обозначим фильтр, порожденный семейством V_x [2]. Из определения фильтра немедленно следует

Лемма 1. $\hat{s} \xrightarrow{V_x} x \Leftrightarrow \hat{s} \xrightarrow{F(V_x)} x$.

Если $\hat{s} \xrightarrow{V_x} x$, то, очевидно, семейство $\{\hat{s}^{-1}(v)\}_{v \in F(V_x)}$ является фильтром на множестве натуральных чисел \mathbb{N} . Если Φ_1 и Φ_2 – два фильтра, то запись $\Phi_1 < \Phi_2$ означает, что фильтр Φ_2 мажорирует фильтр Φ_1 . Через Φ обозначим фильтр Фреше, определенный на множестве натуральных чисел. Леммы 2–7 нетрудно доказать, если исходить из соответствующих определений.

Лемма 2. $\hat{s} \xrightarrow{V_x} x \Leftrightarrow \{\hat{s}^{-1}(v)\}_{v \in F(V_x)} < \Phi$.

Через $s(x, V_x)$ обозначим множество всех последовательностей, сходящихся к точке $x \in X$ по семейству окрестностей V_x :

$$s(x, V_x) = \{\hat{s}; \hat{s} \in X^{\mathbb{N}} \wedge \hat{s} \xrightarrow{V_x} x\}.$$

Для каждой точки x выберем семейство $U_x \subset 2^X$ таким образом, что

$$u \in U_x \Leftrightarrow \forall \hat{s} [\hat{s} \in s(x, V_x) \Rightarrow \hat{s}^{-1}(u) \in \Phi].$$

Из леммы 2 следуют:

Лемма 3. Семейство U_x является фильтром и $F(V_x) < U_x$.

Лемма 4. $\hat{s} \xrightarrow{V_x} x \Leftrightarrow \hat{s} \xrightarrow{U_x} x$.

Лемма 5. $\forall \hat{s} [\hat{s} \in s(x, V_x) \Rightarrow \{\hat{s}^{-1}(v)\}_{v \in V_x} < \{\hat{s}^{-1}(u)\}_{u \in U_x} < \Phi]$.

Лемма 6. Если W_x такая система окрестностей точки $x \in X$, что

$$\forall \hat{s} [\hat{s} \in s(x, V_x) \Rightarrow \{\hat{s}^{-1}(v)\}_{v \in V_x} < \{\hat{s}^{-1}(w)\}_{w \in W_x} < \Phi], \text{ то}$$

$$\forall \hat{s} [\hat{s} \in s(x, V_x) \Rightarrow \{\hat{s}^{-1}(v)\}_{v \in V_x} < \{\hat{s}^{-1}(w)\}_{w \in W_x} < \{\hat{s}^{-1}(u)\}_{u \in U_x}].$$

Определение 2 [1]. Для начальной системы окрестностей $\{V_x\}_{x \in X}$ семейство $\{U_x\}_{x \in X}$ называется *полной системой окрестностей* точки x , а любое $u \in U_x$ называется *окрестностью* точки x .

Рассмотрим отображение $\Lambda: X^{\mathbb{N}} \rightarrow 2^X$, для которого $x \in \Lambda(\hat{s}) \Leftrightarrow \hat{s} \xrightarrow{V_x} x$.

Определение 3 [1]. Пара (X, Λ) называется *пространством с операцией предела*, порожденным начальной системой окрестностей $\{V_x\}_{x \in X}$.

Лемма 7. Если $s(x, V_x) \neq \emptyset$, то $x \in \Lambda(s(x, V_x))$.

Если $v \subset X$, то через P_v обозначим одноместный предикат, определяющий множество v , т.е. $P_v: X \rightarrow \{0, 1\}$ такое отображение, что

$$(x \in v \Rightarrow P_v(x) = 1) \wedge (x \notin v \Rightarrow P_v(x) = 0).$$

Пусть (X, Λ) – пространство с операцией предела, порожденное начальной системой окрестностей $\{V_x\}_{x \in X}$. Обозначим $F_x = \{P_v, v \in V_x\}$ и $F = \bigcup_{x \in X} F_x$.

Ясно, что пространство (X, Λ) однозначно определяет модель (X, F) и наоборот.

Теперь рассмотрим модель $(\mathbb{N} \cup X, S)$, где \mathbb{N} – множество натураль-

ных чисел, а S – множество всевозможных предикатов на $N \cup X$. Пусть (X_1, S_1) – нестандартная модель теории $Th(N \cup X, S)$ [3, 4]. Тогда $X_1 = N^* \cup X^*$, где N^* – нестандартная модель множества натуральных чисел. Можно считать, что $N \subset N^*$ и $X \subset X^*$, более того, когда X – бесконечное множество, то $X \neq X^*$. Если $v \in V_x$, то предикату P_v соответствует подмножество $v^* \subset X^*$, причем $v \subset v^*$.

Определение. Множество $O_x = \bigcap_{u \in U_x} u^*$ назовем *микроекстностью*

точки x .

Очевидно, $x \in O_x$. Если $y \in O_x$, то будем писать $y \approx x$.

Каждой последовательности $\hat{s}: N \rightarrow X$ соответствует отображение $\hat{s}^*: N^* \rightarrow X^*$.

Теорема 1. Пусть $v \subset X$ и $\hat{s}: N \rightarrow X$. Тогда формула

$$\exists m \forall n [n > m \Rightarrow \hat{s}(n) \in v]$$

истинна тогда и только тогда, когда для любого бесконечно большого натурального числа $\alpha \in N^* - N$ имеет место $\hat{s}^*(\alpha) \in v^*$.

Доказательство. Если существует такое натуральное число m_0 , что из $n > m_0$ следует $s(n) \in v$, то для любого бесконечно большого натурального числа α будет выполняться $\hat{s}^*(\alpha) \in v^*$, поскольку $\alpha > m_0$. Обратно, если предположить, что $\forall m \exists n [n > m \wedge \hat{s}(n) \notin v]$, то, взяв в качестве m бесконечно большое число, получим противоречие с условием $\hat{s}^*(\alpha) \in v^*$.

Следствие 1.1. $\hat{s} \xrightarrow{V_x} x$ тогда и только тогда, когда для любого бесконечно большого числа α выполняется $\hat{s}^*(\alpha) \in O_x$, т.е. $\hat{s}^*(\alpha) \approx x$.

Следствие 1.2. В пространстве (X, A) множество M секвенциально компактно (см. [1], определение 1.11) тогда и только тогда, когда для любой последовательности \hat{s} выполняется следующее условие:

$$\forall \alpha (\alpha \in (N^* - N) \Rightarrow \hat{s}^*(\alpha) \in M^*) \Rightarrow \exists x \exists \beta (x \in M \wedge \beta \in (N^* - N) \wedge \hat{s}^*(\beta) \in O_x).$$

Теорема 2. Пусть $x \in u \subset X$. Тогда $u \in U_x \Leftrightarrow O_x \subset u^*$.

Доказательство. Необходимость следует из определения множества O_x . Докажем достаточность. Предположим, что $\hat{s} \xrightarrow{U_x} x$. Согласно следствию 1.1, $\forall \alpha [\alpha \in (N^* - N) \Rightarrow \hat{s}^*(\alpha) \in O_x]$, а поскольку по условию теоремы $O_x \subset u^*$, то для любого бесконечно большого натурального числа $\alpha \in N^*$ имеет место $\hat{s}^*(\alpha) \in u^*$. Тогда, в силу теоремы 1, $\hat{s} \xrightarrow{U_x} x \Leftrightarrow \hat{s} \xrightarrow{U_x \cup \{u\}} x$. Но так как U_x – полная система окрестностей точки x , то $u \in U_x$, что и требовалось доказать.

Следствие 2.1 Подмножество $u \subset X$ является открытым множеством пространства (X, A) (см. [1], определение 1.4) тогда и только тогда, когда

$$\forall x (x \in u \Rightarrow O_x \subset u^*).$$

Доказательство. Необходимость немедленно следует из определения открытого множества, а достаточность – из теоремы 2.

Когда (X, \mathcal{A}) – топологическое пространство, из следствия 2.1 непосредственно вытекает теорема 1.3 (гл. 3 из [3]).

Следствие 2.2. Множество M замкнуто в пространстве (X, \mathcal{A}) тогда и только тогда, когда $\forall x[x \in X - M \Rightarrow O_x \subset X^* - M^*]$.

Следствие 2.3. Множество M замкнуто тогда и только тогда, когда

$$\forall x[O_x \cap M^* \neq \emptyset \Rightarrow x \in M].$$

Теорема 3. В пространстве (X, \mathcal{A}) точка x является предельной точкой подмножества $M \subset X$ (см. [1], определение 1.7) тогда и только тогда, когда $\exists x_1[x_1 \in M^* \wedge x_1 \approx x \wedge x_1 \neq x]$.

Доказательство. Если x – предельная точка множества M , то существует последовательность $\hat{s}: \mathbb{N} \rightarrow M - \{x\}$, которая сходится к x , т.е.

$\hat{s} \xrightarrow{U_x} x$. Таким образом, с одной стороны, по теореме 1, для любого бесконечно большого натурального числа $\alpha \in \mathbb{N}^* - \mathbb{N}$ имеет место $\hat{s}^*(\alpha) \in M^* - \{x\}$, с другой стороны, согласно следствию 1.1, $\hat{s}^*(\alpha) \approx x$. Значит,

$$\hat{s}^*(\alpha) \in O_x \cap (M^* - \{x\}) = (O_x \cap M^*) - \{x\}.$$

В качестве x_1 можно взять $x_1 = \hat{s}^*(\alpha)$.

Чтобы доказать обратную импликацию, допустим, что x не является предельной точкой множества M . Тогда, если $\hat{s} \xrightarrow{U_x} x$, то

$$\exists m \forall n[n > m \Rightarrow \hat{s}(n) \in X - (M - \{x\})].$$

Значит, \hat{s} сходится к x и по семейству U_x , и по семейству $U_x \cup \{X - (M - \{x\})\}$. Так как \hat{s} – произвольная последовательность, сходящаяся к x , а U_x – полная система окрестностей точки x , то $u = X - (M - \{x\}) \in U_x$. Но тогда $u \cap (M - \{x\}) = \emptyset$ и, таким образом, $u^* \cap (M^* - \{x\}) = \emptyset$. В силу $O_x \subset u^*$ заключаем, что $O_x \cap (M^* - \{x\}) = \emptyset$, а это противоречит условию теоремы.

Следствие 3.1. Точка x – предельная точка для множества M тогда и только тогда, когда $O_x \cap (M^* - \{x\}) \neq \emptyset$.

Следствие 3.2. Множество M замкнуто тогда и только тогда, когда M содержит все свои предельные точки.

Доказательство следует из следствий 2.2 и 3.1.

Пусть I – произвольное направленное множество (определение см. в [1–3]). Теорема А. Робинсона (см. [3], теорема 8.1, гл.1) утверждает, что для любого направленного множества I можно построить нестандартную модель (X_1, \mathcal{S}_1) теории $Th(I \cup X, \mathcal{S})$, для которой $X_1 = I^* \cup X^*$, а $I^* \supset I$ – такое направленное множество, в котором существует элемент $i^* \in I^*$ такой, что $\forall i(i \in I \Rightarrow i^* > i)$. Можно считать, что $X \subset X^*$. Повторяя рассуждения, проведенные при доказательстве теоремы 1 и следствия 1.1, получим следующий

результат (определение направленности см. в [1–3, 5]).

Теорема 4. В пространстве (X, \mathcal{A}) направленность $r: I \rightarrow X$ сходится к точке x (см. [1], определение 1.22) тогда и только тогда, когда для любого $i^* \in I^*$, удовлетворяющего условию $\forall i (i \in I \Rightarrow i^* > i)$, выполняется $r^*(i^*) \in O_x$, т.е. $r^*(i^*) \approx x$.

В заключение докажем следующую теорему.

Теорема 5. Пространство (X, \mathcal{A}) отделимо (см. [1], определение 1.13) тогда и только тогда, когда существует такое направленное множество I и такая нестандартная модель (X_1, S_1) теории $Th(I \cup X, S)$, в которой истинна формула

$$\forall x \forall y ((x \in X \wedge y \in X \wedge x \neq y) \Rightarrow O_x \cap O_y = \emptyset).$$

Доказательство. Пусть (X, \mathcal{A}) – отделимое пространство и $x, y \in X$, где $x \neq y$. По определению отделимого пространства, существуют $u \in U_x$ и $v \in U_y$, такие, что $u \cap v = \emptyset$. Тогда $u^* \cap v^* = \emptyset$. Так как $O_x \subset u^*$ и $O_y \subset v^*$, то $O_x \cap O_y = \emptyset$.

Обратно, пусть (X, \mathcal{A}) – не отделимое пространство. Тогда существуют такие различные точки x и y в X , что любая окрестность $u \in U_x$ точки x пересекается с любой окрестностью $v \in U_y$ точки y . Множество всевозможных пар (u, v) , где $u \in U_x$ и $v \in U_y$, является направленным множеством относительно порядка $(u, v) < (u_1, v_1) \Leftrightarrow (u \subset u_1 \wedge v \subset v_1)$. По предположению, каждое пересечение $u \cap v$ не пусто, значит, из каждого пересечения $u \cap v$ можно выбрать по точке $z_{u \cap v}$. Тогда направленность $r: I \rightarrow X$, где $I = U_x \times U_y$ и $r((u, v)) = z_{u \cap v}$, в пространстве (X, \mathcal{A}) сходится к точке x , и к точке y . Согласно лемме 8, существует $i^* \in I^*$ такое, что $r^*(i^*) \in O_x$ и $r^*(i^*) \in O_y$, а это противоречит условию $O_x \cap O_y = \emptyset$. Теорема доказана.

Следствие 4.1 [3, 5]. Топологическое пространство является хаусдорфовым тогда и только тогда, когда никакая направленность в этом пространстве не сходится к двум различным точкам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хачатрян И.Г. Пространства с операцией предела. Ер.: Изд-во ЕГУ, 1999.
2. Александрян Р.А., Мирзаханян Э.А. Общая топология. М.: Высш. школа, 1979.
3. Девис М. Прикладной нестандартный анализ. М.: Мир, 1980.
4. Робинсон А. Введение в теорию моделей и метаматематику алгебры. М.: Наука, 1967.
5. Келли Дж. Л. Общая топология. М.: Наука, 1981.

ՄԱՀՄԱՆԻ ԳՈՐԾՈՂՈՒԹՅԱՄԲ ՏԱՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ամփոփում

Աշխատանքում Ի. Գ. Խաչատրյանի կողմից ներմուծված (X, A) սահմանի գործողությանը տարածություններն ուսումնասիրվում են ոչ ստանդարտ մոդելների տեսանկյունից: Ոչ ստանդարտ ընդլայնումների միջոցով նկարագրվում են (X, A) տարածության շրջակայքերի լրիվ համակարգը, նույն տարածության բաց և փակ բազմությունները, զուգամիտությունը, տվյալ բազմության սահմանային կետերը, ինչպես նաև անջատելի տարածությունները:

V. S. ATABEKIAN

SPACES WITH LIMIT OPERATION

Summary

In this work the space (X, A) with limit operation (constructed by I. G. Kha-chatryan) is studied with the help of non-standard models. With the help of non-standard extentions are described the complete systems of neighbourhoods of (X, A) , the open and closed sets, the convergence, the limit points of the set, the spaces as well as separation spaces.

Математика

УДК 518.9

А. Г. МАТЕВОСЯН

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ИГРА СБЛИЖЕНИЯ С НЕСКОЛЬКИМИ ЦЕЛЕВЫМИ МНОЖЕСТВАМИ ДЛЯ СТОХАСТИЧЕСКИХ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ

Рассматривается задача сближения с m целевыми множествами, когда движение системы описывается системой линейных стохастических дифференциальных уравнений. Построено стохастическое гипотетическое рассогласование. Получен стохастический дифференциал гипотетического рассогласования, который дает условие для определения экстремальных стратегий.

Рассмотрим стохастическую дифференциальную игру при m целевых множествах для линейных стохастических систем. Пусть движение конфликтно-управляемой системы описывается следующей системой стохастических дифференциальных уравнений:

$$dx(t) = A(t)x(t)dt + B(t)ud\xi(t, \omega) + C(t)vd\xi(t, \omega), \quad (1)$$

где $A(t)$, $B(t)$, $C(t)$ – $(n \times n)$ -, $(n \times p)$ -, $(n \times q)$ -матрицы с измеримыми и ограниченными элементами при $t \in [t_0, T]$. Управления u и v стеснены включениями

$$u \in P \subset R^p, \quad v \in Q \subset R^q, \quad (2)$$

где P и Q – заданные компакты, характеризующие возможности игроков. $\xi = \xi(t, \omega)$ – случайный процесс, определенный на вероятностном пространстве (Ω, B, P) и измеримый относительно B_t^{Ω} . (Ω, B, P) обозначает некоторое фиксированное вероятностное пространство: Ω – пространство элементарных событий; B – σ -алгебра подмножеств Ω ; P – вероятность, определенная на B ; B_t^{Ω} – неубывающее семейство борелевских σ -подалгебр B , т.е. при $t_1 < t_2$ имеет место включение $B_{t_1}^{\Omega} \subset B_{t_2}^{\Omega}$. Пусть $\xi(t, \omega)$ является однородным процессом с независимыми приращениями и конечным моментом 2-го порядка, а моменты 1-го и 2-го порядка функции $\xi(t+h, \omega) - \xi(t, \omega)$ удовлетворяют следующим условиям:

$$M|\xi(t+h, \omega) - \xi(t, \omega)| \leq Ch, \quad M\left|(\xi(t+h, \omega) - \xi(t, \omega))\right|^2 \leq Ch, \quad h > 0, C = \text{const.} \quad (3)$$

Тогда случайное поле

$$\zeta(t, x, h, \omega) = A(t)xh + B(t)u(\xi(t+h, \omega) - \xi(t, \omega)) + C(t)v(\xi(t+h, \omega) - \xi(t, \omega))$$

удовлетворяет условию квазидифференциальности, определенному в [1]. Обозначим через H_C пространство случайных процессов (случайных кривых) $x(t) = x(t, \omega)$, $t \in [t_*, \vartheta]$, $\omega \in \Omega$, со значениями в R^n , измеримых при каждом ω и среднеквадратически непрерывных на $[t_*, \vartheta]$, т.е.

$M|x(t+h, \omega) - x(t, \omega)|^2 \rightarrow 0$ при $h \rightarrow 0$, $t, t+h \in [t_*, \vartheta]$. При этих предположениях, согласно теореме существования и единственности [1], стохастическое дифференциальное уравнение (1) при любом начальном значении x имеет в H_C единственное решение.

Таким образом, случайное движение системы (1) можно трактовать как пучок реализаций $\{x(t_*, [\cdot], \vartheta, \omega), \omega \in \Omega\}$. Каждая реализация $x(t_*, [\cdot], \vartheta, \omega)$ отвечает некоторому значению $\omega \in \Omega$.

Предположим, что заданы некоторые замкнутые и ограниченные множества M_k , $k \in I = (1, \dots, m)$, в евклидовом пространстве R^{n+1} . Пусть также заданы моменты времени $\{\vartheta_k\}$ такие, что $t_0 \leq \vartheta_1 < \dots < \vartheta_m \leq T$. Предположим, что проекция множества M_k на ось t содержит точку ϑ_k , т.е.

$$M_k \cap [(t, x) : t = \vartheta_k, x \in R^n] = M_k(\vartheta_k) \neq \emptyset, \quad k \in I.$$

Пусть $M_k(\vartheta_k)$ – выпуклые, замкнутые и ограниченные множества в пространстве R^n .

Рассмотрим задачу сближения с множествами $M_k(\vartheta_k)$ в моменты ϑ_k . Согласно [2], решение системы (1) определяется следующей формулой:

$$x(t, \omega) = X[t, t_0]x(t_0) + \int_{t_0}^t X[t, \tau]B(\tau)u d\xi(\tau, \omega) + \int_{t_0}^t X[t, \tau]C(\tau)v d\xi(\tau, \omega), \quad (4)$$

где последние два интеграла следует понимать как стохастические интегралы по процессу $\xi(t, \omega)$, а $X[t, \tau]$ – нормированная фундаментальная матрица с абсолютно непрерывными элементами.

Имея в виду формулу решения (4), для уравнения (1) поставим следующую задачу.

Задача. Дана начальная позиция (t_*, x_*) и моменты времени ϑ_k . Требуется найти стратегию $U_0 + u_0(t, \omega)$, которая обеспечивает встречи $x[\vartheta_k, t_*, x_*, u_0, \omega] \in M_k(\vartheta_k)$, $k \in I$, почти наверно (п.н.) при любых действиях противника, стесненных вторым условием из (2).

Используя приведенные в [3], а также в [4–6] для m целевых множеств рассуждения для детерминированных линейных систем, можем по-

строить гипотетическое рассогласование, которое в нашем случае будет стохастическим:

$$\varepsilon_0(t_0, x_0, x_1, \dots, x_{l-1}, \{\mathcal{G}_k\}, \omega) = \max_{|k| \leq l} \left[\sum_{k=1}^{l-1} l'_k x_k + \sum_{k=1}^{l-1} \min_{p_k \in M_k} l'_k p_k + \sum_{k=1}^m l'_k \bar{X}[\mathcal{G}_k, t_0] x_0 + \right. \\ \left. + \int_{t_0}^{\mathcal{G}_m} \min_{u \in P} \sum_{k=1}^m l'_k \bar{X}[\mathcal{G}_k, \tau] B(\tau) u d\xi(\tau, \omega) + \int_{t_0}^{\mathcal{G}_m} \max_{v \in Q} \sum_{k=1}^m l'_k \bar{X}[\mathcal{G}_k, \tau] C(\tau) v d\xi(\tau, \omega) + \right. \\ \left. + \sum_{k=1}^m \min_{p_k \in M_k} l'_k p_k \right] \quad (5)$$

и $\varepsilon_0(t_0, x_0, x_1, \dots, x_{l-1}, \{\mathcal{G}_k\}, \omega) = 0$, если правая часть в (5) отрицательна [3-6].

Здесь $\{t_0, x_0\}$ – начальное положение системы (1), причем $t_0 \in [\mathcal{G}_{l-1}, \mathcal{G}_l]$, величины x_j , $j=1, \dots, l-1$, считаются постоянными, а матрицы $\bar{X}[t, \tau]$ и $\bar{\bar{X}}[t, \tau]$ определяются следующим образом:

$$\bar{X}[t, \tau] = \begin{cases} X[t, \tau], & t \geq \tau, \\ E, & t \leq \tau; \end{cases} \quad \bar{\bar{X}}[t, \tau] = \begin{cases} X[t, \tau], & t > \tau, \\ 0, & t \leq \tau. \end{cases}$$

Из формулы (5) вытекает справедливость следующего утверждения.

Если $\varepsilon_0(t_0, x(t_0), \{\mathcal{G}_k\}, \omega) = 0$ п.н. при $t_0 \in [t_0, \mathcal{G}_m]$, то для всех $k \in I$ $x(\mathcal{G}_k, \omega) \in M_k$ п.н. [3-6].

Скажем, что задача регулярна, если максимум в правой части (5) достигается на единственном векторе $\{l_k^0\}$ для каждой фиксированной ω .

Вследствие единственности максимизирующего вектора $l^0 = \{l_k^0\}$, он изменяется непрерывно с изменением позиции $\{t_0, x_0\}$, $t_0 \in [\mathcal{G}_{k-1}, \mathcal{G}_k]$, для каждой фиксированной ω [3].

Применим правило стохастического дифференцирования для гипотетического рассогласования.

Теорема 1. (Формула Ито. Правило стохастического дифференцирования). Пусть z – n -мерный вектор, который удовлетворяет стохастическому дифференциальному уравнению

$$dz = f(z, t) dt + q(z, t) d\xi(t, \omega). \quad (6)$$

Пусть функция $\varepsilon(z, t)$ непрерывно дифференцируема по t и дважды дифференцируема по z . Тогда $\varepsilon(z, t)$ также имеет стохастический дифференциал [1, 2, 7]

$$d\varepsilon = \left[\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \sum_{i=1}^n \frac{\partial \varepsilon}{\partial z_i} f_i + \frac{1}{2} \sum_{i,j,k=1}^n \frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial z_i \partial z_j} q_{ik} q_{jk} \right] dt + \sum_{i=1}^n \frac{\partial \varepsilon}{\partial z_i} (q_i d\xi), \quad (7)$$

В регулярном случае гипотетическое рассогласование $\varepsilon(\cdot)$ – непрерывная функция на каждом промежутке $(\mathcal{G}_{k-1}, \mathcal{G}_k)$ и имеет следующий вид:

$$\varepsilon(\cdot) = \sum_{k=1}^{l-1} l_k^0 x_k^0 + \sum_{k=1}^m \min_{-p_k \in M_k} l_k^0 p_k + \sum_{k=1}^m l_k^0 \bar{X}[\mathcal{G}_k, t] x +$$

$$+ \int_t^{\mathcal{G}_m} \min_{u \in P} \sum_{k=1}^m l_k^0 \bar{X}[\mathcal{G}_k, \tau] B(\tau) u d\xi(\tau, \omega) + \int_t^{\mathcal{G}_m} \max_{v \in Q} \sum_{k=1}^m l_k^0 \bar{X}[\mathcal{G}_k, \tau] C(\tau) v d\xi(\tau, \omega) \quad (8)$$

Принимая

$$y = \int_t^{\mathcal{G}_m} \min_{u \in P} \sum_{k=1}^m l_k^0 \bar{X}[\mathcal{G}_k, \tau] B(\tau) u d\xi(\tau, \omega) + \int_t^{\mathcal{G}_m} \max_{v \in Q} \sum_{k=1}^m l_k^0 \bar{X}[\mathcal{G}_k, \tau] C(\tau) v d\xi(\tau, \omega), \quad (9)$$

получим

$$\varepsilon(\cdot) = \left[\sum_{k=1}^{l-1} l_k^0 x_k^0 + \sum_{k=1}^m \min_{-p_k \in M_k} l_k^0 p_k + \sum_{k=1}^m l_k^0 \bar{X}[\mathcal{G}_k, t] x + y \right], \quad (10)$$

где x, y удовлетворяют следующим стохастическим дифференциальным уравнениям:

$$dx = A(t) x dt + (B(t)u + C(t)v) d\xi(t, \omega), \quad (11)$$

$$dy = - \left[\min_{u \in P} \sum_{k=1}^m l_k^0 \bar{X}[\mathcal{G}_k, t] B(t)u + \max_{v \in Q} \sum_{k=1}^m l_k^0 \bar{X}[\mathcal{G}_k, t] C(t)v \right] d\xi(t, \omega). \quad (12)$$

Обозначим $z = (x, y)$ и получим

$$\varepsilon(\cdot) = R_1 + R_2 z, \quad (13)$$

где $R_1 = \sum_{k=1}^{l-1} l_k^0 x_k^0 + \sum_{k=1}^m \min_{-p_k \in M_k} l_k^0 p_k$, $R_2 = \begin{pmatrix} \sum_{k=1}^m l_k^0 \bar{X}[\mathcal{G}_k, t] \\ 1 \end{pmatrix}$

Тогда $dz = A_1(t, z) dt + Q_1(t, z) d\xi(t, \omega)$, где $A_1(t, z) = \begin{pmatrix} A(t)x \\ 0 \end{pmatrix}$,

$$Q_1(t, z) = \begin{pmatrix} B(t)u + C(t)v \\ - \left[\min_{u \in P} \sum_{k=1}^m l_k^0 \bar{X}[\mathcal{G}_k, t] B(t)u + \max_{v \in Q} \sum_{k=1}^m l_k^0 \bar{X}[\mathcal{G}_k, t] C(t)v \right] \end{pmatrix}.$$

В силу непрерывности l_k^0 от своих аргументов как в детерминированном случае, так и здесь игнорируем зависимость вектора l_k^0 от t при дифференцировании. Тогда

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = \frac{\partial R_2}{\partial t} z = \begin{pmatrix} - \sum_{k=1}^m l_k^0 \bar{X}[\mathcal{G}_k, t] A(t) \\ 0 \end{pmatrix} z, \quad (14)$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial z} = R_2 = \begin{pmatrix} \sum_{k=1}^m l_k^0 \bar{X}[\mathcal{G}_k, t] \\ 1 \end{pmatrix}, \quad \frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial z^2} = 0. \quad (15)$$

В силу теоремы 1 на каждом промежутке $(\mathcal{G}_{k-1}, \mathcal{G}_k)$ гипотетическое рассогласование имеет стохастический дифференциал

$$d\varepsilon = \left[\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} A_1(t, z) \right] dt + \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} Q_1(t, z) d\xi(t, \omega),$$

$$d\varepsilon = \left[\sum_{k=1}^m l_k^0 \bar{X}[\mathcal{G}_k, t] B(t) u - \min_{u \in P} \sum_{k=1}^m l_k^0 \bar{X}[\mathcal{G}_k, t] B(t) u \right] d\xi(t, \omega) +$$

$$+ \left[\sum_{k=1}^m l_k^0 \bar{X}[\mathcal{G}_k, t] C(t) v - \max_{v \in Q} \sum_{k=1}^m l_k^0 \bar{X}[\mathcal{G}_k, t] C(t) v \right] d\xi(t, \omega). \quad (16)$$

В случае когда $\xi(t, \omega)$ – винеровский процесс, то $\xi(t, \omega)$ имеет необычный дифференциал $\left(\frac{d\xi(t, \omega)}{dt} = e(t, \omega) \right)$, который является белым шумом.

В этом случае, когда первый игрок выбирает экстремальную стратегию из следующего условия

$$\sum_{k=1}^m l_k^0 \bar{X}[\mathcal{G}_k, t] B(t) u^0 e(t, \omega) = \min_{u \in P} \sum_{k=1}^m l_k^0 \bar{X}[\mathcal{G}_k, t] B(t) u e(t, \omega), \quad (17)$$

то $\frac{d\varepsilon(\cdot)}{dt} < 0$ для каждой реализации траектории.

Теорема 2. Пусть для всех $t \in [t_0, \mathcal{G}_m)$ ситуация для задачи регулярна. Тогда экстремальная стратегия $U_0 \div u_0(t, \omega)$, определяемая при $\varepsilon_0(t, x, \omega) > 0$ условием (17), где $l_k^0(\cdot)$ – максимизирующий вектор из (5), а при $\varepsilon_0(t, x, \omega) = 0$ – любым допустимым управлением $u \in P$, обеспечит встречу всех движений $x(t, \mathcal{G}_k, u_0, \omega)$ со всеми множествами M_k , $k \in I$, п.н., если только $\varepsilon_0(t_0, x_0, \{\mathcal{G}_k\}, \omega) = 0$ п.н.

Доказательство. Доказательство аналогичной теоремы в детерминированном случае основывается на том факте, что вдоль всякого решения существует производная гипотетического рассогласования и вдоль всякого решения гипотетическое рассогласование не возрастает [3–5]. В нашем случае стохастическое гипотетическое рассогласование имеет стохастический дифференциал, который не возрастает для каждой реализации траектории, что и при условии $\varepsilon_0(t_0, x_0, \{\mathcal{G}_k\}, \omega) = 0$ п.н. доказывает теорему 2.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гихман И.И., Скороход А.В. Стохастические дифференциальные уравнения. Киев: Наукова думка, 1968. 353 с.
2. Пугачев В.С., Сяницын И.Н. Стохастические дифференциальные системы. М.: Наука, 1985.
3. Красовский Н.Н., Субботин А.И. Позиционные дифференциальные игры. М.: Наука, 1974. 445 с.

4. Габриелян М.С. – Известия АН Арм. ССР, Механика, 1985, т. 38, № 3, с. 55–65.
5. Габриелян М.С., Субботин А.И. – ПММ, 1979, т. 43, № 2, с. 204–208.
6. Габриелян М.С., Матевосян А.Г. – Ученые записки ЕГУ, 2003, № 1, с. 25–29.
7. Липцер Р.Ш., Ширяев А.Н. Статистика случайных процессов. М.: Наука, 1974, 696 с.

Ա. Գ. ՄԱԹԵՎՈՍՅԱՆ

ՄԻ ԲԱՆԻ ՆՊԱՏԱԿԱՅԻՆ ԲԱԶՄՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԵՏ ՄՈՏԵՑՄԱՆ ԴԻՖԵՐԵՆՑԻԱԼ ԽԱՂ ՍՏՈԽԱՍՏԻԿ ԳԾԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ԴԵՊՐՈՒՄ

Ամփոփում

Դիտարկված է m նպատակային բազմությունների հետ մոտեցման դիֆերենցիալ խաղ, երբ համակարգը նկարագրվում է ստոխաստիկ դիֆերենցիալ հավասարումներով: Կառուցված է ստոխաստիկ հիպոթետիկ անհամապատասխանության դիֆերենցիալը, որը տալիս է էքստրեմալ ստրատեգիաները որոշելու պայմաններ:

A. G. MATEVOSYAN

DIFFERENTIAL GAME OF RAPPROCHEMENT WITH SEVERAL TARGET SETS FOR STOCHASTIC LINEAR SYSTEMS

Summary

The problem of rapprochement with m target sets when movement of system is described by system of the linear stochastic differential equations is considered. The stochastic hypothetical mismatch is constructed. The stochastic differential of a hypothetical mismatch gives a condition for definition of extreme strategy.

Математика

УДК 518.9

Օ. Տ. ՄԻԿԱԵԼՅԱՆ, Ր. Վ. ԽԱՇԱՏՐՅԱՆ

ОПТИМАЛЬНАЯ ТРАЕКТОРИЯ В ИГРЕ С ЧАСТИЧНОЙ
КООПЕРАЦИЕЙ

В данной работе рассматривается частично-кооперативная игра в развернутой форме. Предлагается способ нахождения оптимального поведения игроков и значения для таких игр. В ходе игры при определении дележа между игроками коалиции рассматриваются вспомогательные игры и равновесные по Нэшу ситуации в них. Приведен пример.

Введение. На основе конечных позиционных игр n лиц с полной информацией и терминальными функциями выигрыша в работе [1] приведено построение оптимальной траектории для частично-кооперативной игры. При этом был использован вектор Шепли во вспомогательной кооперативной игре при определении дележа суммарного выигрыша коалиции. Условие частичной кооперации лишь увеличивает возможности игроков, нежели условия полной кооперации для многошаговых и многоуровневых игр [2, 3]. В рассматриваемой частично-кооперативной игре мы методологически следуем построениям из [1] и используем введенный там алгоритм, который назовем алгоритмом Петросяна–Аешина. Для нахождения доли игрока из коалиции здесь используются выигрыши игроков, соответствующие равновесным по Нэшу исходам [4]. Во вспомогательной игре в качестве игрока может выступить некая коалиция игроков.

1. Основная модель. Пусть Γ – динамическая позиционная игра n лиц с полной информацией. Обозначим множество игроков через $N = \{1, \dots, n\}$. Пусть $K(x_0)$ есть дерево игры с начальной позицией x_0 . Согласно определению позиционной игры, на $K(x_0)$ задано разбиение множества позиций на $n+1$ множество P_1, \dots, P_n, P_{n+1} , где P_i – множество личных позиций игрока i , а P_{n+1} – множество окончательных позиций. Выигрыши игроков в Γ определяются вещественнозначными функциями $h_i : P_{n+1} \rightarrow \mathbb{R}_+^1$, $i \in N$.

Под частично-кооперативным поведением игрока будем понимать такое поведение, при котором игрок может как кооперироваться, так и играть индивидуально. Игрока, принимающего решение в позиции x обозначим

$i(x)$. Изменим позиционную игру Γ , предполагая, что игроки могут кооперироваться при определенных условиях. Трансформированную игру назовем игрой с частичной кооперацией или частично-кооперативной игрой и будем обозначать ее снова через Γ .

Определение. Пусть $i \in N$. Функция $f_i: P_i \rightarrow \{0, 1\}$ называется кооперативной функцией игрока i , если для любого пути $\{x_0, \dots, x', x'', \dots, \bar{x}\}$, где $x' \in P_i$ и $\bar{x} \in P_{n+1}$, из условия $f_i(x') = 1$ следует, что для всех позиций $y \in P_i \cap \{x'', \dots, \bar{x}\}$, если они существуют, $f_i(y) = 1$.

Вектор-функция $f = (f_1, \dots, f_n)$ называется кооперативной функцией игры, которая позволяет указать коалицию $C(x)$ в каждой позиции x :

$$C(x) = \begin{cases} S_f(x), & \text{если } f_i(x) = 1, \\ \{i\}, & \text{если } f_i(x) = 0, \end{cases}$$

где

$$S_f(x) = S_f^1(x) \cup S_f^2(x),$$

а

$$S_f^1(x) = \{j \in N \mid P_j \cap K(x) = \emptyset \text{ и } \exists y \in P_j \cap \{x_0, \dots, x\} : f_j(y) = 1\},$$

$$S_f^2(x) = \{j \in N \setminus S_f^1(x) \mid f_j(y) = 1 \quad \forall y \in P_j \cap K(x)\}.$$

Множество $S_f^1(x)$ состоит из игроков, которые проявили кооперативную активность вдоль пути, ведущего в x , и не принимают решений в ходе последующего развития игры на поддереве $K(x)$ с начальной позицией x .

Множество $S_f^2(x)$ включает игроков, которые кооперируются во всех своих личных позициях поддерева $K(x)$. Говоря, что игрок $i \in N$ придерживается кооперативного поведения в позиции $x \in K(x_0)$, мы будем иметь в виду, что

в позиции x игрок i принимает решение, исходя из интересов коалиции. Игроки из множества $N \setminus S_f(x)$ рассматриваются в позиции x как индивидуальные игроки. Поскольку $S_f(x)$ определяется кооперативной функцией

f , вся коалиционная структура в позиции $x: S_f(x), \{j_1\}, \{j_2\}, \dots, \{j_{|N \setminus S_f(x)|}\}$ также формируется в зависимости от f .

Игра $\Gamma_f(x_0)$ создается на основе частично-кооперативной игры Γ с использованием кооперативной функции f . Дерево игры $\Gamma_f(x_0)$ совпадает с деревом $K(x_0)$ игры Γ . Множество N_f участников игры $\Gamma_f(x_0)$ формируется с учетом кооперативной функции f и состоит из подмножеств

множества N игроков игры $\Gamma: N_f = \{C \subset N: \exists x \in K(x_0), C(x) = C\}$. Коа-

лиция $C \in N_f$ будет рассматриваться в качестве участника игры. Выигрыш игрока $C \in N_f$ игры $\Gamma_f(x_0)$ определяется на множестве окончательных позиций дерева игры $K(x_0)$ как сумма выигрышей игроков $i \in C$ игры Γ :

$$h_S(x) = \sum_{i \in C} h_i(x), \quad x \in P_{n+1}, \quad h_i(x) \geq 0, \quad i \in N.$$

Возможен случай, когда игрок, несмотря на то что он находится в позиции своего кооперативного поведения, играет индивидуально.

2. Алгоритм построения оптимального пути. Решение игры $\Gamma_f(x_0)$ строим методом обратной индукции, двигаясь от окончательных позиций к начальной. Пусть x – некоторая позиция. Обозначим через $Z(x)$ множество позиций, непосредственно следующих за x , а игрока, принимающего решение в позиции x , $x \in P_i$, в игре Γ , через $i(x) \in N$. Скажем, что решение игрока $i(x)$ в позиции x ведет в позицию $\bar{x} \in Z(x)$. Введем вспомогательную функцию c_f , определяемую с помощью кооперативной функции $f = (f_1, \dots, f_n)$:

$$c_f(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } f_{i(x)}(x) = 1, \\ 0, & \text{если } f_{i(x)}(x) = 0. \end{cases}$$

Начальный шаг. Рассмотрим множество окончательных позиций P_{n+1} . Коалиционная структура в позиции $x \in P_{n+1}$ совпадает с коалиционной структурой в позиции x_1 , $x \in Z(x_1)$. Согласно кооперативной функции f , в позиции x_1 формируются коалиции $S_f(x_1), \{j_1\}, \dots, \{j_{|N \setminus S_f(x_1)|}\}$. Выигрыш игрока $i_f = S_f(x_1)$ в позиции $x \in Z(x_1)$ равен $\sum_{i \in S_f(x_1)} h_i(x)$. Выигрыш игрока $i_f = \{j_k\}$, $k = 1, \dots, |N \setminus S_f(x_1)|$, в позиции x составляет $h_{j_k}(x)$.

Шаг 1. Перейдем из окончательных позиций $Z(x_1)$, $x_1 \in X_1$, к предшествующим. Рассмотрим позицию x_1 . Предположим, что $c_f(x_1) = 1$. Тогда игрок $i(x_1) \in N$ кооперируется и в позиции x_1 делает ход игрок $i_f(x_1) = S_f(x_1)$, $i_f(x_1) \in N_f$. Мы предписываем игроку $i_f(x_1)$ выбрать позицию $\bar{x}_1 \in Z(x_1)$ из условия

$$\max_{x \in Z(x_1)} \sum_{i \in S_f(x_1)} h_i(x) = \sum_{i \in S_f(x_1)} h_i(\bar{x}_1).$$

Если $c_f(x_1) = 0$, то игрок $i(x_1)$ не кооперируется. Отсюда $i_f(x_1) = \{i(x_1)\}$. В этом случае мы предписываем игроку $i_f(x_1)$ выбрать позицию \bar{x}_1 из условия $\max_{x \in Z(x_1)} h_{i(x_1)}(x) = h_{i(x_1)}(\bar{x}_1)$.

Вместо рассмотрения терминальных функций $h_i, i \in N$, на множестве P_{n+1} окончательных позиций мы можем использовать функции $r_i^1: X_1 \rightarrow R_+$, $i \in N$, задаваемые на множестве X_1 :

$$r_i^1(x_1) = \begin{cases} h_i(\bar{x}_1), & \text{если } x_1 \notin P_{n+1}; \\ h_i(x_1), & \text{если } x_1 \in P_{n+1}. \end{cases}$$

Шаг 2. Найдем решения игроков $i_f \in N_f$ в позициях $x_2 \in X_2$. Если на множестве X_1 известны выигрыши каждого игрока $i_f(x_2) \in N_f, x_2 \in X_2$, то мы можем построить путь игры на поддеревьях $K(x_2), x_2 \in X_2$.

Рассмотрим множество $Y(x_2) = Y_1(x_2) \cup Y_2(x_2)$, где

$$Y_1(x_2) = \{x \in Z(x_2) \mid c_f(x_2) = 0, i(x_2) \in S_f(x)\} \text{ и}$$

$$Y_2(x_2) = \{x \in Z(x_2) \mid c_f(x_2) = 1, S_f(x) \setminus S_f(x_2) \neq \emptyset\}.$$

Для каждой позиции $x_2 \in X_2$ мы рассмотрим два основных случая.

1) Предположим, что $Y(x_2) = \emptyset$. Пусть $c_f(x_2) = 0$. Следовательно, в позиции x_2 принимает решение игрок $i_f(x_2) = \{i(x_2)\}$. Мы предписываем игроку $i_f(x_2)$ выбрать позицию $\bar{x}_2 \in Z(x_2)$ из условия $\max_{x \in Z(x_2)} r_{i(x_2)}^1(x) = r_{i(x_2)}^1(\bar{x}_2)$.

Теперь допустим, что $c_f(x_2) = 1$. Поскольку $Y(x_2) = \emptyset$, коалиции $S_f(x_2)$ и $S_f(x_1)$ совпадают. В этом случае мы предписываем игроку $i_f(x_2) = \{i(x_2)\}$ выбрать позицию $\bar{x}_2 \in Z(x_2)$ из условия $\max_{x \in Z(x_2)} \sum_{i \in S_f(x_2)} r_i^1(x) = \sum_{i \in S_f(x_2)} r_i^1(\bar{x}_2)$.

2) Предположим, что $Y(x_2) \neq \emptyset$. Возникает неопределенность с выигрышами коалиции $i_f(x_2) = \{i(x_2)\}$ при $c_f(x_2) = 0$ и коалиции $i_f(x_2) = S_f(x_2)$ при $c_f(x_2) = 1$. Чтобы построить путь игры на поддереве $K(x_2)$, необходимо найти некоторый дележ выигрыша коалиции $S_f(y_1)$ для каждой позиции $y_1 \in Y(x_2)$. Рассмотрим вспомогательную игру $\Gamma_f(y_1)$ на поддереве $K(y_1)$ с множеством игроков $S_f(y_1), \{j_1\}, \dots, \{j_{|N \setminus S_f(y_1)|}\}$.

Стратегии игроков вне коалиции $S_f(y_1)$ фиксированы и совпадают с равновесными по Нэшу стратегиями в основной игре. Соответствующий исход обозначим через x . Определим коэффициент кооперации α_i для игрока

$i \in S_f(y_1), \alpha_i = \frac{h_i(x)}{\sum_{k \in S_f(y_1)} h_k(x)}$. Предпишем тогда игроку $i \in S_f(y_1)$ в игре

$\Gamma_f(y_1)$ выигрыш, равный

$$\alpha_i v_f \left(y_1, S_f(y_1), \{j_1\}, \{j_2\}, \dots, \{j_{|N \setminus S_f(y_1)|}\} \right) = Nh_i^f(y_1),$$

где $v_f \left(y_1, S_f(y_1), \{j_1\}, \{j_2\}, \dots, \{j_{|N \setminus S_f(y_1)|}\} \right) = \sum_{i \in S_f(y_1)} r_i^1(y_1)$ — выигрыш коалиции $S_f(y_1)$. Оптимальным дележом суммарного выигрыша коалиции $S_f(y_1)$

в игре $\Gamma_f(y_1)$ будет вектор $Nh^f(y_1) = \left(Nh_{k_1}^f(y_1), \dots, Nh_{k_{|S_f(y_1)|}}^f(y_1) \right)$, где

$$\sum_{j=1}^{|S_f(y_1)|} Nh_{k_j}^f(y_1) = v_f \left(y_1, S_f(y_1), \{j_1\}, \{j_2\}, \dots, \{j_{|N \setminus S_f(y_1)|}\} \right).$$

Если игрок $\{i(x_2)\} \in N_f$ в позиции x_2 выбирает позицию $y_1 \in Y(x_2)$, то его выигрыш определяется с помощью вектора $Nh^f(y_1)$ и равен $Nh_{i(x_2)}^f(y_1)$. Таким образом, на множестве X_1 задается новая функция выигрышей $\bar{r}_i^1: X_1 \rightarrow R_+^1$, $i \in N$, такая, что для $x_1 \in Z(x_2)$

$$\bar{r}_i^1(x_1) = \begin{cases} Nh_i^f(x_1), & \text{если } x_1 \in Y(x_2), i \in S_f(x_1); \\ r_i^1(x_1) & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Предположим, что $c_f(x_2) = 0$. Тогда для игрока $i_f(x_2) = \{i(x_2)\}$ оптимальной является реализация пути, проходящего через позицию $\bar{x}_2 \in Z(x_2)$, которая удовлетворяет условию $\max_{x \in Z(x_2)} \bar{r}_{i(x_2)}^1(x) = \bar{r}_{i(x_2)}^1(\bar{x}_2)$.

Теперь пусть $c_f(x_2) = 1$. Так как игрок $i(x_2)$ кооперируется, то в позиции x_2 совершает ход коалиция $i_f(x_2) = S_f(x_2)$. Мы предписываем ей выбрать позицию \bar{x}_2 , удовлетворяющую условию

$$\max_{x \in Z(x_2)} \sum_{i \in S_f(x_2)} \bar{r}_{i(x_2)}^1(x) = \sum_{i \in S_f(x_2)} \bar{r}_{i(x_2)}^1(\bar{x}_2).$$

Таким образом, путь на каждом поддереве $K(x_2)$, $x_2 \in X_2$, построен

$$r_i^2(x_2) = \begin{cases} r_i^1(\bar{x}_2), & \text{если } Y(x_2) = \emptyset; \\ \bar{r}_i^1(\bar{x}_2), & \text{если } Y(x_2) \neq \emptyset; \\ h_i(x_2), & \text{если } x_2 \in P_{n+1}. \end{cases}$$

Дальнейшие шаги процедуры аналогичны шагам 1 и 2.

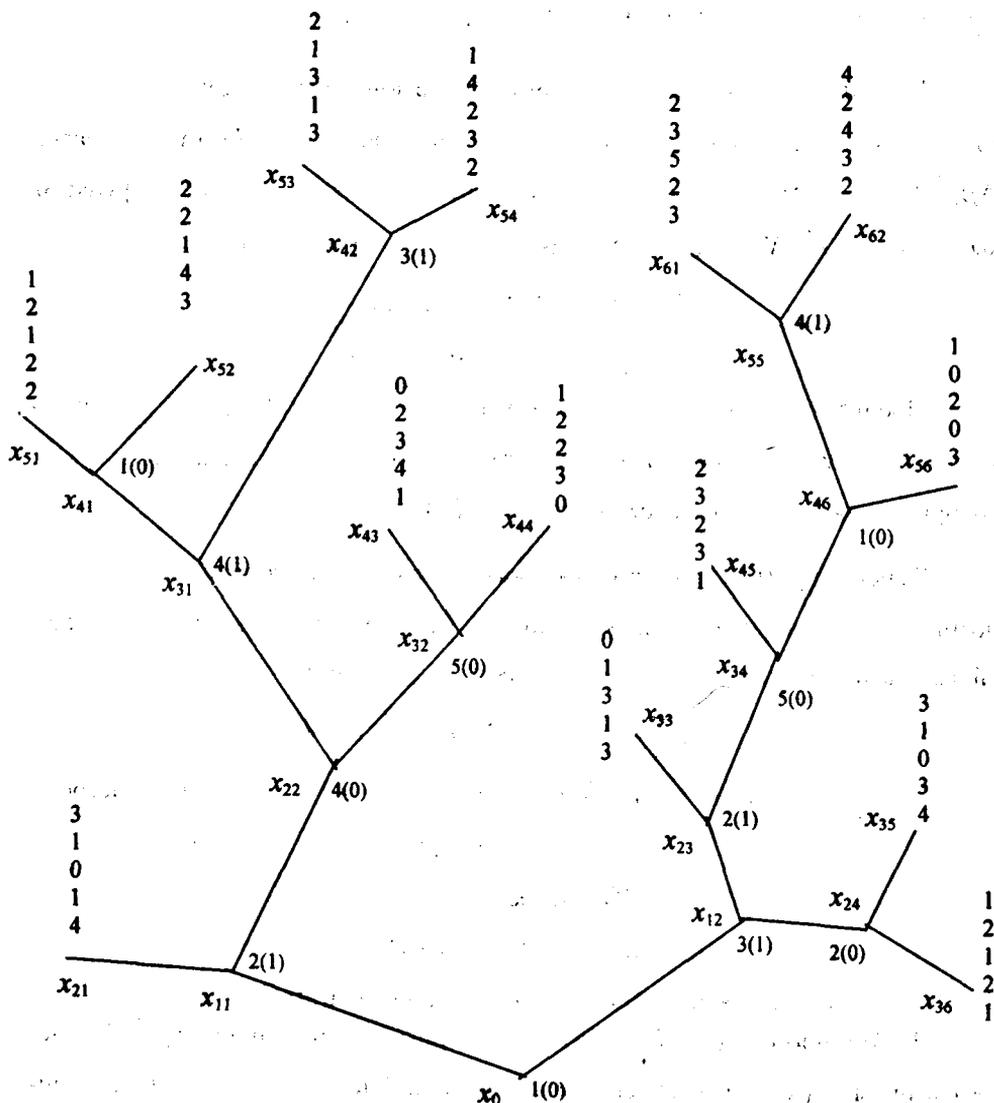
3. Значение игры $\Gamma_f(x_0)$. Рассмотрим позиционную игру Γ с деревом игры $K(x_0)$, изображенным на рисунке. Здесь $N = \{1; 2; 3; 4; 5\}$. Личные позиции игрока 1 — позиции x_0, x_{41} и x_{46} , игрока 2 — x_{11}, x_{23} и x_{24} , игрока 3 — x_{12} и x_{42} , игрока 4 — x_{22}, x_{31} и x_{35} , игрока 5 — x_{32} и x_{34} . Выигрыши записаны в окончательных позициях, причем в каждом столбце

верхнее число и есть выигрыш игрока. Предположим, что кооперативная функция $f = (f_1, \dots, f_5)$ имеет следующую форму:

$$f_1(x_0) = f_1(x_{41}) = f_1(x_{46}) = 0, f_2(x_{11}) = 1 = f_2(x_{23}), f_2(x_{24}) = 0,$$

$$f_3(x_{12}) = f_3(x_{42}) = 1, f_4(x_{22}) = 0, f_4(x_{31}) = f_4(x_{55}) = 1, f_5(x_{32}) = f_5(x_{34}) = 0.$$

Определим коалиции в некоторых позициях, где они могут возникнуть согласно кооперативной функции $f: S_f(x_{42}) = \{2; 3; 4\}, S_f(x_{12}) = \{3; 4\}, S_f(x_{41}) = \{2; 4\}$. Коалиционные структуры можно найти и в остальных позициях.



Процедуру построения оптимального пути начнем с множества X_0 , которое состоит из окончательных позиций x_{61}, x_{62} .

Первому этапу соответствует только $K(x_{55})$. В x_{55} делает ход кооперирующийся игрок 4. Выигрыши игроков из $S_f(x_{55})$ в x_{61} и x_{62} задаются в виде троек чисел (10; 2; 3) и (9; 4; 2) соответственно, где первый компонент есть выигрыш игрока {2; 3; 4}, второй – игрока 1, третий – игрока 5. Здесь $r^1(x_{55}) = (2; 3; 5; 2; 3)^*$ (* означает транспонирование).

Ко второму этапу относятся поддеревья $K(x_{41})$, $K(x_{42})$ и $K(x_{46})$, где выигрыши будут $r^2(x_{41}) = (2; 2; 1; 4; 3)^*$, $r^2(x_{42}) = (1; 4; 2; 3; 2)^*$, $r^2(x_{46}) = (2; 3; 5; 2; 3)^*$.

Продолжая игру, в предпоследнем этапе получим $r^5(x_{11}) = \left(1; \frac{18}{7}; \frac{9}{7}; \frac{36}{7}; 2\right)^*$. В x_{12} из коалиции {2; 3; 4} выходит игрок 2.

Тогда необходимо рассмотреть вспомогательную игру $\Gamma(x_{23})$, т.к. $Y(x_{12}) = \{x_{23}\}$. Здесь равновесной по Нэшу ситуации соответствует позиция

x_{61} , $\sum_{i \in \{2; 3; 4\}} h_i(x_{61}) = 3 + 5 + 2 = 10$, коэффициенты коопераций равны $\alpha_2 = \frac{3}{10}$,

$\alpha_3 = \frac{1}{2}$, $\alpha_4 = \frac{1}{5}$. Имеем $V_f(x_{23}, \{2; 3; 4\}, \{1\}, \{5\}) = 3 + 5 + 2 = 10$. Тогда суммарный выигрыш коалиции {2; 3; 4} в x_{23} делится между игроками коалиции $S_f(x_{23}) = \{2; 3; 4\}$ следующим образом: $Nh_2^f(x_{23}) =$

$= \alpha_2 \cdot V_f = \frac{3}{10} \cdot 10 = 3$, $Nh_3^f(x_{23}) = \frac{1}{2} \cdot 10 = 5$ и $Nh_4^f(x_{23}) = \frac{1}{5} \cdot 10 = 2$. Таким образом, новый выигрыш в x_{23} будет

$$r^4(x_{23}) = (r_1^4(x_{23}), \bar{r}_2^4(x_{23}), \bar{r}_3^4(x_{23}), \bar{r}_4^4(x_{23}), r_5^4(x_{23})) = (2; 3; 5; 2; 3).$$

В x_{12} индивидуальный игрок 3 выбирает позицию x_{23} , где $r^3(x_{12}) = (2; 3; 5; 2; 3)$. В корне дерева игры x_0 $Y(x_0) = \emptyset$, поэтому игроку 1 лучше выбрать выигрыш в x_{12} , где $r_1^5(x_0) = 2$, а не в x_{11} , где $r_1^6(x_0) = 1$. В итоге, в игре $\Gamma_f(x_0)$ оптимальным путем является $x(f) = \{x_0, x_{12}, x_{23}, x_{34}, x_{46}, x_{55}, x_{61}\}$, а значение игры равно $r(x_0) = (2; 3; 5; 2; 3)$.

Изменяя кооперативную функцию f , мы получим класс всех частично-кооперативных игр $\Gamma_f(x_0)$, которые могут быть определены на дереве $K(x_0)$. А это при прочих привилегиях дает еще и возможность игроку найти наилучшую для него кооперативную функцию f .

ЛИТЕРАТУРА

1. Петросян Л.А., Аешин Д.А. – Труды института математики и механики УрО РАН, 2000, т. 6, № 1, 2, с. 160–172.
2. Ayoshin D., Tanaka T. The core and the dominance core in multi-choice multistage games with coalitions in a matrix form. Submitted to the Proceedings of NACA98 (International Conference on Nonlinear Analysis and Convex Analysis), 1998.
3. Chih-Ru Hsiao, Raghavan T. – Games and Economic Behavior, 1993, v. 5, p. 240–256.
4. Nash J.F. – Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 1950, v. 36, p. 48–49.

Օ. Ս. ՄԻԿԱԵԼՅԱՆ, Ռ. Վ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

ՕՊՏԻՄԱԼ ՀԵՏԱԳԻԾԸ ՄԱՍՆԱԿԻ-ԿՈՕՊԵՐԱՏԻՎ ԽԱՂԵՐՈՒՄ

Ամփոփում

Աշխատանքում քննարկվում է մասնակի-կոոպերացիա մի դիրքային խաղում: Այդպիսի խաղի համար ներկայացվում է խաղացողների օպտիմալ վարքի և խաղի արժեքը գտնելու եղանակ: Խաղի ընթացքում կոալիցիա կազմող խաղացողների միջև բաշխույթը որոշելիս դիտարկվում են օժանդակ խաղեր և դրանցում՝ ըստ Նեշի հավասարակշիռ վիճակներ կոալիցիայի առկայության դեպքում: Բերված է օրինակ:

O. S. MIKAELYAN, R. V. KHACHATRYAN

THE OPTIMAL TRAJECTORY IN PARTIAL-COOPERATIVE GAMES

Summary

In an extensive form game is considered partial-cooperation. The optimal behavior and the method of finding the value of the game is represented for that game. During the game discussing the auxiliary games for finding distribution between players consisting coalition, and equilibrium condition by Nash, when the coalition is available. There is an example.

Ինֆորմատիկա

УДК 510.64

Ս. Մ. ՍԱՅԱՂՅԱՆ

**ԻՆՏՈՒԻՑԻՈՆԻՍԱԿԱՆ ԱՍՈՒՅԹԱՅԻՆ ՀԱՇՎԻ ՈՐՈՇ
ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ՀԱՄԵՄԱՏՈՒՄ**

Գրականության մեջ հայտնի են ասույթային դասական հաշվի տարրեր համակարգերի բաղդատման հարցերին նվիրված բազմաթիվ հետազոտություններ [1, 2], սակայն ինտուիցիոնիստական կամ մինիմալ համակարգերում նմանատիպ աշխատանքները սակավաթիվ են:

Սույն հոդվածում ապացուցվում է, որ. 1) բազմանդամորեն համարժեք են ինտուիցիոնիստական ասույթային հաշվի 3 համակարգեր՝ Հիլբերտյան տիպի, սեկվենցիալ (հատույթի կանոնով) և բնական (Natural), 2) նշված 3 համակարգերից յուրաքանչյուրը ունի էքսպոնենցիալ արագացում ինտուիցիոնիստական ռեզոլյուցիայի համակարգի նկատմամբ:

§ 1. Հիմնական գաղափարներ: Մենք օգտվելու ենք արտածումների բարդության տեսության հանրահայտ գաղափարներից [1-4]:

• $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_m$ արտածման էքսպորտություն կանվանենք նրա տողերի (քանաձևերի, սեկվենցիաների) քանակը՝ m :

• φ քանաձևում (սեկվենցիայում) մասնակցող սիմվոլների քանակը նշանակենք $|\varphi|$ -ով:

• $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_m$ արտածման l-բարդություն կանվանենք նրա մեջ մասնակցող բոլոր սիմվոլների քանակը՝ $\sum_{i=1}^m |\varphi_i|$:

• φ քանաձևի (սեկվենցիայի) ոչ ավելի քան n l-բարդությամբ (l-բարդությամբ) արտածման փաստը Φ համակարգում նշանակենք

$$\left| \frac{l \leq n}{\Phi} \varphi \right| \left(\left| \frac{l \leq n}{\Phi} \varphi \right| \right):$$

• Հետևելով Կուլին [1]՝ ներմուծենք բազմանդամային հանգեցման և համարժեքության գաղափարները:

• Դիցուք Φ_1 -ը և Φ_2 -ը ֆորմալ համակարգեր են: Կասենք, որ Φ_1 -ը բազմանդամորեն հանգեցվում է Φ_2 համակարգին (կնշանակենք $\Phi_1 \prec_1 \Phi_2$), եթե գոյություն ունի այնպիսի $p()$ բազմանդամ, որ ցանկացած φ

բանաձևի (սեկվենցիայի) համար երբ $\left| \frac{l \leq n}{\Phi_1} \varphi \right.$, ապա $\left| \frac{l \leq p(n)}{\Phi_2} \varphi' \right.$: φ' -ը

φ -ին համապատասխանող օբյեկտն է (բանաձևը, սեկվենցիան) Φ_2 -ում:

• Φ_1 և Φ_2 ֆորմալ համակարգերը կոչվում են բազմանդամորեն համարժեք ($\Phi_1 \sim \Phi_2$), եթե $\Phi_1 <_1 \Phi_2$ և $\Phi_2 <_1 \Phi_1$:

• Նույնատիպ եղանակով սահմանվում է համարժեքությունը ըստ t -բարդության և նշանակվում է համապատասխանաբար $\Phi_1 \sim \Phi_2$:

§ 2. Ինտուիցիոնիստական ռեզոլյուցիայի և հիլբերտյան տիպի համակարգերի համեմատում: Դասական ռեզոլյուցիայի համակարգի նկատմամբ Ֆրեգեի համակարգերի էքսպոնենցիալ արագացման փաստը արտածումների բարդության տեսության ուշագրավ արդյունքներից է [1, 2]:

Մոյն հողվածում հետազոտվում է ինտուիցիոնիստական հաշվի համապատասխան համակարգերի հարաբերությունը և ապացուցված է նույնատիպ արագացման ստուգությունը:

1. Հետևելով [2-4]-ին, սահմանենք HC (հիլբերտյան դասական), HJ (հիլբերտյան ինտուիցիոնիստական), RC (ռեզոլյուցիայի դասական) և RJ (ռեզոլյուցիայի ինտուիցիոնիստական) համակարգերը: Պետք է նշել, որ HC-ն Ֆրեգեի համակարգերից մեկն է:

HC (հիլբերտյան դասական) համակարգի արքսիոմների սխեմաներն են՝

1a. $A \supset (B \supset A)$,

4a. $A \supset A \vee B$,

1b. $(A \supset B) \supset ((A \supset (B \supset C)) \supset (A \supset C))$,

4b. $B \supset A \vee B$,

2. $A \supset (B \supset A \& B)$,

5. $(A \supset C) \supset ((B \supset C) \supset (A \vee B \supset C))$,

3a. $A \& B \supset A$,

6. $(A \supset B) \supset ((A \supset \neg B) \supset \neg A)$,

3b. $A \& B \supset B$,

7. $\neg \neg A \supset A$:

Արտածման կանոնն է $A, A \supset B \vdash B$:

HJ (հիլբերտյան ինտուիցիոնիստական) համակարգը ստացվում է HC համակարգից՝ նրանում $\neg \neg A \supset A$ արքսիոմի (7) սխեման փոխարինելով $\neg A \supset (A \supset B)$ -ով (7'): HC և HJ համակարգերի «արդյունավետությունների» հարաբերությունը փաստում է հետևյալ պնդումը:

Լեմմա 1. Ցանկացած φ նույնաբանության համար.

1) եթե $\left| \frac{t \leq n}{HC} \varphi \right.$, ապա $\left| \frac{t \leq cn}{HJ} \neg \neg \varphi \right.$, որտեղ c -ն որոշակի հաստատուն է;

2) եթե $\left| \frac{l \leq n}{HC} \varphi \right.$, ապա $\left| \frac{l \leq p(n)}{HJ} \neg \neg \varphi \right.$, որտեղ $p()$ -ն որոշակի բազմանդամ է:

Ապացույցը ստացվում է [3]-ում բերված թեորեմ 59-ի հիման վրա: Իրոք, եթե $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_m$ -ը φ -ի արտածումն է HC-ում, ապա, կառուցելով $\neg \neg \varphi_1, \neg \neg \varphi_2, \dots, \neg \neg \varphi_m$ հաջորդականությունը և յուրաքանչյուր բանաձևի արտա-

ծումից առաջ կատարելով համապատասխան լրացումները, ստանում ենք լեմմա 1-ի պահանջներին բավարարող արտածումը HJ-ում:

RC (դասական ռեզոլյուցիայի) համակարգը նպատակաուղղված է կոնյունկտիվ նորմալ ձևով (կ.ն.ձ.) ներկայացված բանաձևերի հակասականության ստուգմանը: Արտիոմները նախապես չեն ֆիքսվում: Որպես այդպիսիք հանդես են գալիս կ.ն.ձ.-ի դիզյունկտները:

Արտածման ռեզոլյուցիայի կանոնը տրվում է հետևյալ եղանակով՝ $A \vee p$ և $B \vee p$, որտեղ A -ն և B -ն դիզյունկտներ են, իսկ p -ն տրամաբանական փոփոխական: Նպատակն է՝ դատարկ դիզյունկտի (\perp) արտածումը:

Նշենք, որ φ բանաձի ժխտումից բնականոն եղանակով նրա կ.ն.ձ.-ին անցնելիս կարող ենք նկատել բանաձևի երկարության էքսպոնենցիալ աճ: Ցեյտինի [5] կողմից նկարագրվել է մեկ այլ ալգորիթմ՝ համաձայն որի, վերագրելով ցանկացած φ բանաձևի յուրաքանչյուր ենթաբանաձևին որևէ փոփոխական, կարելի է կառուցել է $\bar{\varphi}$ -կ.ն.ձ., որի երկարությունը ոչ ավելի, քան 6 անգամ է մեծ φ -ի երկարությունից և որը հակասական է այն և միայն այն դեպքում, երբ φ -ն նույնաբանություն է:

RJ (ինտուիցիոնիստական ռեզոլյուցիայի) համակարգի ցանկացած p , q , r , s տրամաբանական փոփոխականների, սխալ (\perp) հաստատումի և Γ , Σ , Π բանաձևերի բազմությունների համար արտիոմներն են՝ $p \rightarrow p$; $\perp \rightarrow p$; կանոնները՝

$$\begin{aligned} (\supset^-) & \frac{(p \supset q^*) \rightarrow r, \Sigma p^0 \rightarrow q^{**}}{\Sigma \rightarrow r}; \\ (\vee^-) & \frac{p \rightarrow q \vee r; \Gamma \rightarrow p, \Sigma q \rightarrow s^*, \Pi r \rightarrow s^{**}}{\Gamma \Sigma \Pi \rightarrow s}; \\ & \frac{pq \rightarrow r^*; \Gamma \rightarrow p; \Sigma \rightarrow q}{\Gamma \Sigma \rightarrow r^*} (c) \frac{p \rightarrow q; \Gamma \rightarrow p}{\Gamma \rightarrow q}; (\perp) \frac{\rightarrow \perp}{\rightarrow p}, \end{aligned}$$

որտեղ s^* -ը կամ s է, կամ \perp , իսկ p^0 -ն կամ p է, կամ՝ դատարկ, ընդ որում (\supset^-) կանոնում եթե $q^{**} = \perp$, ապա $p^* = p$:

RJ և RC համակարգերի «արդյունավետությունների» հարաբերակցությունը հաստատում է հետևյալ պնդումը:

Լեմմա 2. Դիցուք φ -ն նույնաբանություն է, $\bar{\varphi}$ -ը φ -ին համապատասխանեցված կոնյունկտիվ նորմալ ձևն է վերոհիշյալ (Ցեյտինի) մեթոդով, ընդ որում s -ը հենց φ -ին վերագրված փոփոխականն է: Եթե $\left| \frac{t \leq n}{RJ} \rightarrow s \right.$

$\left(\left| \frac{l \leq n}{RJ} \rightarrow s \right. \right)$, ապա RC-ում $\bar{\varphi}$ -ից արտածվում է դատարկ դիզյունկտը ոչ ավելի, քան $n+1$ t -բարդությամբ (ոչ ավելի, քան cn l -բարդությամբ որոշակի հաստատում c -ի համար):

Ապացույցը հիմնվում է այն փաստի վրա, որ RJ-ի յուրաքանչյուր կանոն

հանդիսանում է դասական ռեզյուցիայի կանոնի ոչ ավելի, քան 3 անգամ կիրառման արդյունք:

Դասական տրամաբանության համակարգերի համեմատմանը միտված աշխատություններում կարևոր դեր է կատարում «Pigeonhole principle» կոչվող հետևյալ PHP_n բանաձևը՝ $\& \prod_{0 \leq i \leq n} P_{ij} \supset \prod_{0 \leq i < k \leq n} \prod_{0 \leq j < n} (P_{ij} \& P_{ki})$:

Թեորեմ 1:

1. Գոյություն ունի $p()$ բազմանդամ այնպիսին, որ $\left| \frac{l \leq p(n)}{HJ} \right| \Vdash \text{PHP}_n$:

2. Որոշակի c հաստատունի համար $\overline{\text{PHP}}_n$ -ին համապատասխանող սեկվենցիաներից RJ-ում $\rightarrow s$ -ի (s -ը PHP_n -ին վերագրված փոփոխականն է) արտաձույնը պահանջում է առնվազն $c2^n$ l -բարդություն:

Ապացույցը հետևում է դասական տրամաբանության համապատասխան համակարգերի համար ստացված նույնատիպ արդյունքից [1, 2], լեմմա 1 և լեմմա 2-ի պնդումներից:

§ 3. Ինտուիցիոնիստական ասույթային հաշվի սեկվենցիալ, հիլբերտյան տիպի և բնական (Natural) համակարգերի համարժեքությունը:

SJ (հատույթի կանոնով սեկվենցիալ ինտուիցիոնիստական [3]) համակարգի արսիոնն է $C \rightarrow C$:

Արտաձման կանոններն են.

- | | |
|---|---|
| (1) $\frac{A, \Gamma \rightarrow B}{\Gamma \rightarrow A \supset B}$, | (2) $\frac{\Delta \rightarrow A \text{ և } B, \Gamma \rightarrow \Theta}{A \supset B, \Delta, \Gamma \rightarrow \Theta}$, |
| (3) $\frac{\Gamma \rightarrow A \text{ և } \Gamma \rightarrow B}{\Gamma \rightarrow A \& B}$, | (4) $\frac{A, \Gamma \rightarrow \Theta \text{ կամ } B, \Gamma \rightarrow \Theta}{A \& B, \Gamma \rightarrow \Theta}$, |
| (5) $\frac{\Gamma \rightarrow A \text{ կամ } \Gamma \rightarrow B}{\Gamma \rightarrow AVB}$, | (6) $\frac{A, \Gamma \rightarrow \Theta \text{ կամ } B, \Gamma \rightarrow \Theta}{AVB, \Gamma \rightarrow \Theta}$, |
| (7) $\frac{A, \Gamma \rightarrow}{\Gamma \rightarrow \neg A}$, | (8) $\frac{\Gamma \rightarrow A}{\neg A, \Gamma \rightarrow \Theta}$, |
| (9) $\frac{\Gamma \rightarrow}{\Gamma \rightarrow C}$, | (10) $\frac{\Gamma \rightarrow \Theta}{\Gamma' \rightarrow \Theta}$, |
| (11) $\frac{\Delta \rightarrow C \text{ և } C, \Gamma \rightarrow \Theta}{\Delta, \Gamma \rightarrow \Theta}$, | |

որտեղ $\Gamma \subseteq \Gamma'$: A, B, C -ն բանաձևեր են, Δ -ն և Γ -ն բանաձևերի բազմություններ են, իսկ Θ -ն կամ դատարկ է, կամ կազմված է մեկ բանաձևից:

NJ (բնական ինտուիցիոնիստական) համակարգ [4]:

Աքսիոմ՝ $A \rightarrow A$, արտածման կանոններն են.

$$(\&^*) \quad \frac{\Gamma \rightarrow A \text{ և } \Sigma \rightarrow B}{\Gamma \Sigma \rightarrow A \& B}$$

$$(\&) \quad \frac{\Gamma \rightarrow A \& B}{\Gamma \rightarrow A \text{ և } \Gamma \rightarrow B}$$

$$(V^*) \quad \frac{\Gamma \rightarrow A \text{ կամ } \Gamma \rightarrow B}{\Gamma \rightarrow AVB}$$

$$(V) \quad \frac{\Gamma \rightarrow AVB, \Sigma A \rightarrow C \text{ և } \Pi B \rightarrow C}{\Gamma \Sigma \Pi \rightarrow C}$$

$$(\supset^*) \quad \frac{\Gamma, A^\circ \rightarrow B}{\Gamma \rightarrow A \supset B}$$

$$(\supset) \quad \frac{\Gamma \rightarrow A \supset B \text{ և } \Sigma \rightarrow A}{\Gamma \Sigma \rightarrow B}$$

$$(\perp) \quad \frac{\Gamma \rightarrow \perp}{\Gamma \rightarrow A}$$

որտեղ A, B, C -ն բանաձևեր են, Γ, Σ, Π -ն բանաձևերի բազմություններ են, A° -ն կամ A է, կամ դատարկ է:

Ինչպես և դասական տրամաբանության նմանատիպ համակարգերի համար, բնական ձևով մոդելավորելով մեկ համակարգում տրված արտածումը մյուսում, դժվար չէ ապացուցել

Թեորեմ 2:

1) $SJ \sim HJ \sim NJ$; 2) $SJ \sim HJ \sim NJ$:

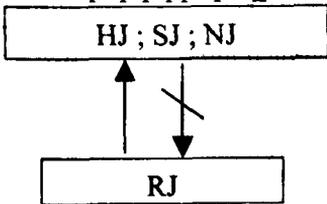
Օգտվելով [3]-ում բերված RJ համակարգի արտածումների NJ համակարգում մոդելավորման ալգորիթմից՝ դժվար չէ ապացուցել հետևյալ թեորեմը:

Թեորեմ 3:

1) $RJ \prec_i NJ$; 2) $RJ \prec_i NJ$:

Իրոք, արտածելով NJ -ում RJ -ի յուրաքանչյուր կիրառված կանոն և նրանում ամեն մի նոր ներմուծված փոփոխականը փոխարինելով իրեն համապատասխանող ենթաբանաձևով, կստանանք պահանջվող արտածումը NJ -ում, որի բնութագրիչների գնահատումը ապացուցում է թեորեմ 3-ի ստուգությունը:

Եզրակացություն: Այսպիսով, ինչպես և դասական ասույթային հաշվի համակարգերի դեպքում, որպես 1, 2, և 3 թեորեմների պնդումների հետևանք ապացուցվեց հետևյալ ստորակարգման ստուգությունը ինտուիցիոնիստական հաշվի համապատասխան համակարգերի համար: Միևնույն վանդակում նշված են իրար բազմանդամորեն համարժեք համակարգերը: Մեկ վանդակից դեպի մյուսը տանող սլաքը փաստում է, որ առաջինում եղած համակարգը բազմանդամորեն է հանգեցվում մյուս վանդակում նշված յուրաքանչյուր համակարգին: Գծիկով սլաքը փաստում է հանգեցման բացակայությունը, այսինքն, առաջինում նշված յուրաքանչյուր համակարգ ունի էքսպոնենցիալ արագացում երկրորդում նշված համակարգի նկատմամբ:



1. Samuel R. Buss – Journal of Symbolic Logic, 1987, v. 52, issue 4, p. 916–927.
2. Samuel R. Buss, Toniann Pitassi. Resolution and the Weak Pigeonhole Principle, Paper from Annual Conference of the European Association for Computer Science Logic, August 23–29, 1997.
3. Клини С.К. Введение в метаматематику. М.: ИЛ, 1957.
4. Минц Г.Е. – Семиотика и информатика, 1985, вып. 25, с. 120–125.
5. Цейтин Г.С. – Записки научных семинаров ЛОМИ АН СССР, 1968, № 8, с. 234–259.

С. М. САЯДЯН

СРАВНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ СИСТЕМ ДОКАЗАТЕЛЬСТВ ИНТУИЦИОНИСТСКОЙ ЛОГИКИ

Резюме

Построен некий фрагмент иерархии по сложности выводов одних и тех же формул для ряда традиционных систем доказательств интуиционистской логики: системы резолюций, а также натуральных, гильбертовских и секвенциальных. Полученные соотношения идентичны соотношениям между одноименными системами классической логики.

S. M. SAYADYAN

COMPARISON OF SEVERAL PROOF SYSTEMS OF INTUITIONISTIC PROPOSITIONAL LOGIC

Summary

A fragment of hierarchy of the proof systems for intuitionistic propositional logic under the p-simulation relation is constructed. These systems are resolution system, natural, Hilbert-style system and sequence system. The obtained hierarchy is the same as the hierarchy for analogous systems of classical logic.

УДК 62.50

В. Р. БАРСЕГЯН, Г. С. ЧЛИНГАРЯН

ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ С ПЕРЕМЕННОЙ МАССОЙ В ГРАВИТАЦИОННОМ ПОЛЕ

Рассматривается задача приоритетного выбора оптимальных управляющих воздействий для управления движением материальной точки с переменной массой в гравитационном поле. С учетом полученных результатов, на числовом примере показано, что минимизация критерия качества по приоритетному принципу приводит к меньшему его значению, чем минимизация в обычном смысле.

1. Рассмотрим движение материальной точки массы m в вертикальной плоскости в поле силы тяжести. Предполагается, что в качестве управляющего воздействия к точке приложена реактивная сила \bar{f} , возникающая в результате отделения от нее частиц с элементарной массой $|dm_1|$. Тогда масса точки является величиной переменной $m = m(t)$ и ее движение можно описать векторным уравнением

$$m \frac{d\bar{V}}{dt} = \bar{P} + \bar{f}. \quad (1.1)$$

Здесь $m = m(t) = m_0 + m_1(t)$, где $m_0 = const$ – неизменяемая часть массы точки, $m_1(t)$ – реактивная масса точки; $\bar{f} = (\bar{s} - \bar{V}) \frac{dm_1}{dt}$, \bar{V} – вектор абсолютной скорости точки, \bar{s} – вектор скорости частицы dm_1 в момент $t + dt$ после ее отделения; \bar{P} – сила тяжести. Пусть под действием этих сил точка совершает движение по кривой, мало отличающейся от некоторой равновесной круговой орбиты.

Предположим, что реактивная сила \bar{f} все время находится в плоскости равновесной круговой орбиты, тогда движение точки будет происходить в плоскости этой кривой и оно будет определяться изменением ее полярных

координат r и ψ [1]:

$$\begin{aligned} \ddot{r} - r\dot{\psi}^2 + \frac{\mu}{r^2} &= a_r \frac{\dot{m}}{m}, \\ r\ddot{\psi} + 2\dot{r}\dot{\psi} &= a_\psi \frac{\dot{m}}{m}. \end{aligned} \quad (1.2)$$

Здесь μ – гравитационная постоянная, a_r и a_ψ – проекции вектора относительной скорости $\bar{a} = \bar{s} - \bar{V}$ отделяющейся частицы на направления радиуса и касательной к траектории движения соответственно. Учитывая, что

$$r\ddot{\psi} + 2\dot{r}\dot{\psi} = \frac{1}{r} \frac{d}{dt} (r^2 \dot{\psi}),$$

за фазовые координаты можем взять величины $r(t)$, $\dot{r}(t)$, $\chi(t) = r^2 \dot{\psi}$, так как их совокупность удовлетворяет всем условиям определения фазового вектора. Тогда (1.2) запишется так:

$$\begin{aligned} \ddot{r} &= -\frac{\mu}{r^2} + \frac{\chi^2}{r^3} + a_r \frac{\dot{m}}{m}, \\ \dot{\chi} &= r a_\psi \frac{\dot{m}}{m}. \end{aligned} \quad (1.3)$$

Предположим, что в момент включения управляющих воздействий фазовые координаты точки мало отличаются от их значений на выбранной круговой орбите, а величина управляющей реактивной силы \bar{f} сравнительно невелика, так что в процессе всего управления точка остается в достаточно малой окрестности указанного кругового движения. Тогда уравнения линейного приближения в окрестности выбранной круговой орбиты для системы (1.3) запишутся так:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2, \\ \dot{x}_2 &= -\alpha x_1 + b x_3 + \alpha u_1, \\ \dot{x}_3 &= \beta u_2, \end{aligned} \quad (1.4)$$

где $x_1 = r - r_0$, $x_2 = \dot{r}$, $x_3 = \chi - \chi_0$, $\chi_0 = \sqrt{\mu r_0}$, $a = \frac{\mu}{r_0^3}$, $b = \frac{2\sqrt{\mu r_0}}{r_0^3}$, $\alpha u_1 = a_r \frac{\dot{m}}{m}$,

$\beta u_2 = a_\psi \frac{\dot{m}}{m}$; α и β – некоторые постоянные из промежутка $[0; 1]$.

При выполнении вышепоставленных условий исследование системы (1.4) дает полезную информацию о движении нелинейной системы дифференциальных уравнений (1.3).

Сформулируем следующую задачу.

Требуется на промежутке времени $[t_0, t_1]$ при помощи выбора вектора управляющего воздействия $u(t) = \{u_1(t), u_2(t)\}$ и параметров α и β системе (1.4) перевести из заданного начального положения $x(t_0)$ в заданное

конечное положение $x(t_1)$, минимизируя функционал

$$\chi[u] = \left(\int_{t_0}^{t_1} (u_1^2 + u_2^2) d\tau \right)^{1/2}. \quad (1.5)$$

Отметим, что оптимальные значения управляющих воздействий $u_i^0 = u_i^0(t, \alpha, \beta)$, $i=1,2$, будут непрерывными функциями от параметров α и β [2]. Следовательно, представляется возможность для его вторичной минимизации по параметрам α и β , причем минимум функционала $\chi[u_1^0(\alpha, \beta), u_2^0(\alpha, \beta)]$ достигим:

$$\chi[u_1^0(\alpha^0, \beta^0), u_2^0(\alpha^0, \beta^0)] = \min_{\alpha, \beta \in [0;1]} \chi[u_1^0(\alpha, \beta), u_2^0(\alpha, \beta)].$$

Поэтому оптимальные управляющие воздействия, решающие поставленную задачу, будут $u_i^0(t) = u_i^0(t, \alpha^0, \beta^0)$, $i=1,2$.

2. Система уравнений (1.4) в векторно-матричной форме запишется так:

$$\dot{x} = Ax + Bu, \quad (2.1)$$

где

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -a & 0 & b \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ \alpha & 0 \\ 0 & \beta \end{pmatrix}.$$

Матрица Калмана [3] будет иметь вид

$$K = \{B, AB, A^2B\} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \alpha & 0 & 0 & \beta b \\ \alpha & 0 & 0 & \beta b & -a\alpha & 0 \\ 0 & \beta & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Нетрудно заметить следующее: при $\alpha = 0$, $\beta b \neq 0$ система (1.4) вполне управляема, а если $\beta = 0$, $\alpha \neq 0$, она не является вполне управляемой.

Фундаментальная матрица решений однородной части (1.4) имеет следующий вид:

$$X[\tau, t_0] = \begin{pmatrix} \cos \sqrt{a}(\tau - t_0) & \frac{1}{\sqrt{a}} \sin \sqrt{a}(\tau - t_0) & \frac{b}{a}(1 - \cos \sqrt{a}(\tau - t_0)) \\ -\sqrt{a} \sin \sqrt{a}(\tau - t_0) & \cos \sqrt{a}(\tau - t_0) & \frac{b}{\sqrt{a}} \sin \sqrt{a}(\tau - t_0) \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Запишем формулу Коши для системы (1.4):

$$x(t) = X[t, t_0]x(t_0) + \int_{t_0}^t X[t, \tau]Bu(\tau) d\tau. \quad (2.2)$$

Отсюда при $t = t_1$ получаем следующие интегральные условия:

$$\int_{t_0}^{t_1} \left(\frac{\alpha}{\sqrt{a}} \sin \sqrt{a}(t_1 - \tau) u_1 + \beta \frac{b}{a} (1 - \cos \sqrt{a}(t_1 - \tau)) u_2 \right) d\tau = C_1,$$

$$\int_{t_0}^{t_1} (\alpha \cos \sqrt{a}(t_1 - \tau) u_1 + \beta \frac{b}{\sqrt{a}} \sin \sqrt{a}(t_1 - \tau) u_2) d\tau = C_2, \quad (2.3)$$

$$\int_{t_0}^{t_1} \beta u_2 d\tau = C_3,$$

где

$$C_1 = x_1(t_1) - x_1(t_0) \cos \sqrt{a}(t_1 - t_0) - \frac{1}{\sqrt{a}} x_2(t_0) \sin \sqrt{a}(t_1 - t_0) -$$

$$-\frac{b}{a} x_3(t_0) (1 - \cos \sqrt{a}(t_1 - t_0)),$$

$$C_2 = x_2(t_1) + \sqrt{a} x_1(t_0) \sin \sqrt{a}(t_1 - t_0) - x_2(t_0) \cos \sqrt{a}(t_1 - t_0) -$$

$$-\frac{b}{\sqrt{a}} x_3(t_0) \sin \sqrt{a}(t_1 - t_0), \quad (2.4)$$

$$C_3 = x_3(t_1) - x_3(t_0).$$

Рассматривая вариационную задачу (2.3), (1.5) как проблему моментов [3], построим

$$\rho_0^2 = \min_{\sum_{i=1}^3 C_i = 1, t_0}^{t_1} \int (h_1^2(\tau) + h_2^2(\tau)) d\tau, \quad (2.5)$$

где l_1, l_2, l_3 — неопределенные постоянные, а

$$h_1(\tau) = \alpha \left[l_1 \frac{1}{\sqrt{a}} \sin \sqrt{a}(t_1 - \tau) + l_2 \cos \sqrt{a}(t_1 - \tau) \right],$$

$$h_2(\tau) = \beta \frac{b}{a} \left[l_1 (1 - \cos \sqrt{a}(t_1 - \tau)) + l_2 \sqrt{a} \sin \sqrt{a}(t_1 - \tau) + \frac{a}{b} l_3 \right]. \quad (2.6)$$

Проделав необходимые выкладки, найдем

$$l_1^0 = \frac{1}{C_1} (1 - C_2 l_2^0 - C_3 l_3^0), \quad l_2^0 = -l_3^0 \frac{A_2}{H_2} - \frac{a_{13} C_1 - a_{11} C_3}{H_2}, \quad l_3^0 = -\frac{A_1}{H_1}, \quad (2.7)$$

где $A_1 = -a_{12} a_{23} C_1 + a_{13} (a_{22} C_1 - a_{12} C_2) + a_{12}^2 C_3 + a_{11} (a_{23} C_2 - a_{22} C_3)$,

$$A_2 = a_{33} C_1^2 + C_3 (a_{11} C_3 - 2a_{13} C_1),$$

$$H_1 = -a_{23}^2 C_1^2 - 2a_{12} a_{33} C_1 C_2 - a_{13}^2 C_2^2 + a_{11} a_{33} C_2^2 + 2a_{12} a_{13} C_2 C_3 - a_{12}^2 C_3^2 +$$

$$+ 2a_{23} (a_{13} C_1 C_2 + C_3 (a_{12} C_1 - a_{11} C_2)) + a_{22} (a_{33} C_1^2 - 2a_{13} C_1 C_3 + a_{11} C_3^2),$$

$$H_2 = a_{23} C_1^2 - a_{13} C_1 C_2 + C_3 (a_{11} C_2 - a_{12} C_1),$$

$$a_{11} = 2 \left(\frac{1}{a} \alpha^2 B_2 + \frac{b^2}{a^2} B_4 \beta^2 \right), \quad a_{22} = 2 \left(\alpha^2 B_1 + \frac{b^2}{a} B_2 \beta^2 \right), \quad a_{33} = 2B_8 \beta^2,$$

$$a_{12} = \left(\frac{\alpha^2}{\sqrt{a}} B_5 + 2 \frac{b}{\sqrt{a}} B_7 \beta^2 \right), \quad a_{13} = 2 \frac{b}{a} \beta^2 (B_3 + B_8), \quad a_{23} = 2 \frac{b}{\sqrt{a}} B_6 \beta^2,$$

$$B_1 = \int_{t_0}^{t_1} \cos^2(\sqrt{a}(t_1 - \tau)) d\tau = \frac{1}{4\sqrt{a}} \sin(2\sqrt{a}(t_1 - t_0)) + \frac{t_1 - t_0}{2},$$

$$B_2 = \int_{t_0}^{t_1} \sin^2(\sqrt{a}(t_1 - \tau)) d\tau = -\frac{1}{4\sqrt{a}} \sin(2\sqrt{a}(t_1 - t_0)) + \frac{t_1 - t_0}{2},$$

$$B_3 = \int_{t_0}^{t_1} \cos(\sqrt{a}(t_1 - \tau)) d\tau = \frac{1}{\sqrt{a}} \sin(\sqrt{a}(t_1 - t_0)),$$

$$B_4 = \int_{t_0}^{t_1} [1 - \cos(\sqrt{a}(t_1 - \tau))]^2 d\tau = \frac{1}{4\sqrt{a}} \sin(2\sqrt{a}(t_1 - t_0)) + \frac{3}{2}(t_1 - t_0) + \frac{2}{\sqrt{a}} \sin(\sqrt{a}(t_1 - t_0)),$$

$$B_5 = \int_{t_0}^{t_1} \sin(2\sqrt{a}(t_1 - \tau)) d\tau = -\frac{1}{2\sqrt{a}} \cos(2\sqrt{a}(t_1 - t_0)),$$

$$B_6 = \int_{t_0}^{t_1} \sin(\sqrt{a}(t_1 - \tau)) d\tau = \frac{1}{\sqrt{a}} (1 - \cos(\sqrt{a}(t_1 - t_0))),$$

$$B_7 = \int_{t_0}^{t_1} \sin(\sqrt{a}(t_1 - \tau)) [1 - \cos(\sqrt{a}(t_1 - \tau))] d\tau = \frac{1}{\sqrt{a}} (1 - \cos(\sqrt{a}(t_1 - t_0))) - \frac{1}{4\sqrt{a}} (1 - \cos(2\sqrt{a}(t_1 - t_0))),$$

$$B_8 = t_1 - t_0.$$

Подставляя значения l_1^0, l_2^0, l_3^0 из (2.7) в (2.6) и (2.5), получим $h_1^0(\tau, \alpha, \beta)$, $h_2^0(\tau, \alpha, \beta)$ и величину $\rho_0^2(\alpha, \beta)$ соответственно:

$$h_1^0(\tau, \alpha, \beta) = \alpha \left[l_1^0 \frac{1}{\sqrt{a}} \sin \sqrt{a}(t_1 - \tau) + l_2^0 \cos \sqrt{a}(t_1 - \tau) \right],$$

$$h_2^0(\tau, \alpha, \beta) = \beta \frac{b}{a} \left[l_1^0 (1 - \cos \sqrt{a}(t_1 - \tau)) + l_2^0 \sqrt{a} \sin \sqrt{a}(t_1 - \tau) + l_3^0 \right],$$

$$\rho_0^2(\alpha, \beta) = \frac{P(\alpha, \beta)}{Q(\alpha, \beta)}, \quad (2.8)$$

где

$$P = \alpha^8 \beta^2 a^8 b^2 B_8 (16B_1^2 B_2^2 - 8B_1 B_2 B_5^2 + B_5^4) + \alpha^6 \beta^4 4a^5 b^4 (8a^2 B_1 B_2 B_6^2 + 32a^2 B_1 B_2^3 B_8 + 32B_1^2 B_2 B_4 B_8 - 8B_1 B_4 B_3^2 B_8 - 32aB_1 B_2 B_3 B_7 B_8 + 8aB_3^3 B_7 B_8 - 20aB_1 B_2 B_3 B_6 (B_3 + B_8) - aB_3^3 B_6 \times$$

$$\begin{aligned}
& \times (B_3 + B_8) + 8B_1^2 B_2 (B_3 + B_8)^2 + 4B_1 B_5^2 (B_3 + B_8)^2 + 4a^2 B_2 B_5^2 \times \\
& \times (B_6^2 - 2B_2 B_8) + \alpha^4 \beta^6 (4B_1^2 B_4 (B_3^2 + 2B_3 B_8 + B_8 (2B_4 + B_8)) + \\
& + a^2 (4a^2 B_2^3 B_6^2 + 8a^2 B_2^4 B_8 - 2aB_2^2 B_5 (5B_3 B_6 + (5B_6 + 8B_7) B_8) + 2B_2 B_5 \times \\
& \times (B_3^2 B_5 + 4aB_6^2 B_7 + 2B_3 B_5 B_8 + B_5 B_8 (B_8 - 2B_4))) + \\
& + B_5^2 (2B_4 B_6^2 - 3B_7 (B_3 B_6 + B_8 (B_6 - 4B_7)))) 8a^2 b^6 + 2aB_1 (4aB_2^2 (B_3^2 + \\
& + 2B_3 B_8 + B_8 (4B_4 + B_8)) + B_5 (4B_3^2 B_7 + B_8 (4B_7 B_8 - 4B_4 (5B_6 + 8B_7)) + \\
& + B_3 (8B_7 B_8 - 5B_4 B_6))) + 2aB_2 (2B_4 B_6^2 - B_7 (5B_3 B_6 + (5B_6 + 4B_7) B_8))) + \\
& + \alpha^2 \beta^8 16ab^8 (4a^2 B_2^2 B_4 B_6^2 + 2B_1 B_4^2 B_6^2 + 8a^2 B_2^3 B_4 B_8 + 8B_1 B_2 B_4^2 B_8 - \\
& - 8B_1 B_4 B_7^2 B_8 + B_5 (4B_3^2 B_7 + B_8 (4B_7 B_8 - 4B_4 (5B_6 + 8B_7)) + \\
& + B_3 (8B_7 B_8 - 5B_4 B_6))) + 2aB_2 (2B_4 B_6^2 - B_7 (5B_3 B_6 + (5B_6 + 4B_7) B_8))) + \\
& + \alpha^2 \beta^8 16ab^8 (4a^2 B_2^2 B_4 B_6^2 + 2B_1 B_4^2 B_6^2 + 8a^2 B_2^3 B_4 B_8 + 8B_1 B_2 B_4^2 B_8 - \\
& - 8B_1 B_4 B_7^2 B_8 + 8aB_5 B_7^3 B_8 - 5aB_2 B_4 B_5 B_6 (B_3 + B_8) - 10a^2 B_2^2 \times \\
& \times B_6 B_7 (B_3 + B_8) - 10B_1 B_4 B_6 B_7 (B_3 + B_8) - 3aB_5 B_6 B_7^2 (B_3 + B_8) + \\
& + 2a^2 B_2^3 (B_3 + B_8)^2 + 4B_1 B_2 B_4 (B_3 + B_8)^2 + 4aB_2 B_5 B_7 (B_3 + B_8)^2 + \\
& + 4B_1 B_7^2 (B_3 + B_8)^2 + 4aB_7 (B_4 B_5 + aB_2 B_7) (B_6^2 - 2B_2 B_8)) + \\
& + \beta^{10} 32b^{10} (B_2 B_4^2 B_6^2 + 2B_2^2 B_4^2 B_8 + 2B_7^4 B_8 - 5B_2 B_4 B_6 B_7 (B_3 + B_8) - B_6 \times \\
& \times B_7^3 (B_3 + B_8) + B_2^2 B_4 (B_3 + B_8)^2 + 2B_2 B_7^2 (B_3 + B_8)^2 + 2B_4 B_7^2 (B_6^2 - 2B_2 B_8)), \\
Q &= \alpha^8 a^{10} (16B_1^2 B_2^2 - 8B_1 B_2 B_5^2 + B_5^4) + \alpha^6 \beta^2 8a^7 b^2 (4B_1 B_2 - B_5^2) \\
& (a^2 B_2^2 + B_1 B_4 - aB_5 B_7) + \alpha^4 \beta^4 8a^4 b^4 (2a^4 B_2^4 + 2B_1^2 B_4^2 - 4aB_1 B_4 B_5 B_7 + \\
& + 3a^2 B_5^2 B_7^2) + \alpha^2 \beta^6 32a^3 b^6 (B_2 B_4 - B_7^2) (a^2 B_2^2 + B_1 B_4 - aB_5 B_7) - \\
& - 4a^2 B_2^2 (aB_5 B_7 - 2B_1 B_4) - a^2 B_2 (B_4 B_5^2 + 4B_1 B_7^2) + \beta^{10} 16a^2 b^8 (B_7^2 - B_2 B_4)^2.
\end{aligned}$$

Оптимальные управляющие воздействия для фиксированных α и β будут

$$u_i^0(\tau, \alpha, \beta) = \frac{1}{\rho_0^2(\alpha, \beta)} h_i^0(\tau, \alpha, \beta), \quad i = 1, 2. \quad (2.9)$$

При управляющих воздействиях (2.9) значение квадрата функционала (1.5) будет

$$\chi^2 [u_1^0(\alpha, \beta), u_2^0(\alpha, \beta)] = \frac{1}{\rho_0^2(\alpha, \beta)}. \quad (2.10)$$

3. Пусть $t_0 = 0$, $t_1 = \frac{\pi}{2}$, $a = 1$, $b = 0,2$. Начальное и конечное состояния фазового вектора выберем в следующем виде: $x(0) = (0, 2; -0, 2; 1)$, $x\left(\frac{\pi}{2}\right) = (0; 0; 0)$.

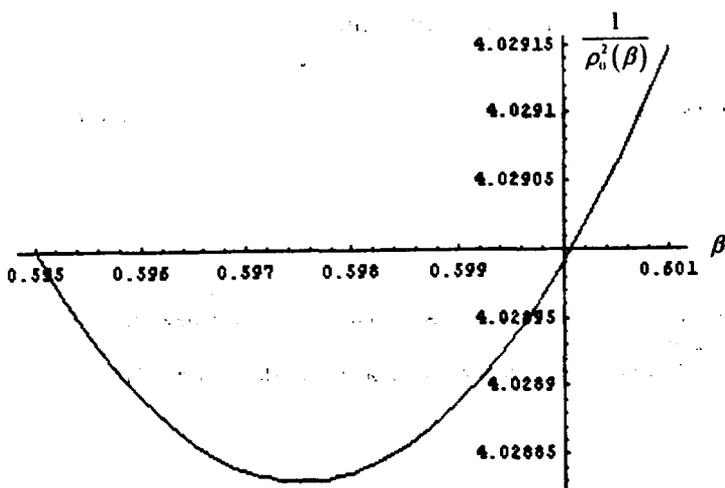
При $\alpha = 0$ получим

$$l_1^0 \approx \frac{5\beta^2(25,9\beta^2 - 32)}{32 - 32\beta^2 + 10,7\beta^4}, \quad l_2^0 \approx -\frac{20\beta^2(1,42\beta^2 - 6,28)}{32 - 32\beta^2 + 10,7\beta^4}, \quad l_3^0 = 1, \\ \rho_0^2(\beta) \approx \frac{6434\beta^2 - 23978\beta^4 + 33745\beta^6 - 19843\beta^8 + 4116\beta^{10}}{4096 - 8192\beta^2 + 6834\beta^4 - 2738\beta^6 + 458\beta^8}. \quad (3.1)$$

С учетом (3.1) для минимума (2.10) имеем

$$\chi^2 [u_1^0(0, \beta^0), u_2^0(0, \beta^0)] = \min_{\beta \in [0; 1]} \frac{1}{\rho_0^2(\beta)} \approx 4,028848,$$

где $\beta^0 \approx 0,5975$. График функции $\frac{1}{\rho_0^2(\beta)}$, где $\rho_0^2(\beta)$ определяется формулой (3.1), имеет следующий вид:



Для оптимальных управляющих воздействий получаем

$$u_1^0(\tau, 0, \beta^0) = 0, \quad u_2^0(\tau, 0, \beta^0) = 1,5155 + 0,892 \cos \tau - 0,905 \sin \tau.$$

Рассмотрим систему уравнений

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2, \\ \dot{x}_2 &= -ax_1 + bx_3, \\ \dot{x}_3 &= u \end{aligned} \quad (3.2)$$

с функционалом

$$\chi[u] = \left(\int_{t_0}^{t_1} u^2 d\tau \right)^{1/2}. \quad (3.3)$$

Учитывая условия, приведенные в начале этого пункта, получим минимальное значение квадрата функционала

$$\chi^2[u^0] = 5,4588.$$

Теперь, рассматривая вместо системы (1.4) систему

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2, \\ \dot{x}_2 &= -ax_1 + bx_3 + V_1, \\ \dot{x}_3 &= V_2 \end{aligned} \quad (3.4)$$

с функционалом

$$\chi[V] = \left(\int_{t_0}^{t_1} (V_1^2 + V_2^2) d\tau \right)^{1/2}, \quad (3.5)$$

при тех же условиях получим минимальное значение квадрата (3.5)

$$\chi^2[V_1^0, V_2^0] = 16,2865.$$

Рассмотренные числовые примеры показывают, что минимизация квадрата критерия качества по параметру β приводит к более низкому значению этого критерия. Этот факт указывает на важное практическое значение оптимальных управляющих воздействий, выбранных по приоритетному принципу.

Кафедра теоретической механики

Поступила 05.11.2004

ЛИТЕРАТУРА

1. Суслов Г.К. Теоретическая механика. 3-е изд. М.: Гостехиздат, 1946.
2. Габриелян М.С., Барсегян В.Р. VIII международный семинар памяти Е.С.Пятницкого. Тез. докладов. М., 2004, с. 36-37.
3. Красовский Н.Н. Теория управления движением. М.: Наука, 1968, 476 с.

Վ. Ռ. ԲԱՐՍԵԳՅԱՆ, Վ. Ս. ՉԼԻՆԳԱՐՅԱՆ

ԳՐԱՎԻՏԱՑԻՈՆ ԴԱՇՏՈՒՄ ՓՈՓՈԽԱԿԱՆ ԶԱՆԳՎԱԾՈՎ
ՆՅՈՒԹԱԿԱՆ ԿԵՏԻ ԸԱՐԺՄԱՆ ՕՊՏԻՄԱԼ ԴԵԿԱՎԱՐՄԱՆ ՄԻ
ԽՆԴՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ամփոփում

Դիտարկված է գրավիտացիոն դաշտում փոփոխական զանգվածով նյութական կետի շարժման դեկավարման համար ըստ կարևորության

օպտիմալ ղեկավարող ազդեցությունների ընտրության խնդիր: Ստացված արդյունքների օգտագործմամբ թվային օրինակով ցույց է տրված, որ որակի հայտանիշի ըստ կարևորության մինիմալացումը նրան տալիս է ավելի փոքր արժեք, քան սովորական իմաստով մինիմալացումը:

V. R. BARSEGHYAN, G. S. CHLINGARYAN

ABOUT ONE TASK OF OPTIMAL CONTROL OF VARIABLE-MASS PARTICLE MOTION IN GRAVITATIONAL FIELD

Summary

A task of priority selection of optimal control actions for control of variable-mass particle motion in gravitational field is discussed. On the basis of obtained results, it is shown by a numerical example that the quality criterion minimization on priority principle results in less value of quality criterion than the minimization in the usual sense.

УДК 535.13

А. Е. БАБАЯН

О ПРИРОДЕ ВОЗРАСТАНИЯ НЕЛИНЕЙНОГО ОПТИЧЕСКОГО ОТКЛИКА ОТ ШЕРОХОВАТОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Рассмотрены условия сверхфокусировки поверхностных плазмон-поляритонов (ППП) в системе двух соприкасающихся конусов, где один из них – металл, а другой – диэлектрик с большим показателем преломления. Выявлены закономерности роста волновых полей ППП в зависимости от параметров системы.

Рассмотренное явление позволяет предложить более простые пути экспериментального исследования процесса аномального возрастания оптического нелинейного отклика от поверхности.

Введение. Исследование поверхности не может быть полным без анализа полученного от нее нелинейного оптического отклика. Примечательно, что на поверхности кристалла нарушается его симметрия. Это позволяет обнаружить нелинейные явления, которые не наблюдаются внутри кристалла.

Особый интерес представляет изучение нелинейного оптического отклика, полученного от молекул адсорбированных на поверхности металла. Оказывается, что этот отклик существенно возрастает при наличии на поверхности шероховатостей определенного типа. В частности, максимальное усиление регистрируется, когда поверхность серебра или золота покрыта шарами нанометрических размеров из того же материала. Эксперименты показывают, что в этом случае по сравнению с плоской поверхностью рамановское рассеяние может возрасти в 10^6 раз, а генерация второй гармоники – в 10^4 раз [1–5].

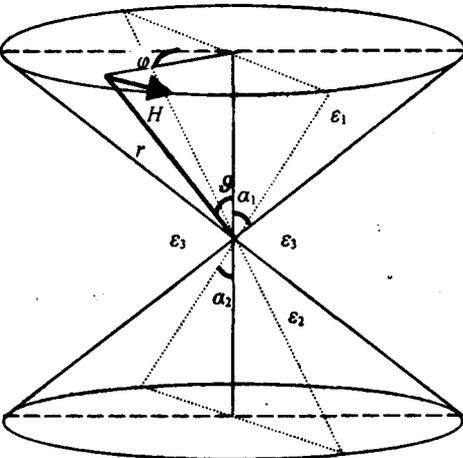
Поскольку это явление регистрируется исключительно на шероховатых поверхностях золота или серебра, то можно заключить, что оно обусловлено возбуждением поверхностных плазмон-поляритонов (ППП). Это происходит потому, что в этих металлах электронные диссипационные потери относительно невелики, что создает благоприятные условия для формирования ППП. Можно предположить, что характерные для ППП волновые поля аномально возрастают на шероховатостях поверхности.

Теоретический анализ показывает, что в ходе распространения ППП по геометрическим структурам определенного типа длина волны может существенно уменьшаться. Тогда дифракционные процессы не препятствуют лока-

лизации волны в нанометрических размерах, и в результате аномально возрастают волновые поля [6–8]. Это так называемое явление сверхфокусировки ППП в частности реализуется в системах соприкасающихся шаров или конусообразных вершин. Когда угол раствора одного из соприкасающихся конусов стремится к π , или радиус одного из шаров стремится к бесконечности, то исследуемое явление может служить основой для объяснения гигантского роста нелинейного отклика от шероховатой поверхности [9].

Так как нелинейный отклик от металлов слаб, то в описанных опытах необходимо наличие дополнительных адсорбированных молекул. В настоящей работе будет показано, что можно зарегистрировать гигантское усиление нелинейного сигнала при замене металлических шаров диэлектрическими наночастицами, обладающими нелинейными свойствами. Тогда нет необходимости в наличии дополнительных адсорбированных атомов и экспериментальное исследование существенно упрощается.

Теоретическая часть. В настоящей работе рассматривается возможность сверхфокусировки ППП в системе двух соприкасающихся конусов (см. рисунок), где один из них – металл, а другой – диэлектрик с большим показателем преломления.



Обозначим диэлектрические проницаемости диэлектрического конуса через ϵ_1 , металлического конуса – ϵ_2 , а окружающей среды – ϵ_3 . Полагаем, что в сферической системе координат (r, ϑ, φ) отлична от нуля только φ -компонента магнитного поля H_φ , для которого волновое уравнение можно представить в виде:

$$\frac{\partial^2 H_\varphi}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial H_\varphi}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \left[\frac{\partial^2 H_\varphi}{\partial \vartheta^2} + \frac{\cos \vartheta}{\sin \vartheta} \frac{\partial H_\varphi}{\partial \vartheta} - \frac{H_\varphi}{\sin^2 \vartheta} \right] + \epsilon_j \frac{\omega^2}{c^2} H_\varphi = 0, \quad j=1,2,3. \quad (1)$$

Задача решается методом разделения переменных. Решение будем искать в виде

$$H_\varphi = R(r) \Psi(\vartheta) e^{i\omega t}. \quad (2)$$

Подставив (2) в (1), для $R(r)$ и $\Psi(\vartheta)$ получим следующие уравнения:

$$\frac{d^2 R}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{dR}{dr} + \left(\frac{\eta^2}{r^2} + \epsilon_j \frac{\omega^2}{c^2} \right) R = 0, \quad (3)$$

$$\frac{d^2 \Psi}{d\vartheta^2} + \frac{\cos \vartheta}{\sin \vartheta} \frac{d\Psi}{d\vartheta} - \left(\eta^2 + \frac{1}{\sin^2 \vartheta} \right) \Psi = 0, \quad (4)$$

где $\eta (\eta \gg 1)$ – коэффициент разделения, ω – частота волны, c – скорость света.

При условии

$$\frac{\eta^2}{r^2} \gg |\varepsilon_j| \frac{\omega^2}{c^2} \quad (5)$$

решение (3) принимает вид:

$$R(r) = r^{-1/2} \exp \left[i \int_{r_0}^r k(r') dr' \right], \quad k(r) = \frac{\sqrt{\eta^2 - 1/4}}{r} \approx \frac{\eta}{r}. \quad (6)$$

Полагаем, что решение (4) существенно отлично от нуля в непосредственной окрестности угла $\vartheta = \frac{\pi}{2}$. Переходя в (4) к новой переменной

$x = \vartheta - \frac{\pi}{2}$ ($|x| \ll 1$), разлагая в ряд значения $\sin x$ и $\cos x$ и оставляя члены первой степени малости, получим

$$\frac{d^2 \Psi}{dx^2} - x \frac{d\Psi}{dx} - \eta^2 \Psi = 0. \quad (7)$$

Решение уравнения (7) имеет следующий вид:

$$\Psi(x) = C \exp(\pm \eta x). \quad (8)$$

В результате получаем следующее решение уравнения (1):

$$H_\varphi(r, \vartheta) = H_{\varphi 0} r^{-1/2} \exp \left(\pm \eta \left(\vartheta - \frac{\pi}{2} \right) \right) \exp \left[i \int_{r_0}^r k(r') dr' \right] \exp(i\omega t). \quad (9)$$

Для компоненты магнитного поля получим

$$H_{\varphi 1}(r, \vartheta) = A r^{-1/2} \exp \left(\eta \left(\vartheta - \frac{\pi}{2} \right) \right) \exp \left[i \int_{r_0}^r k(r') dr' \right] \exp(i\omega t), \quad 0 \leq \vartheta \leq \alpha_1; \quad (10)$$

$$H_{\varphi 2}(r, \vartheta) = r^{-1/2} \left\{ B \exp \left(\eta \left(\vartheta - \frac{\pi}{2} \right) \right) + C \exp \left(-\eta \left(\vartheta - \frac{\pi}{2} \right) \right) \right\} \exp \left[i \int_{r_0}^r k(r') dr' \right] \exp(i\omega t), \\ \alpha_1 \leq \vartheta \leq \pi - \alpha_2; \quad (11)$$

$$H_{\varphi 3}(r, \vartheta) = D r^{-1/2} \exp \left(-\eta \left(\vartheta - \frac{\pi}{2} \right) \right) \exp \left[i \int_{r_0}^r k(r') dr' \right] \exp(i\omega t), \quad \pi - \alpha_2 \leq \vartheta \leq \pi. \quad (12)$$

С помощью уравнений Максвелла для компонент электрического поля получим:

$$E_{r1}(r, \vartheta) = -\frac{i\eta A}{\varepsilon_1 \omega r^{3/2}} \exp \left(\eta \left(\vartheta - \frac{\pi}{2} \right) \right) \exp \left[i \int_{r_0}^r k(r') dr' \right] \exp(i\omega t), \quad 0 \leq \vartheta \leq \alpha_1; \quad (13)$$

$$E_{r2}(r, \vartheta) = -\frac{i\eta}{\varepsilon_3 \omega r^{3/2}} \left\{ B \exp \left(\eta \left(\vartheta - \frac{\pi}{2} \right) \right) - C \exp \left(-\eta \left(\vartheta - \frac{\pi}{2} \right) \right) \right\} \exp \left[i \int_{r_0}^r k(r') dr' \right] \exp(i\omega t), \\ \alpha_1 \leq \vartheta \leq \pi - \alpha_2; \quad (14)$$

$$E_{r3}(r, \vartheta) = \frac{i\eta D}{\varepsilon_2 \omega r^{3/2}} \exp \left(-\eta \left(\vartheta - \frac{\pi}{2} \right) \right) \exp \left[i \int_{r_0}^r k(r') dr' \right] \exp(i\omega t), \quad \pi - \alpha_2 \leq \vartheta \leq \pi. \quad (15)$$

Для граничных условий имеем:

$$E_{r1}(r, \alpha_1) = E_{r2}(r, \alpha_1), \quad (16)$$

$$H_{\varphi 1}(r, \alpha_1) = H_{\varphi 2}(r, \alpha_1), \quad (17)$$

$$E_{r2}(r, \pi - \alpha_2) = E_{r3}(r, \pi - \alpha_2), \quad (18)$$

$$H_{\varphi 2}(r, \pi - \alpha_2) = H_{\varphi 3}(r, \pi - \alpha_2). \quad (19)$$

Отсюда получается следующее дисперсионное соотношение:

$$\eta = \frac{1}{2(\pi - \alpha_1 - \alpha_2)} \ln \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_3)(\varepsilon_2 - \varepsilon_3)}{(\varepsilon_1 + \varepsilon_3)(\varepsilon_2 + \varepsilon_3)} \quad (20)$$

или

$$th(\eta(\pi - \alpha_1 - \alpha_2)) = -\frac{\varepsilon_3(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)}{\varepsilon_3^2 + \varepsilon_1\varepsilon_2}. \quad (21)$$

В пределе $\alpha_2 = \frac{\pi}{2}$, и из (21) получим дисперсионное соотношение для ППП в системе диэлектрический конус–металлическая поверхность:

$$th\left(\eta\left(\frac{\pi}{2} - \alpha_1\right)\right) = -\frac{\varepsilon_3(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)}{\varepsilon_3^2 + \varepsilon_1\varepsilon_2}. \quad (22)$$

Из полученных результатов видно, что распространение ППП в этих структурах имеет следующие особенности: во-первых, при $r \rightarrow 0$ волновое число ППП возрастает по закону η/r , и, следовательно, длина волны неограниченно уменьшается, во-вторых, в этом случае дифракционные процессы не препятствуют локализации волны. В результате магнитное (H_φ) и электрическое (E_r) поля возрастают соответственно по закону $H \sim r^{-1/2}$ и $E \sim r^{-3/2}$.

Из полученных соотношений для компонент поля видно, что для сильной локализации волны необходимо выполнение условия $\eta \gg 1$, а из дисперсионного соотношения (20) следует, что сверхфокусировку ППП можно наблюдать при условии

$$\frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_3)(\varepsilon_2 - \varepsilon_3)}{(\varepsilon_1 + \varepsilon_3)(\varepsilon_2 + \varepsilon_3)} > 1. \quad (23)$$

Это условие выполняется в различных физических ситуациях.

В случае двух соприкасающихся конусов, когда $\varepsilon_1 < 0$, $\varepsilon_2 < 0$, сверхфокусировка ППП возможна при условии $|\varepsilon_1|, |\varepsilon_2| > 1$ или $|\varepsilon_1|, |\varepsilon_2| < 1$. Первое из указанных условий в эксперименте легче реализовать, так как модули диэлектрических проницаемостей как для золота, так и для серебра значительно превосходят диэлектрическую проницаемость окружающей систему газовой среды. Именно эта модель позволяет объяснить гигантское возрастание рамановского рассеяния и генерацию второй гармоники в экспериментах [10, 11].

С точки зрения экспериментальных исследований определенный интерес представляет возможность наблюдения сверхфокусировки ППП в случае,

когда один из соприкасающихся конусов – диэлектрик ($\varepsilon_1 > 0$). Из (20) следует, что гигантское возрастание волновых полей может иметь место также в случае $\varepsilon_3 < |\varepsilon_2| < \varepsilon_1$.

Если диэлектрик обладает нелинейными оптическими свойствами, то исчезает необходимость в адсорбированных молекулах. Тогда, покрывая плоскую поверхность металла диэлектрическими частицами нанометрических размеров, можем существенно увеличить нелинейный отклик от поверхности.

В эксперименте при длине волны падающего света $\lambda = 0,59 \mu\text{м}$ (лазер на красителе родамин 6G) в качестве металлической поверхности может выступать золото ($\varepsilon_2 = -8,2$), а в качестве диэлектрика – GaP ($\varepsilon_1 = 11,34$), который обладает большой нелинейной проницаемостью [12].

Заключение. Таким образом, сильная локализация ППП и аномальное возрастание волновых полей возможны не только в окрестности точки соприкосновения металлических сред, но также и в окрестности точки соприкосновения металл–диэлектрик (или полупроводник). Это позволяет использовать более простые экспериментальные схемы для исследования нелинейного отклика от поверхности, так как диэлектрик может взять на себя также функции нелинейной среды.

Кафедра радиофизики сверхвысоких частот и телекоммуникаций

Поступила 25.02.2005

ЛИТЕРАТУРА

1. Raether H. Surface Plasmons on Smooth and Rough Surfaces and on Gratings. Berlin: Springer-Verlag, 1988.
2. Mills D.L., Maradudin A.A. – Phys. Rev. Lett., 1973, v. 31, p. 372.
3. Babajanyan A.J., Margaryan N.L., Nerkararyan Kh.V. – J. Appl. Phys., 2000, v. 89, № 8, p. 3785.
4. Beckmann P., Spizzichino A. Scattering of electromagnetic waves from rough surface. London: Pergamon press, 1963.
5. Babajanyan A.J., Haroutyunyan S.V., Nerkararyan Kh.V. – Spie-Proc., 2000, v. 4060, p. 142.
6. Chang R.K., Furtak T.E. Surface Enhanced Raman Scattering. New York: Plenum, 1982.
7. Nerkararyan Kh.V. – Phys. Lett. A, 1997, v. 237, p. 103.
8. Garcia-Vidal F.J., Pendry J.B. – Phys. Rev. Lett., 1996, v. 77, p. 1163.
9. Jha S.S., Kirtley J.R. and Tsang J.C. – Phys. Rev. B, 1980, v. 22, p. 3973.
10. Janunts N.A., Bagdasaryan K.S., Nerkararyan Kh.V. – Phys. Lett. A, 2000, v. 269, p. 257–260.
11. Lalayan A.A., Bagdasaryan K.S., Petrosyan P.G., Nerkararyan Kh.V. – J. Appl. Phys., 2002, v. 91, p. 2965–2968.
12. Блистанов А.А., Бандаренко В.С. и др. Акустические кристаллы. М.: Наука, 1982.

ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ՈՉ ԳԾԱՅԻՆ ԱՐՉԱԳԱՆՔԻ ԱՃԸ ՄԱԿԵՐԵՎՈՒԹԱՅԻՆ
ԱՆՀԱՐԹՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻՑ

Ամփոփում

Հետազոտվել են մակերևութային պլազմոն-պոլյարիտոնների (ՄՊՊ) գերֆոկուսացման պայմանները երկու հպվող կոներից կազմված համակարգում, երբ կոներից մեկը մետաղ է, մյուսը՝ մեծ բեկման ցուցիչով դիէլեկտրիկ: Բացահայտվել են ՄՊՊ-ի ալիքային դաշտերի աճի օրինաչափությունները՝ կախված համակարգի բնութագրիչներից: Դիտարկվող երևույթը հնարավորություն է տալիս փորձարարական ուղիներ առաջարկել մակերևութից ստացվող օպտիկական ոչ գծային արձագանքի անոմալ աճը հետազոտելու համար:

A. E. BABAYAN

ABOUT THE NATURE OF THE ENHANCEMENT OF THE NONLINEAR
OPTICAL RESPONSE FROM ROUGH SURFACE

Summary

It is treated the superfocusing conditions of the surface plasmon polaritons (SPPs) in the system of two touching cones, when one of the cones is of metal and the other is a semiconductor. It is discovered the regularities of increasing of wave fields SPPs depending on the parameters of system. The considering phenomena give possibility to propose the experimental way for exploring the anomalous enhancement of the nonlinear optical response from rough surface.

Физика

УДК 621.382

Е. Г. ЗАРГАРЯН, А. И. ВАГАНЯН, Н. П. АРУТЮНЯН, Э. В. АГАБАБЯН,
К. Г. БЕГОЯН, Э. А. МУГНЕЦЯН, А. Р. ОГАНЕСЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФТОРИРОВАНИЯ НА СВЕРХПРОВО- ДЯЩИЕ СВОЙСТВА $YBa_2Cu_3O_y$

Синтезированы сверхпроводящие керамические образцы в системе $Y-Ba-Cu-O$ с различным содержанием фтора. Установлено, что даже слабое допирование $YBa_2Cu_3O_{y-x}F_x$ фтором ($x=0,05$) повышает критическую температуру перехода в сверхпроводящее состояние на $10-12K$, что проявляется на температурной зависимости коэффициента теплопроводности $\lambda(T)$.

Полученные данные можно интерпретировать возникновением акцепторных уровней в запрещенной зоне и наличием дырок в валентной зоне $YBa_2Cu_3O_y$ при его легировании фтором, что повышает температуру «спаривания» носителей заряда.

Допирование высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) представляет большой интерес в связи с попыткой изменения их физико-химических свойств и для понимания механизма сверхпроводимости путем выявления различных структурных изменений.

Имеется большое количество работ, посвященных допированию ВТСП путем замещения ионов, находящихся в катионной подрешетке [1-3]. Гораздо меньше сведений имеется об исследованиях, в которых делаются попытки произвести допирование анионной подрешетки ВТСП. В работах [4, 5] изучено такое допирование путем галогенирования иттрий-бариевого купрата ($YBa_2Cu_3O_y$, $y \sim 6,8$) хлором, бромом и йодом. Было показано, что во всех синтезируемых соединениях при замене кислорода на галоген наблюдается понижение температуры перехода в сверхпроводящее состояние (T_c). Было также установлено, что в галогенированных соединениях происходит не замещение кислорода на галоген, а внедрение галогена в решетку $YBa_2Cu_3O_y$ в результате окислительно-восстановительной топотаксиальной реакции и локализации галогенов в системе связанных вакантных позиций в $Cu(1)$ -слое.

Интерес к изучению галогенсодержащих ВТСП обусловлен еще и тем, что предполагаемый в ряде работ [6, 7] механизм возникновения высокотемпературной сверхпроводимости в слоистых окисных системах был связан с появлением дырок в кислородной подрешетке $YBa_2Cu_3O_y$, в результате чего

появлялась возможность изменения T_C при изоморфном замещении атомов кислорода атомами галогена. Отметим, что под изоморфизмом понимается способность химически и геометрически близких атомов или ионов замещать друг друга в кристаллической решетке. Согласно критерию Гольдшмита, изоморфное замещение происходит тогда, когда разность ионных радиусов замещаемого и замещающего ионов не превышает 15%. Между тем, ионные радиусы хлора ($r_{Cl^-} = 1,81 \text{ \AA}$), брома ($r_{Br^-} = 1,96 \text{ \AA}$) и йода ($r_{I^-} = 2,2 \text{ \AA}$) примерно на 50% превышают ионный радиус кислорода ($r_{O^{2-}} = 1,36 \text{ \AA}$). Очевидно, по этой причине в вышеуказанных соединениях не имело место изоморфное замещение кислорода на галоген. Лишь фтор является единственным галогеном, для которого соблюдается необходимое условие изоморфного замещения (примерное равенство ионных радиусов и близкий характер химической связи).

Фторирование $YBa_2Cu_3O_y$ -керамики в ромбической, а также в тетрагональной фазе методом твердофазного синтеза изучено в работах [8–12]. Однако результаты этих исследований неоднозначны и невоспроизводимы. Так, например, в работе [8] сообщается о возрастании T_C до 155 K , а в работе [9] – о понижении на $20\text{--}25 \text{ K}$. Более или менее воспроизводимые результаты получены на образцах, синтезированных методом газофазного фторирования порошков $YBa_2Cu_3O_y$ [11, 12], но в этом случае возрастание T_C (выше 92 K) не наблюдалось.

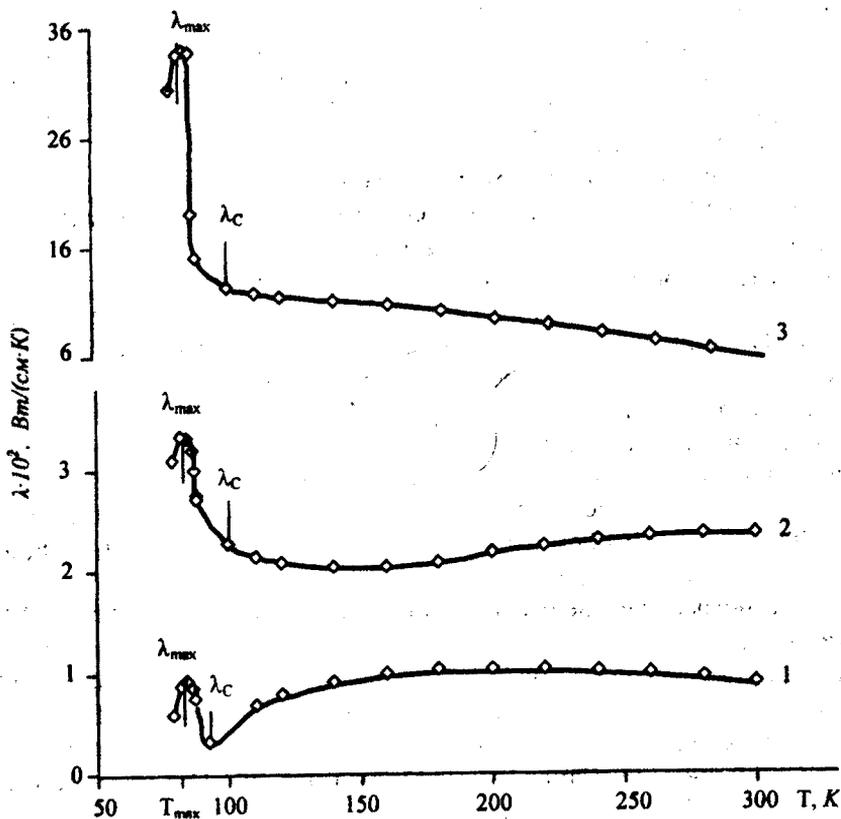
В связи с вышесказанным в настоящей работе предпринята попытка фторирования $YBa_2Cu_3O_y$ методом твердофазного синтеза и изучения сверхпроводящих свойств полученных образцов.

Образцы и методика измерений. Образцы $YBa_2Cu_3F_xO_y$ были приготовлены методом твердофазного синтеза в воздухе из смеси порошков Y_2O_3 , $BaCO_3$, CuO и BaF_2 . Первоначально исходные компоненты в соответствующих количествах тщательно перемешивались и затем подвергались кальцинированию при температуре 800°C в течение 15 часов. Далее образцы охлаждались до комнатной температуры в течение 14 часов. Кальцинированный порошок измельчался, из него спрессовывались таблетки, которые отжигались при разных температурах ($900\text{--}950^\circ \text{C}$) в зависимости от содержания фтора. Указанным способом были синтезированы образцы $YBa_2Cu_3F_xO_y$, где $x=0; 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$.

Рентгенографические исследования проводились на установке ДРОН-3. Идентификация образцов показала, что все они однофазны и имеют ромбическую кристаллическую структуру с параметрами элементарной ячейки (в \AA): $a=3,823 \pm 0,002$; $b=3,385 \pm 0,002$; $c=11,676 \pm 0,003$, как и у $YBa_2Cu_3O_y$.

T_C определялась из температурной зависимости коэффициента теплопроводности $\lambda(T)$. Измерение $\lambda(T)$ образцов ВТСП в интервале температур $77\text{--}300 \text{ K}$ проводилось стационарным методом одноосного теплового потока, точность и воспроизводимость которого обеспечивались строгим учетом тепловых потерь и падения температуры в приконтактных слоях [13, 14]. Перепад температур вдоль образца ($\approx 1 \text{ K}$) измерялся термопарой медь-константан. При целесообразном выборе размеров образца погрешность измерений составляла 3–5%.

Обсуждение результатов. Измерения коэффициента теплопроводности $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{F}_x\text{O}_y$ показали существование четко выраженного максимума на кривых $\lambda(T)$ при температуре $T_{\text{max}} < T_c$ (см. рисунок). Максимальное значение λ приходится на температуру $T_{\text{max}} \approx 88\text{K}$, причем это значение практически одинаково для всех образцов с различным содержанием фтора. Зависимости $\lambda(T)$ при $T > T_{\text{max}}$ можно условно разделить на два участка. На первом участке, где $T_{\text{max}} < T < T_c$, коэффициент теплопроводности убывает с ростом температуры. На втором участке при температурах $T > T_c$ он практически постоянен. Зависимость $\lambda(T)$ такого типа характерна для всех однофазных образцов $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{F}_x\text{O}_y$. Кривая зависимости $\lambda(T)$ для нелегированного образца ($x=0$) по форме совпадает с большей частью кривых, известных в литературе [напр., 4], а что касается количественных оценок λ , то они значительно расходятся. Основная причина разброса данных – различная объемная пористость образцов. Известно, что с увеличением пористости теплопроводность убывает в связи с возникновением дополнительного механизма рассеяния фононов на порах [15].



Зависимость коэффициента теплопроводности $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{F}_x\text{O}_y$ от температуры:
1) $x=0$; 2) $x=0,1$; 3) $x=0,5$.

На рисунке видно также, что с увеличением содержания фтора в образце $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{F}_x\text{O}_y$ происходит возрастание более чем на порядок абсо-

лютой величины λ , что обусловлено, очевидно, уменьшением пористости образцов по мере увеличения в них содержания фтора. Нами установлено, что такое уменьшение пористости образцов $YBa_2Cu_3F_xO_y$ (от 30 до 18%) действительно имело место, и поэтому одной из главных среди прочих причин повышения роста теплопроводности следует считать это обстоятельство.

Кроме того, с ростом x наблюдается также увеличение высоты «пика» (λ_{\max}) на кривых $\lambda(T)$ (см. рисунок).

Возникновение максимума коэффициента теплопроводности ВТСП-керамики на основе иттрия при $T < T_C$ и высота «пика» обычно связаны с конкуренцией в процессах рассеяния фононов на носителях заряда, на точечных дефектах и на фононах (ангармонизм). В соответствии с наиболее распространенной гипотезой [15], рост λ при $T < T_C$ ($\lambda \sim T^{-n}$, $n=1, 2, 3$) и наличие его максимума можно, как и для $YBa_2Cu_3O_y$, интерпретировать уменьшением рассеяния фононов на носителях заряда вследствие их спаривания («вымерзания»).

Коэффициент теплопроводности при уменьшении температуры в интервале $T_{\max} < T < T_C$ растет за счет увеличения длины свободного пробега фононов. При $T < T_{\max}$ снижение λ происходит по степенному закону $\lambda \sim T^n$ в результате «вымораживания» фононов (за исключением длинноволновых) и наличия различных структурных дефектов. Средняя длина свободного пробега фононов в этом случае становится сравнимой с размерами частиц, составляющих образец, и коэффициент теплопроводности оказывается пропорциональным удельной теплоемкости c ($c \sim T^3$). При $T > T_C$ существенную роль в рассеянии длинноволновых фононов, ответственных за перенос тепла, играют коротковолновые и оптические фононы, а также дефекты кристаллической решетки и носители заряда. Поэтому зависимость λ от температуры может иметь весьма сложный характер.

Многочисленные исследования [15–18] явлений переноса носителей в диэлектрических сверхпроводниках позволили сделать вывод о том, что решеточная составляющая теплопроводности в них является преобладающей, а вклад электронной компоненты невелик (порядка 10%). В зависимости от вклада последней величины в общее тепловое сопротивление сверхпроводящей керамики высота «пика» на кривой $\lambda(T)$ может быть различной (тем большей, чем сильнее рассеяние фононов на носителях заряда).

Выше было отмечено, что с увеличением содержания фтора в иттриевой сверхпроводящей керамике высота «пика» растет (см. рисунок). Это обстоятельство можно интерпретировать как увеличение вклада фононного рассеяния на носителях заряда, концентрация которых растет по мере допирования фтором $YBa_2Cu_3O_y$.

Анализ полученных данных позволяет заключить, что при допировании $YBa_2Cu_3O_y$ фтором кристаллическая структура и параметры решетки последней не претерпевают изменений, а происходит лишь изменение энергетического спектра синтезируемых соединений.

В заключение можно высказать некоторые соображения по механизму сверхпроводимости $YBa_2Cu_3F_xO_y$. При изоморфном замещении кислорода фтором атомы фтора располагаются упорядоченно в $Cu(1)$ -слое. Являясь сильными акцепторами электронов, атомы фтора осуществляют перенос

электронов с Cu(2)-слоя на позиции, занимаемые O^{2-} в Cu(1)-слое. Перенос заряда приводит к образованию дырок в Cu(2)-слое, что разрушает «двумерное» антиферромагнитное упорядочение.

Благодаря высокой электроотрицательности фтора и оптимальному соотношению между его ионным радиусом и размером вакансий в Cu(1)-слое атомы фтора создают определенную концентрацию дырок, разрушают антиферромагнитное упорядочение, переводя слой в парамагнитное состояние.

ЕГУ, Иджеванский филиал ЕГУ,
Международный научно-образовательный центр НАН РА

Поступила 18.03.2005

ЛИТЕРАТУРА

1. Rodriguez M.A., Navrotsky A., Licci F. – Physica, C 329, 2000, p. 88–94.
2. Li A., Ying X.N., Qi Y.B. et al. – Physica, C 341–348, 2000, p. 669–670.
3. Марков Л.К., Орлова Т.С., Песчанская Н.Н. и др. – ФТТ, 2003, т. 45, вып. 9, с. 1551–1555.
4. Немудрый А.П., Павлюхин Ю.Т., Хайновский Н.Г., Болдырев В.В. – Сверхпроводимость: физика, химия, техника, 1990, т. 3, № 7, с. 1528.
5. Mokhtari M., Perrin C., Sergent M., Furet E., Halet J.-F., Saillard J.-Y., Ressouche E., Burllet P. – Solid state Communications, 1995, v. 93, № 6, p. 487–492.
6. Yu. R.S., Yan X. et al. – Rev. Sol. State Sci., 1987, v. 1, p. 181.
7. Presswihaus M.S. – Phys. Today, 1984, v. 37, p. 60.
8. Ovchinsky S. et al. – Phys. Rev. Lett., 1987, v. 58, № 24, p. 2579–2581.
9. Vanderah T. et al. – Mat. Res. Bull., 1989, v. 24, p. 121–129.
10. Petrisor T., Giurgiu A., Pop I. – I. Of Magnetism and Magnet. Mater, 1989, v. 78, p. 427–429.
11. Tressaund A. et al. – Solid State Ionics, 1989, v. 32/33, p. 1109–1114.
12. Пуляева И.В., Ковтун Е.Д., Хирный В.Ф., Козловский А.А., Гайдук О.В. – Неорганические материалы, 1998, т. 34, № 7, с. 867–869.
13. Ваганян А.И. – Ученые записки ЕГУ, 1976, № 2, с. 60–64.
14. Ефимов В.Б., Левченко А.А., Межов–Деглин Л.П. – ФНТ, 1988, т. 14, с. 12.
15. Мерисов Б.А., Ходжай Г.Я., Обоменский М.А., Гавренко О.А. – Сверхпроводимость: физика, химия, техника, 1989, т. 2, № 4, с. 19.
16. Freeman I.I., Friedmann T.A. et al. – Phys. Rev. B, 1987, v. 36, № 16, p. 8786–8787.
17. Iezowski A., Mucha I. et al. – Phys. Lett., 1987, v. 122A, № 8, p. 431.
18. Morell D.T. et al. – Phys. Rev. B, 1987, v. 36, № 7, p. 3917–3919.

Ե. Գ. ԶԱՐԳԱՐՅԱՆ, Ա. Ը. ՎԱՀԱՆՅԱՆ, Ն. Պ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Է. Վ. ԱՂԱԲԱԲՅԱՆ,
Կ. Հ. ԲԵԳՈՅԱՆ, Է. Ա. ՄՈՒՂՆԵՅՅԱՆ, Հ. Ռ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ

ՖՏՈՐԱՑՄԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ $YBa_2Cu_3O_y$ -Ի ԳԵՐՀԱՂՈՐԴԻՉ
ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՎՐԱ

Ամփոփում

Միմթեզվել են ֆտորի տարրեր քանակություններով լեգիրացված գերհաղորդիչ կերամիկական նմուշներ $Y-Ba-Cu-O$ համակարգում:

Ցույց է տրված, որ նույնիսկ ֆտորի աննշան քանակությունը ($x=0,05$) $YBa_2Cu_3F_xO_y$ մմուշներում հանգեցնում է գերհաղորդիչ վիճակին անցման կրիտիկական ջերմաստիճանի տեղաշարժ բարձր ջերմաստիճանների տիրույթ 10–12K-ով:

Ստացված արդյունքները մեկնաբանվում են այն ենթադրությամբ, որ ֆտորով լեգիրացնելիս արգելված գոտում ակցեպտորային մակարդակների, հետևաբար և վալենտական գոտում խոռոչների առաջացումը, բարձրացնում է լիցքակիրների «զուգավորման» ջերմաստիճանը:

Y. M. ZARGARYAN, A. I. VAHANYAN, N. P. HARUTYUNYAN, E. G. AGHABABYAN,
K. H. BEGOYAN, E. A. MUGHNETSYAN, H. R. HOVHANNISYAN

THE EFFECT OF DOPING ON THE SUPERCONDUCTIVITY OF THE $YBa_2Cu_3O_y$

Summary

The superconducting ceramic samples in Y–Ba–Cu–O system with various content of fluorine are synthesized.

It is found, that even slight doping of $YBa_2Cu_3O_yF_x$ by fluorine ($x=0,05$) shifts of the superconducting transition towards high temperatures by 10–12K.

The obtained data are interpreted suggesting the generation of acceptor levels in a forbidden band and presence of holes in $YBa_2Cu_3O_y$ when doping by fluorine, that enhances the temperature of charge carrier «pairing».

УДК 537.531

А. М. РОСТОМЯН

ИССЛЕДОВАНИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ АСИММЕТРИЧНЫХ ВВВ-ИНТЕРФЕРОМЕТРОВ

Рассмотрены разные варианты рентгеновских асимметричных интерферометров с брэгговской геометрией дифракции лучей. Эти интерферометры с отражающими зеркалами и расщепителем-анализатором пучка изготовлены из моноблока кремния. Теоретически рассчитаны и экспериментально реализованы варианты ВВВ-интерферометров с оптимальной асимметричностью отражений.

Работа посвящается асимметричным вариантам рентгеновских интерферометров типа Бонзе–Харта [1–3] с брэгговской геометрией дифракции лучей и является продолжением [4]. Эти монолитные асимметричные ВВВ-интерферометры, как и их симметричные варианты, построены из моноблока кремния, обладающего весьма совершенной структурой. Интерферометр состоит из двух зеркал и расположенной между ними пластинки, служащей одновременно и расщепителем, и анализатором (в дальнейшем – расщепитель-анализатор). Отражающие поверхности таких ВВВ-интерферометров можно разрезать под разными углами φ по отношению к отражающим плоскостям и получить разные варианты асимметричных ВВВ-интерферометров.

Целью данной работы является нахождение зависящего от длины волны оптимального угла асимметричности φ для максимальной трансмиссии в брэгговской геометрии [1].

Общая рентгенооптическая схема двух из таких асимметричных ВВВ-интерферометров, сконструированных в одном моноблоке с диаметром 100мм, представлена на рис. 1. Здесь же показан рентгенооптический ход лучей, производящих брэгговскую трансмиссию (Т) и отражение (R) в обоих (а и б) интерферометрах. Интенсивности интерферирующих Н-пучков, образованных путем TRT и RRR, значительно отличаются, а интенсивности О-пучков – RRT и TRR – равные и тем самым могут обеспечить приемлемый контраст для интерференционной картины. В случае идеальной геометрии интерферометра последовательность трансмиссий и отражений является несущественной.

Два канала между расщепителем и зеркалом, а также между зеркалом и анализатором в этих двух ВВВ-интерферометрах имеют идентичную ширину, равную 9мм. Изображение изготовленных и апробированных ВВВ-интерферометров на основе одного моноблока кремния представлено на рис. 2.

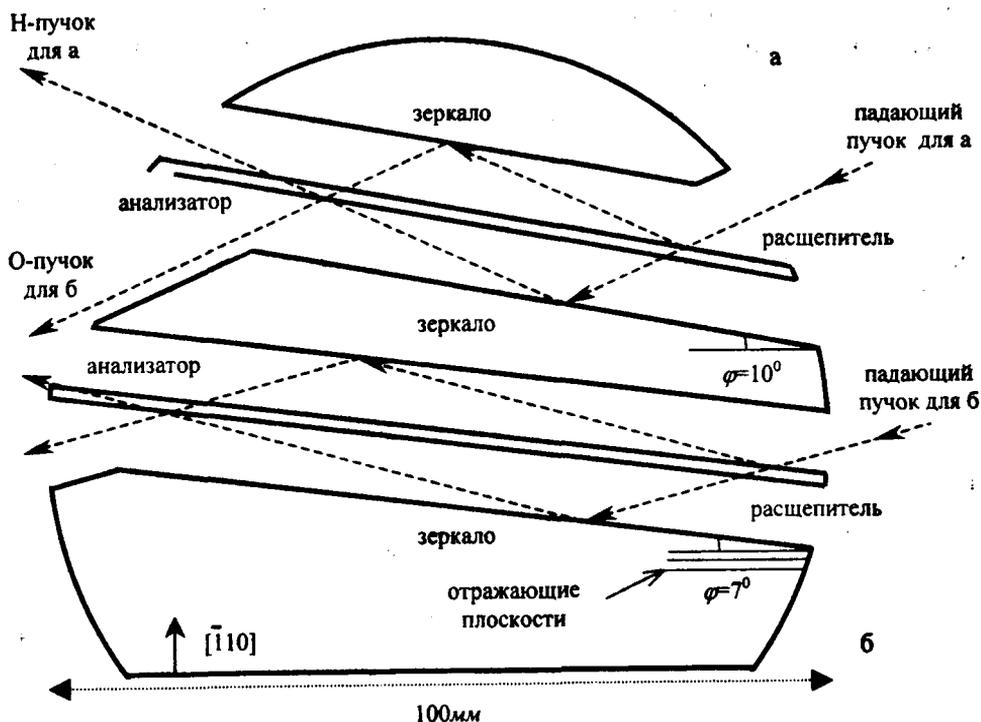


Рис.1. Рентгенооптическая схема (вид сверху) двух асимметричных ВВВ-интерферометров с параметрами асимметричности $\varphi=10^\circ$ (а) и $\varphi=7^\circ$ (б), сконструированных в одном моноблоке, и ход лучей в них.

Здесь видно, что толстые блоки зеркал продолжаютсЯ вверх в виде приподнятых тонких расщепителей высотой по 6мм, образуя LLL-интерферометр.

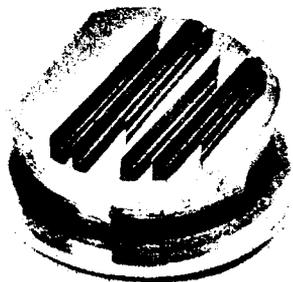


Рис. 2. Два асимметричных ВВВ-интерферометра вместе с LLL-интерферометром, изготовленные на основе одного моноблока кремния.

Таким образом, мы имеем один LLL- и два ВВВ-интерферометра в одном моноблоке. Наличие LLL-интерферометра полезно для апробации работоспособности моноблока с тремя интерферометрами и их правильной ориентации, так как он обычно менее чувствителен к кристаллическим дефектам, чем интерферометры типа ВВВ.

Для выявления оптимального варианта асимметричного ВВВ-интерферометра расчеты произведены в следующих интервалах: асимметричность $0^\circ \leq \varphi \leq 20^\circ$, толщина расщепителя-анализатора $100\text{мкм} \leq t \leq 600\text{мкм}$ и длина волны $0,8\text{А} \leq \lambda \leq 1,6\text{А}$, соответст-

вующая энергии $15,5 \text{кэВ} \geq E \geq 7,7 \text{кэВ}$. Вычисления произведены также для широко используемой в рентгеновской оптике длины волны $\lambda_{\text{CuK}\alpha 1} = 1,5405 \text{А}$.

Результаты расчетов и экспериментов с симметричными интерферометрами позволили определить толщину пластинки между зеркалами $t = 500 \text{мкм}$ [4]. Опыт показывает, что такая толщина достаточна для уменьшения изгиба под воздействием гравитации (при горизонтальной ориентации пластинки) и обеспечивает стабильность против внешних механических вибраций, довольно ощутимых в экспериментальных залах синхротронного излучения.

Оптимальное значение асимметричности φ при фиксированной длине волны λ было получено из зависимости максимального пика интенсивности О-пучка от нормированного угла y (рис. 3), являющегося параметром, измеряющим угол падения пучка в области полного отражения в случае нулевого поглощения. Вычисления произведены на основе теории, приведенной в работе Бонзе и Харта [1], где коэффициент отражения представляется в виде

$$R(y) = E - \sqrt{E^2 - 1}, \quad (1)$$

здесь

$$E = d^2 + f^2 + [1 + (d^2 + f^2)^2 - 2(d^2 - f^2)]^{1/2}, \quad (2)$$

где

$$d = \frac{v}{|C|} \frac{\chi_{io}}{\chi_{rh}} \frac{\chi_{ih}}{\chi_{rh}} + y, \quad (3)$$

$$f = \frac{v}{|C|} \frac{\chi_{io}}{\chi_{rh}} - \frac{\chi_{ih}}{\chi_{rh}} y, \quad (4)$$

$$v = \frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{\gamma_o}{|\gamma_h|}} + \sqrt{\frac{|\gamma_h|}{\gamma_o}} \right), \quad (5)$$

а нормированная угловая переменная представляется [1, 5] как

$$y = \left[(\psi_o - \psi_{ob}) (\sin 2\vartheta) / \sqrt{\frac{|\gamma_h|}{\gamma_o}} + |\chi_{ro}| v \right] / |C| |\chi_{rh}|. \quad (6)$$

Здесь $\gamma_h = \cos \psi_h$, $\gamma_o = \cos \psi_o$ и ψ_h , ψ_o являются углами между нормалью отражающей поверхности и Н-, О-пучками соответственно. $\psi_{ob} = \pi/2 - \vartheta - \varphi$ — угол падения, а χ — значения действительных и мнимых частей фурье-разложения поляризуемостей.

Так как коэффициент брэгговской трансмиссии экстремально мал для $y < 1$, на рис. 3 приведены значения интенсивностей в интервале $1 < y < 2,4$, где аномальное поглощение имеет минимальное значение.

Как видно из рис. 3, распределение интенсивности О-пучка по y сильно зависит от параметра асимметричности φ ; для представленного варианта с $\lambda = 1 \text{А}$, $(hkl) = (220)$, $t = 500 \text{мкм}$ существует критическое значение асимметричности $\varphi = 7^\circ$ при $y = 1,12$, для которого интенсивность максимальна

Для более длинных волн с $\lambda = 1,5405 \text{А}$ (а) наблюдается похожее пове-

дение, но со сравнительно меньшей интенсивностью О-пучка. В этом случае асимметричность принимает свое максимальное значение при $\varphi = 10^{\circ}$, $y = 1,11$ при тех же параметрах: $(hkl) = (220)$, $t = 500 \text{ мкм}$.

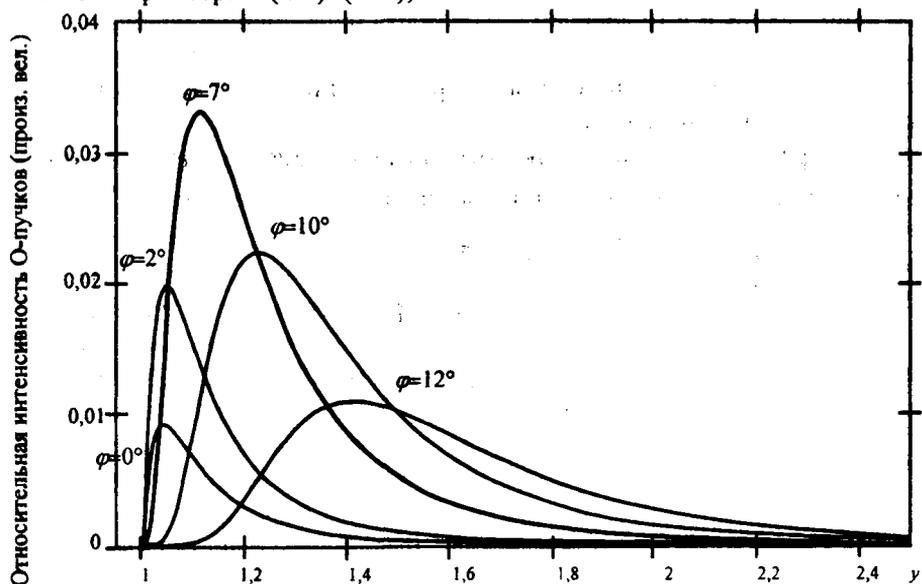


Рис. 3. Вычисленные интенсивности TRR и RRT интерферирующих О-пучков в зависимости от нормированной угловой переменной y для разных углов асимметричности φ при $\lambda = 1 \text{ \AA}$, $(hkl) = (220)$, $t = 500 \text{ мкм}$.

Вычисления показывают также, что уменьшение толщины t расщепителя-анализатора ведет к увеличению интенсивности О-пучка при одинаковых других параметрах. Однако, как было показано в [4], чрезмерное уменьшение t приводит к разного рода нежелательным побочным влияниям на стабильность расщепителя-анализатора.

Учитывая результаты расчетов, мы разработали и сконструировали на основе монокристалла кремния два ВВВ-интерферометра с углами асимметричности $\varphi = 10^{\circ}$ и $\varphi = 7^{\circ}$ для длин волн $\lambda = 1,5405 \text{ \AA}$ и $\lambda = 1 \text{ \AA}$ соответственно ($t = 500 \text{ мкм}$, $(hkl) = (220)$).

Интерферометр	Толщина расщепителя-анализатора t , мкм	Асимметрия φ	Длина волны λ , \AA	Энергия E , кэВ	Отражение
а	500	10°	1,5405	8,048	(220)
б	500	7°	1	$E = 12,399$	(220)

В таблице приведены параметры для предложенных оптимальных вариантов асимметричного ВВВ-интерферометра. Выбранные варианты для идентичности условий травления были разработаны и апробированы на выходной линии синхротронного рентгеновского излучения E2 (RÖEMO1) ускорителя DORIS III (4,5 ГэВ, 100 мА) в DESY/HASYLAB (Германия) [6, 7]. Монохроматизация первичного пучка осуществлялась с помощью двухкристалльного кремниевого монохроматора.

Интерференционные снимки были получены с помощью CCD-камеры с размером пикселя CCD-чипа 12 мкм. Программное обеспечение такой камеры позволяло регистрировать интенсивность рентгеновских лучей вдоль выбранного направления и в то же время передавать информацию на компьютер для обработки. Эта возможность одновременного наблюдения за рефлексом во время опыта является очень полезной при выполнении высокоточных рентгенооптических экспериментов.

Интерференционные снимки ВВВ-интерферометра с $\varphi = 7^\circ$ очень похожи на снимки, полученные с помощью интерферометра с $\varphi = 10^\circ$, и поэтому

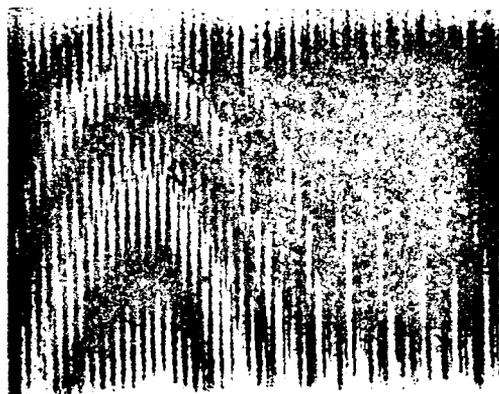


Рис. 4. Часть интерференционной картины (с наложением двух независимых структур), полученной с помощью ВВВ-интерферометра с $\varphi = 10^\circ$ в направлении О-пучка; $\lambda = 1,5404 \text{ \AA}$, $(hkl) = (220)$, $t = 500 \text{ мкм}$. Размер поля рефлекса $\approx 5 \times 4 \text{ мм}^2$. Контраст встроенных линий более 50%.

здесь обсудим только вариант асимметричности (а). На рис. 4 представлена интерференционная картина, полученная с помощью такого ВВВ-интерферометра.

Здесь видно наложение двух независимых некогерентных структур. Одна система линий представляет из себя идеально параллельные полосы с дистанцией в 100 мкм. Эти параллельные к основе интерферометра полосы вызваны узкими каналами, оставленными алмазным фрезом на всех поверхностях образца при процессе вырезки кристалла. Расстояния между этими линиями, как и их ориентация остаются неизменными при внедрении

сдвига фаз между интерферирующими пучками с помощью плексигласовых клиньев. Они регистрировались и с помощью неинтерферирующих пучков при закрытии одного из каналов интерферометра. Таким образом, эти параллельные линии представляют собой амплитудный, а не фазовый контраст. Нарезы в 100 мкм на поверхности образца можно было обнаружить также с помощью оптического микроскопа.

Другая система линий является результатом интерференции между RRT и TRR пучками и представляет собой муаровую картину, которая некогерентно налагается на параллельные полосы амплитудного характера. На рисунке приведены ротационные и дилатационные муаровые полосы, которые реагировали на дополнительно вложенный фазовый сдвиг с помощью плексигласовых клиньев (4 или 5°).

Как и было предсказано теорией [1], нахождение зависящего от длины волны оптимального варианта асимметрии привело к осязательному уменьшению, примерно в четыре раза, времени экспозиции интерференционных картин по сравнению с симметричным вариантом при одинаковых контрастах снимков и других идентичных условиях. В этом аспекте использование высших гармоник, т.е. высших порядков отражений, может быть более обещающим.

Таким образом, с помощью произведенных опытов, результаты которых приведены в предыдущей [4] и настоящей работах, было показано, что высококачественные симметричные и асимметричные ВВВ-интерферометры представленных конструкций могут обеспечить достаточно хороший контраст (до 70%) и стабильность расщепителя-анализатора. Эти исследования произведены в рамках разработки интерферометра Майкельсона в рентгеновском диапазоне длин волн, расширяя его область применения до длин волн 1–0,01 нм. В дальнейшем можно сконструировать ВВВ-интерферометры с поступательным движением одного из зеркал. Их применение в интерферометрах Майкельсона позволит осуществить точные измерения энергетического спектра и когерентных характеристик ондуляторов [8]. Другой возможной областью их применения может быть измерение аномальной дисперсии с помощью синхротронного излучения [9].

В заключение выражаю огромную благодарность коллегам из HASYLAB – проф. Г. Матерлику за предоставление возможности проведения опытов и руководство, В. Граеффу за ценные советы, П. Беккеру (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig) за изготовление образцов и особенно Е. Вьургесу (HASYLAB) за повседневную помощь.

Кафедра физики твердого тела

Поступила 31.08.2004

ЛИТЕРАТУРА

1. Bonse U., Hart M. – Zeitschrift f. Physik, 1966, v. 194, p. 1–17.
2. Bonse U., Graeff W. X-ray and Neutron Interferometry, Topics of Applied Physics (edited by H.-J. Queisser), Berlin: Springer-Verlag, 1977, v. 22, p. 92–143.
3. Bonse U. – Physica B, 1988, v. 151, p. 7–21.
4. Ростомян А.М. – Ученые записки ЕГУ, 2005, № 1, с. 48–52.
5. Bonse U. – Zeitschrift f. Physik, 1964, v. 177, p. 385–423.
6. Wuerges J., Rostomyan A.M., Graeff W. and Materlik G. Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY, Hamburger Synchrotronstrahlungslabor HASYLAB, Annual Report, Part-I, 1998, p. 997–998.
7. Rostomyan A.M., Wuerges J. and Materlik G. – VI. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kristallographie (DKG), Karlsruhe, München: R. Oldenbourg Verlag, 1998, p. 162.
8. Attwood D., Halbach K. and Kim K.-J. – Science, 1985, v. 228, p. 1265.
9. Appel A., Bonse U. – Phys. Rev. Lett., 1991, v. 67, № 3, p. 1673–1676.

Ա. Մ. ՌՈՍՏՈՄՅԱՆ

ՌԵՆՏԳԵՆՅԱՆ ԱՄԻՍԵՏՐԻԿ ԲՅՅ-ԻՆՏԵՐՖԵՐՈՄԵՏՐՈՒ
ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

Ա մ փ ո փ ո մ

Գիտարկված են փնջի անդրադարձման բրեզյան երկրաչափությամբ ռենտգենյան ամիսետրիկ ինտերֆերոմետրերի տարբերակներ: Փնջի տրոհիչ, անդրադարձնող հայելիներ և անալիզատոր ունեցող այս ինտերֆերոմետ-

րերը պատրաստված են Si-ի մոնոքրյուրերից: Տեսականորեն հաշվարկվել և փորձնականորեն իրականացվել են օպտիմալ անդրադարձման ասիմետրիկություն ունեցող BBB-ինտերֆերոմետրերի տարբերակներ:

A. M. ROSTOMYAN

INVESTIGATIONS OF X-RAY ASYMMETRIC BBB-INTERFEROMETERS

Summary

Different versions of X-ray asymmetric interferometers with Bragg reflections are investigated. These interferometers with beam splitter, reflecting mirrors and analyzer are constructed from monolithic Si-crystal. Versions of BBB interferometers with optimal asymmetry are calculated and experimentally tested.

Ֆիզիկա

УДК 621.315.594

Վ. Մ. ԱՌԱՔԵԼՅԱՆ, Վ. Է. ԳԱԼՍՏՅԱՆ

**Fe₂O₃-Nb₂O₅ ՊԻՆԴ ԼՈՒԾՈՒՅԹՆԵՐԻ ՍՏԱՑՈՒՄԸ ԵՎ ՆՐԱՆՑ
ԷԼԵԿՏՐԱՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՈՒ ՖՈՏՈԷԼԵԿՏՐԱՔԻՄԻԱԿԱՆ
ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ**

Ներածություն: 1970-ական թվականների կեսերից սկսված կիսահաղորդչային էլեկտրաքիմիայի բուռն զարգացումը առաջին հերթին պայմանավորված էր արեգակնային էներգիայի փոխակերպիչների մշակման հետ: Էներգետիկ ճգնաժամի թեժ պահին մեծ հետաքրքրություն առաջացրեց p-n անցում չպահանջող, էժան կերամիկական կիսահաղորդիչների հիման վրա արեգակնային էներգիայի ֆոտոէլեկտրաքիմիական փոխակերպիչներ ստեղծելու հնարավորությունը: Ֆոտոէլեկտրաքիմիական եղանակով արեգակնային էներգիայի փոխակերպիչների արդյունավետությունը հիմնականում պայմանավորված է նրանցում որպես կատալիզատոր օգտագործվող կիսահաղորդչային նյութերի էլեկտրաֆիզիկական և ֆոտոէլեկտրաքիմիական հատկություններով: Ջրի սպոնտան տարրալուծման համար ջրածնային և թթվածնային ռեակցիաների էներգետիկ մակարդակները պետք է ընկած լինեն կիսահաղորդչի հաղորդականության և վալենտական գոտիների եզրերի միջև: Կիսահաղորդչի արգելված գոտու ~2էՎ լայնությունը թույլ է տալիս իրականացնել ֆոտոտարրալուծման ինտենսիվ ռեակցիա և բավական լավ օգտագործել սպեկտրի տեսանելի տիրույթը: Ֆոտոկոռոզիայի նկատմամբ կայուն օքսիդային կիսահաղորդիչներում գտնված է գծային կապ արգելված գոտու լայնության և հարթ գոտու պոտենցիալի միջև, ըստ որի արգելված գոտու փոքր լայնությանը համապատասխանում է հարթ գոտու ավելի դրական պոտենցիալ: Այդ պատճառով էլ միայն լայն արգելված գոտիով կիսահաղորդիչներն են օժտված այնպիսի հարթ գոտիներով, որի պոտենցիալը բավարար է ջրից ջրածին անջատելու համար առանց արտաքին էներգիայի կիրառման: Սակայն դրանք էլ զգայուն են միայն սպեկտրի ուլտրամանուշակագույն տիրույթի նկատմամբ և կարող են կլանել արեգակնային էներգիայի միայն 2-3%: Համեմատաբար մեղ արգելված գոտիով կիսահաղորդչի օգտագործման դեպքում անխուսափելիորեն պետք է կիրառվի արտաքին լարում [1]: Արդյունավետ ֆոտոէլեկտրոլիզի համար անհրաժեշտ է, որպեսզի կիսահաղորդչային անոդ-կատալիզատորը օժտված լինի այնպիսի պարամետրերի օպտիմալ համադրությամբ, ինչպիսիք են արգելված գոտու լայնությունը, հարթ գոտու

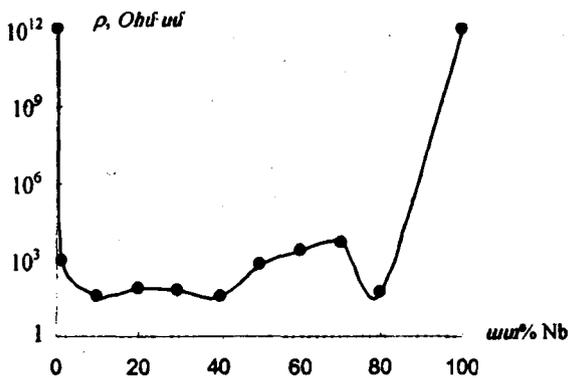
պոտենցիալը, կայունությունը էլեկտրոլիտների ջրային լուծույթներում, բարձր քվանտային ելքը և այլն: Ֆոտոէլեկտրաքիմիական եղանակով արեզակնային էներգիայի փոխակերպման ներկայիս փոքր արդյունավետության հիմնական պատճառն այն է, որ էլեկտրոլիտների ջրային լուծույթներում կայուն, հայտնի օքսիդային կիսահաղորդիչներից ոչ մեկը օժտված չէ նշված պարամետրերի ողջ համախմբով [2, 3]: Ֆոտոէլեկտրոլիզի պրոցեսի օգտակար գործողության գործակցի բարձրացման առավել հեռանկարային ուղիներից մեկը կիսահաղորդչային այնպիսի միացությունների սինթեզումն ու ուսումնասիրումն է, որոնցում կիրականացվի մի քանի կամ գոնե երկու օպտիմալ պարամետրերի համադրում:

Այս աշխատանքում փորձ է արվում $Fe_2O_3-Nb_2O_5$ համակարգում սինթեզել այնպիսի կիսահաղորդչային միացություն, որում համատեղվեն յուրաքանչյուր նյութի լավագույն հատկությունները. ջրի սպոնտան ֆոտոէլեկտրոլիզի համար Nb_2O_5 -ի ֆոտոէլեկտրոդների հարթ գոտու պոտենցիալի բավարար բացասականությունը և արևի էներգիայի բավարար կլանումը (~30%) համեմատաբար նեղ արգելված գոտիով Fe_2O_3 -ի կողմից:

Փորձարարական մաս: $Fe_2O_3-Nb_2O_5$ համակարգի նմուշների ստացման համար ելանյութերը (Fe_2O_3 -ի և Nb_2O_5 -ի փոշիները) նախապես ջրազրկվել են $300^\circ C$ -ում 3 ժամվա ընթացքում: Այնուհետև համապատասխան բաղադրամասերը կշռվել են և միմյանց հետ խառնվելուց հետո մամլվել են ու թրծվել օդում $1250^\circ C$ ջերմաստիճանում: Ստացված նմուշները կտրվել են 1մմ հաստությամբ հաբերի, որոնց վրա մեխանիկական ու քիմիական մշակումից հետո վակուումային փոշեցրման եղանակով նստեցվել են պղնձե օհմական կոնտակտներ: Ֆոտոէլեկտրական չափումների համար նախատեսված նմուշներին զոդվել են ելքային լարեր և կոնտակտային մասը ծածկվել է պոլիմերային սոսնձով: Ուսումնասիրվել են նմուշների տեսակարար դիմադրության կախումը միոբիումի պարունակությունից և հաղորդականության կախումը ջերմաստիճանից: Ֆոտոէլեկտրաքիմիական պարամետրերի չափումները կատարվել են հետերոգեն բջջում, որի անոդային բաժանմունքը պարունակում է $5N$ $NaOH$ լուծույթ, իսկ կատոդային բաժանմունքը՝ $5N$ H_2SO_4 -ի լուծույթ: Կիսահաղորդչային ֆոտոանոդը տեղադրվում է անոդային բաժանմունքում, որը ունի կվարցե պատուհան, իսկ պլատինե հակաէլեկտրոդը՝ կատոդային բաժանմունքում: Ֆոտոանոդը լուսավորվել է 200 Վտ հզորությամբ սնդիկային լամպի լույսով և չափվել է ֆոտոէլեկտրոլիզի հոսանքի կախումը Nb -ի պարունակությունից: Նմուշների սպեկտրալ բնութագծերը ստացվել են բջիջը 1000 Վտ հզորությամբ քսենոնային բարձր ճնշման լամպով լուսավորելով:

Ստացված արդյունքների քննարկումը: Սենյակային ջերմաստիճանում երկաթի օքսիդը (Fe_2O_3) $\sim 10^{12}$ Օհմ·սմ տեսակարար դիմադրությամբ մեկուսիչ է: Հնգավալենտ միոբիումի իոնների ներմուծումը հանգեցնում է Fe_2O_3 -ի փոխակերպմանը n -տիպի կիսահաղորդչի: Դա պայմանավորված է Fe^{3+} իոնների մի մասի անցումով երկվալենտ վիճակի: Միոբիումի հնգավալենտ իոնների մակարդակները տեղաբաշխված են մաքուր Fe_2O_3 -ում չգրադեցված Fe^{+2} մակարդակներից վերև, այսինքն, լեզիբացնող տարրով տեղակալումը և պինդ լուծույթի ձևավորումը ընթանում է ըստ $Fe_{2-3x}^{+3}Nb_x^{+5}Fe_{2x}^{+2}O_3^{-2}$ բանաձևի [4]: Ցանցի համարժեք հանգույցներում մույն տարրի տարբեր վալենտականությամբ իոնների առկայությունը հանգեցնում է հաղորդականության թռիչքա-

յին մեխանիզմի՝ պայմանավորված ջերմային գրգռման միջոցով իոնների միջև էլեկտրոնների փոխանակմամբ: Fe_2O_3 -ի հիման վրա պատրաստված մնուշների տեսակարար դիմադրության կախումը նրանցում միոքիումի պարունակությունից բերված է նկ. 1-ում: Ինչպես երևում է նկարից, արդեն $1ատ\%$ միոքիումի առկայությունը հանգեցնում է տեսակարար դիմադրության կտրուկ



Նկ. 1: Նմուշների տեսակարար դիմադրության կախումը միոքիումի պարունակությունից:

ցենտրացիաների դեպքում կտրուկ աճում է, իսկ մաքուր Nb_2O_5 -ը արդեն մեկուսիչ է:

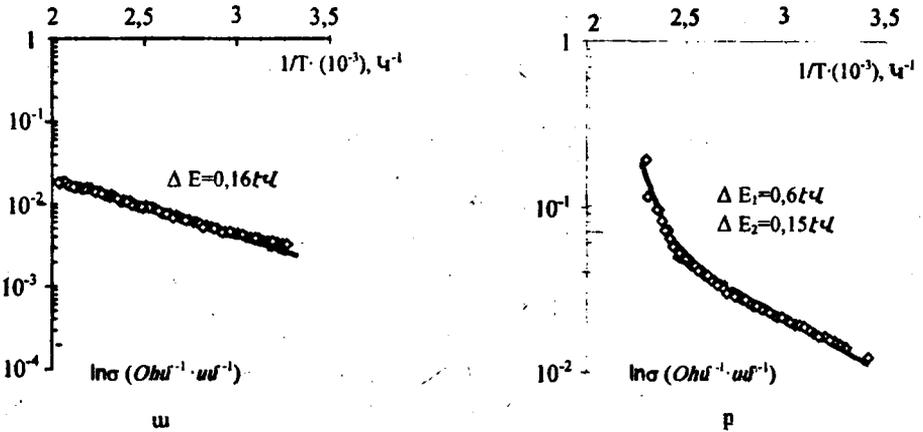
Լեգիրացման սկզբնական փուլում Nb-ի կոնցենտրացիայից տեսակարար դիմադրության այդպիսի խիստ կախվածությունը բնորոշ է հաղորդականության թռիչքային մեխանիզմին և պայմանավորված է նրանով, որ էլեկտրոնի մի իոնից մյուսը թռիչքի հավանականությունը խիստ կախված է երկվալենտ և եռավալենտ կատիոնների միջև եղած հեռավորությունից: Լեգիրացնող տարրի պարունակության մեծացմանը զուգընթաց աճում է հաղորդականության մեջ ներդրում ունեցող երկաթի երկ- և եռավալենտ իոնների թիվը, միաժամանակ մեծանում է նաև թռիչքների հավանականությունը այդ իոնների միջև պոտենցիալ արգելքի փոքրացման պատճառով: Ինչպես ցույց են տվել ռենտգենաֆազային հետազոտությունները, միոքիումի արդեն $5ատ\%$ -ից բարձր պարունակությունների դեպքում սկսում են ձևավորվել նոր ֆազեր, որոնք նույնականացնել առայժմ չի հաջողվել: Միայն $50ատ\%$ Nb_2O_5 -ի դեպքում ձևավորվում է մաքուր $FeNbO_4$ նոր ֆազ, որը ինչպես ցույց կտրվի ստորև, օժտված է ավելի լավ ֆոտոկատալիտիկ հատկություններով, քան լեգիրացված Fe_2O_3 -ը:

Պարզելու համար, թե ինչպիսի ենթամակարդակներ են ծագում Fe_2O_3 -ի արգելված գոտում, հետազոտվել է մնուշների տեսակարար հաղորդականության կախումը ջերմաստիճանից (նկ. 2): $\ln \sigma$ -ի կախումը $1/T$ -ից ուղիղ գիծ է, որի թեքությամբ էլ որոշվում է ենթամակարդակների իոնացման էներգիան, այսինքն՝ նրանց տեղաբաշխումը արգելված գոտում: Այդ հետազոտությունների բնութագրական տեսքերը բերված են նկ. 2, ա, բ-ում: Յուրաքանչյուր գրաֆիկի վրա բերված է իոնացման հաշվարկված էներգիան: Fe_2O_3 -ի մեջ մինչև 1% Nb-ի պարունակության դեպքում ΔE -ն մոտ $0,16էՎ$ կարգի է: Ինչպես արդեն նշվել է, երկաթի օքսիդում իրականացվում է հաղորդականության թռիչքային մեխանիզմ, որի դեպքում էլեկտրոնի մի իոնից (Fe^{+2}) մյուսին

(Fe⁺³) անցնելու համար անհրաժեշտ է որոշակի էներգիա: Այսինքն, կարելի է ասել, որ ակտիվացման էներգիան բաղկացած է երկու անդամներից՝

$$\Delta E = \Delta E_n + \Delta E_t,$$

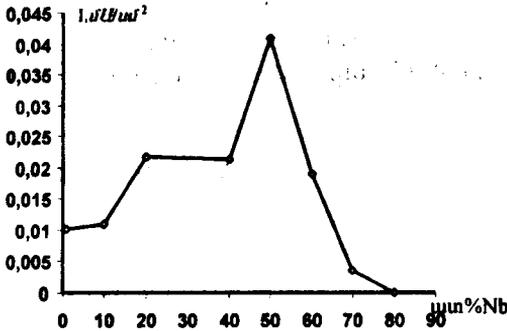
որոնցից մեկը (ΔE_n) որոշում է լիցքակիրների թիվը, իսկ մյուսը (ΔE_t) լիցքակիրների շարժունակությունը: Ինչպես ցույց են տվել նախկինում կատարված հետազոտությունները, խառնուրդների փոքր կոնցենտրացիաների դեպքում շարժունակության ակտիվացման էներգիան $\sim 0,16$ էՎ կարգի է [5]: Ավելի մեծ կոնցենտրացիաների դեպքում այն նվազում է և քննարկվող դեպքում, ըստ թերմոէլեկտրի ջերմաստիճանային կախվածության հետազոտման արդյունքների, մոտ $0,15$ էՎ կարգի է: Այսինքն, կարելի է եզրակացնել, որ երկաթի օքսիդում Nb-ի մինչև 1% պարունակության դեպքում արգելված գոտում ենթամակարդակներ չեն առաջանում և էլեկտրահաղորդականության ջերմաստիճանային կախվածության վարքը կարելի է բացատրել Fe⁺² իոնների թվի ավելացմամբ, որն էլ իր հերթին հանգեցնում է հաղորդականության ակտիվացման էներգիայի նվազմանը: Խառնուրդի կոնցենտրացիայի մեծացման դեպքում $\ln \sigma \sim 1/T$ կախվածության կորի վրա դիտվում են երկու թեքություններ՝ համապատասխանաբար $\sim 0,6$ և $\sim 0,15$ էՎ ակտիվացման էներգիաներով:



Նկ. 2. Նմուշների տեսակարար հաղորդականության կախումը ջերմաստիճանից.
ա) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 1\% \text{Nb}$, բ) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 30\% \text{Nb}$:

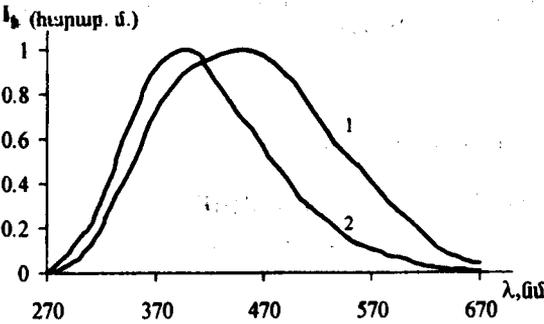
Ակնհայտ է, որ $\sim 0,15$ էՎ-ը համապատասխանում է շարժունակության ակտիվացման էներգիային, իսկ $\sim 0,6$ էՎ-ը պայմանավորված է Fe_2O_3 -ի արգելված գոտում խառնուրդային մակարդակների առաջացմամբ: Երկաթի և նիոբիումի հավասար քանակությունների դեպքում, ինչպես արդեն նշվել է, առաջանում է FeNbO_4 նոր միացություն, որի էլեկտրաֆիզիկական և ֆոտոէլեկտրաքիմիական հատկությունների ուսումնասիրությունները շարունակվում են: Նիոբիումի ավելի մեծ քանակությունների դեպքում արդեն Nb_2O_5 -ի ցանցն է դառնում բազային, իսկ երկաթի ատոմները դառնում են խառնուրդային ատոմներ: Այս դեպքում էլ երկաթի պարունակության նվազմանը զուգընթաց ակտիվացման էներգիան աճում է: Այստեղ կարելի է ենթադրել, որ երկաթի խառնուրդային ատոմները Nb_2O_5 -ի մեջ կատարում են նույն դերը, ինչ որ Nb-ի ատոմները Fe_2O_3 -ի մեջ, և այդ դեպքում ակտիվացման էներգիայի աճը ամբողջովին բացատրելի է: $\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{Nb}_2\text{O}_5$ համազարգի պինդ լուծույթներում ամենաբարձր

լրացված գոտիները հանդիսանում են FeO_6 բջիջների զբաղեցված d-մակարդակները, որոնք տեղաբաշխված են O^{2-} -ի 2P-ից ավելի բացասական մակարդակներում, իսկ դատարկ մակարդակներ են հանդիսանում FeO_6 բջիջների չզբաղեցված d-մակարդակները, և NbO_6 -ի d-մակարդակները: Այսինքն, այս նմուշներում հնարավոր են օպտիկական անցումներ ինչպես երկաթի իոնների մակարդակների միջև ($\sim 2,2\text{էՎ}$), այնպես էլ երկաթի իոնների և նիոբիումի d-մակարդակների միջև ($\sim 1,3\text{էՎ}$), որը զգալիորեն մեծացնում է կլանվող լուսային էներգիայի բաժինը: Ընդ որում, հարթ գոտու պոտենցիալը, որն արդեն որոշվում է Nb_2O_5 -ի հաղորդականության գոտու պոտենցիալով, պետք է



Նկ. 3: Ֆոտոհոսանքի խտության կախումը նմուշներում նիոբիումի պարունակությունից:

դեպքում ֆոտոհոսանքը գործնականում ձգտում է գրոյի, այսինքն Nb -ի պարունակության մեծացմանը զուգընթաց այն աճում է, հասնելով առավելագույն արժեքի $FeNbO_4$ բաղադրության համար: Ֆոտոհոսանքի հետագա նվազումը պայմանավորված է նոր, տվյալ սպեկտրալ տիրույթում ոչ ֆոտոզայուն ֆազերի և $FeNbO_4$ ֆազի հարաբերակցության փոփոխությամբ՝ հոգուտ առաջինների: Համակարգում Fe_2O_3 -ի 30% փոքր պարունակությունների դեպքում $FeNbO_4$ -ի սպեկտրալ գծեր արդեն չեն հայտնաբերվում, և այդ կոնցենտրացիաների դեպքում ֆոտոհոսանքը նորից հավասարվում է գրոյի: Ֆոտոէլեկտրոդների սպեկտրալ բնութագրերի ուսումնասիրության արդյունքները երկու բնութագրական բաղադրությունների համար բերված են նկ. 4-ում: Համեմատության հարմարության համար ֆոտոհոսանքի մաքսիմումները բերված են



Նկ. 4: $Fe_2O_3+1\%Nb$ (1) և $FeNbO_4$ (2) նմուշների սպեկտրալ բնութագրերը:

միևնույն արժեքի: Ինչպես երևում է նկարից, և լեզիրացված Fe_2O_3 -ի հիման վրա, և $FeNbO_4$ -ի հիման վրա պատրաստված ֆոտոէլեկտրոդների սպեկտրալ ֆոտոզայունության տիրույթները մերառում են արևի տեսանելի սպեկտրի զգալի մասը: Ֆոտոէլեկտրոդի հոսանքի սկիզբը համապատասխանում է $\sim 670\text{նմ}$ ալիքի երկարությանը: Նկ. 4-ից կարելի է ստանալ լեզիրացված

նմուշների ֆոտոզգայունության մաքսիմումը՝ $\sim 2,6 \text{ tV}$ և FeNbO_4 -ինը՝ $\sim 2,96 \text{ tV}$: Այսինքն, չնայած նրան, որ ստացված բաղադրություններում Nb-ի մեծ կոնցետրացիաների դեպքում հարթ գոտու պոտենցիալը զգալիորեն շեղվում է դեպի ավելի բացասական արժեքները, ֆոտոկլանման տիրույթի մաքսիմումի դեպի կարճ ալիքներ շեղման պատճառով ֆոտոէլեկտրոլիզի հոսանքի սպասված զգալի աճ չի դիտվում: Այնուհանդերձ, արդեն այն փաստը, որ FeNbO_4 -ի հարթ գոտիների պոտենցիալը լեզիրացված նմուշների համեմատ ավելի բացասական է, իսկ լուսազգայուն տիրույթը գրեթե մնում է նույնը, ինչ որ Fe_2O_3 -ինն է, թույլ է տալիս հուսալ, որ այդ բաղադրության սինթեզման տեխնոլոգիայի օպտիմալացման և ավելի կատարյալ կառուցվածքով նմուշների ստացման դեպքում հնարավոր է հասնել ֆոտոէլեկտրոլիզի եղանակով արեգակնային էներգիայի փոխակերպման արդյունավետության զգալի բարձրացման:

*Կիսահաղորդիչների և դիէլեկտրիկների
ֆիզիկայի ամբիոն*

Ստացվել է 07.02.2005

Գ Ր Ա Վ Ա Ն ՈՒ Թ Յ ՈՒ Ն

1. Плесков Ю.В. – Электрохимия, 1981, т. 17, с. 3–31.
2. Aroutiounian V.M., Sarkisyan A.G., Arakelyan V.M. Water electrolysis by use of semiconductor oxide anodes. Proc. 7th Hydrogen Energy Conf., Moscow, 1988, p. 579–593.
3. Арутюнян В.М. Полупроводниковые фотоэлектроды для фотоэлектрохимического преобразования солнечной энергии. – В кн.: Фотокаталитическое преобразование солнечной энергии, ч. I. М.: Наука, 1985, с. 74–102.
4. Aroutiounian V.M., Arakelyan V.M., Shahnazaryan G.E., Stepanyan G.M., Turner J.A., Kaselev O. Investigations of ceramic photoelectrodes from Fe_2O_3 doped with niobium. – 10th International ceramics congress. Florence. Italy, 2002, July 14–18, p. 425–434.
5. Арутюнян В.М., Аракелян В.М., Шахназарян Г.Е., Степанян Г.М., Тернер Дж.А., Хаселев О. – Электрохимия, 2002, т. 38, № 4, с. 428–434.

В. М. АРАКЕЛЯН, В. Э. ГАЛСТЯН

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ И ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ Fe_2O_3 – Nb_2O_5

Резюме

Эффективность преобразователей солнечной энергии методом фотоэлектролиза воды в основном обусловлена свойствами полупроводникового фотоанода, применяемого в них как фотокатализатор. Одним из наиболее перспективных путей оптимизации его параметров является применение новых трех- или четырехкомпонентных металл-оксидных полупроводниковых соединений. С этой целью в системе Fe_2O_3 – Nb_2O_5 синтезированы твердые растворы различных составов. Исследованы электрофизические и фото-

электрохимические свойства полученных образцов. Показано, что фотоэлектроды, изготовленные на основе гомогенного твердого раствора FeNbO_4 , обладают наиболее оптимальной совокупностью важных для эффективного фотоэлектролиза параметров.

V. M. ARAKELYAN, V. E. GALSTYAN

SYNTHESIS OF SOLID COMPOUNDS OF $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Nb}_2$ AND INVESTIGATION OF THEIR ELECTROPHYSICAL AND PHOTOELECTROCHEMICAL PROPERTIES

Summary

The efficiency of the solar energy conversion by water photoelectrolysis method is mainly determined by the properties of the semiconductors photoanode which performs function of photocataliser. One of the perspective ways of optimization of these parameters is the usage of the new triple- and four-compound metal-oxide. For this purpose solid solutions of different compounds in $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Nb}_2\text{O}_5$ system are synthesized. The electrophysical and electrochemical properties of the synthesized samples are studied. It is shown that the electrodes made on the base of homogeneous solid solution of FeNbO_4 provide efficient photoelectrolysis process at the most optimal combination of important parameters.

Химия

УДК 547.491.8+547.872

Г. В. АКОПЯН, Р. А. КАРАМЯН, С. К. ГРИГОРЯН, М. Л. ЕРИЦЯН

ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕТИЛОЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ МОЧЕВИНЫ С СОЛЯМИ Co(II) И Ni(II)

Исследованы реакции между моно- и диметилломочевинной и хлоридами металлов Co(II), Ni(II). Синтезированные соединения исследованы методами ИК- и ЯМР-спектроскопии, элементным анализом, дериватографией, а также измерена их магнитная восприимчивость.

Из серии сообщений об исследованиях комплексов мочевины и ее производных с солями металлов постоянной и переменной валентности следует отметить работы авторов [1–4].

В литературе практически отсутствуют работы по комплексам монометилломочевинной (мММч) и диметилломочевинной (дММч) с металлами переменной валентности. В связи с этим нами на основе моно- и диметиллольных производных мочевины и хлоридов Co(II), Ni(II) получены эмпирические формулы следующих комплексов: $(\text{H}_2\text{NCONHCH}_2\text{O})_2\text{Ni}$ (I); $(\text{H}_2\text{NCONHCH}_2\text{O})_2\text{Co}$ (II); $(\text{HOCH}_2\text{NHCONHCH}_2\text{O})_2\text{Ni}$ (III); $(\text{HOCH}_2\text{NHCONHCH}_2\text{O})_2\text{Co}$ (IV), которые исследованы ИК-, ЯМР-спектроскопией, дериватографией и элементным анализом. С целью определения координационного числа центральных ионов металлов в комплексах измерены их магнитная восприимчивость и магнитные моменты.

Независимо от природы центрального иона металла на ИК-спектрах комплексов обнаружено четкое смещение полосы поглощения группы $=\text{N}-\text{CO}-\text{N}=\text{}$ с 1420 до 1390см^{-1} . Из-за координации $>\text{C}=\text{O}$ группы с ионами металлов также имеет место смещение поглощения данной группы с 1685 до 1630см^{-1} . 820 и 840см^{-1} соответствуют валентным колебаниям Co–O и Ni–O. На спектрах ЯМР комплексных соединений имеются две области протонного сдвига при 4,2 и 4,35 м.д., относящиеся к водороду группы $-\text{CH}_2-$. Следует отметить, что сдвиг протонов гидроксильной группы в ди- или монометилломочевине проявляется при 4,85–5,03 м.д. В комплексах с диметилломочевинной наблюдается сдвиг только одной гидроксильной группы. Это свидетельствует о том, что при взаимодействии метилломочевинной с хлоридами металлов участвует гидроксильная группа, и ее водород замещается металлом, образуя, как указывалось выше, связи Ni–O или Co–O. В ЯМР-спектрах комплексов имеются также две области сдвига группы $>\text{NH}$ при 6,46–6,50

м.д. и 6,59–6,65 м.д. (в ди- и монометилломочевинах сдвиг протонов группы >NH имеет место при 6,54–6,53 м.д.). Образование дуплета протонного сдвига группы >NH в комплексах можно отнести к частичной ее координации с центральным ионом металла.

Спектральные данные и результаты элементного анализа комплексов I–IV приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Физико-химические данные соединений I–IV

Комплексы	ИК-спектры, $\nu, \text{см}^{-1}$	ЯМР-спектры, $\delta, \text{м.д.}$	Цвет	Элементный состав, % найденно вычислено			
				С	Н	N	М
I	845(Ni–O), 1385(=N–CO–N), 1180(C–NH), 1635(>C=O), 2980(–CH ₂ –), 3380(–NH ₂)	4,2–4,35 и 4,43–4,57 τ(4H; 2>NCH ₂ O–) 6,46–6,5 и 6,59–6,56 σ(2H; 2>NH) 5,58–5,67 σ(4H; 2–CO–NH ₂)	Светло- зеленый	20,00 20,25	4,5 4,22	23,4 23,63	24,7 24,89
II	820(Co–O), 1390(=N–CO–N), 1185(C–NH–), 1635(>C=O), 2985(–CH ₂), 3390(–NH ₂)	4,25–4,35 и 4,4–4,6 τ(4H; 2>NCH ₂ O–) 6,46–6,5 и 6,57–6,68 σ(2H; 2>N–H) 5,6–5,65 σ(4H; 2–CO–NH ₂)	Сирене- вый	20,6 20,25	4,5 4,22	23,8 23,63	24,8 24,89
III	840(Ni–O), 1380(=N–CO–N), 1180(C–NH–), 1635(>C=O), 2980(–CH ₂ –), 3400(–OH), 3300(–NH)	4,3–4,34 и 4,44–4,54 τ(8H; 4 >NCH ₂ O–) 6,44–6,54 и 6,6–6,65 σ(4H; 4>N–H) 4,85–5,03 τ(2 H; –OH)	Светло- зеленый	24,6 24,24	4,9 4,71	18,5 18,85	19,6 19,86
IV	820(Co–O), 1380(=N–CO–N), 1195(C–NH–), 1635(>C=O), 2950–2980(–H ₂), 3400(–OH), 3300(–NH)	4,26–4,35 и 4,43–4,55 τ(8H; 4 >NCH ₂ O–) 4,84–5,05 τ(2H; –OH) 6,44–6,56 и 6,6–6,7 σ(4H; 4 >N–H)	Сирене- вый	24,1 24,24	4,5 4,71	19,0 18,85	19,7 19,86

Магнитные моменты комплексов I–IV определены методом Фарадея [5]. Эффективные магнитные моменты вышеуказанных комплексов определяли по формуле

$$\mu_{\text{эф}} = 2,84 \sqrt{(\chi_g M + \Delta\chi_M)(T \pm \theta)},$$

где χ_g – удельная магнитная восприимчивость, M – молекулярная масса комплекса, $\Delta\chi_M$ – мольная диамагнитная поправка, T – абсолютная температура, θ – величина, имеющая размерность температуры [5].

$\Delta\chi_M$ для лигандов мММч и дММч определяли по методу Паскаля согласно [5]: $\Delta\chi_{\text{мММч}} = 63,7 \cdot 10^{-6}$; $\Delta\chi_{\text{дММч}} = 77,9 \cdot 10^{-6}$.

Зависимость χ_g комплексов Co(II), Ni(II) с мММч и дММч от T .

представлена в табл. 2.

Таблица 2

Т, К	$\chi_g \cdot 10^6$			
	Ni(МММч) ₂	Ni(ДММч) ₂	Co(МММч) ₂	Co(ДММч) ₂
77	36,468	42,16	39,396	45,228
100	31,225	33,645	34,652	35,168
150	19,766	17,164	24,528	22,245
200	14,22	13,768	20,123	18,641
240	12,44	9,72	17,315	14,264
300	8,644	5,625	13,218	9,125

Мольная магнитная восприимчивость (χ_M) определена согласно [5]:

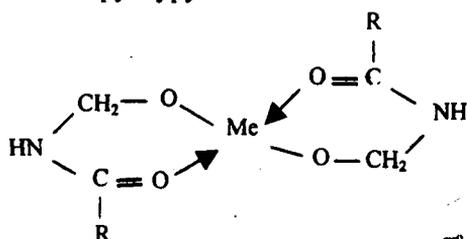
$$\chi_M = \chi_g M \Delta \chi.$$

Численные значения χ_M и $\mu_{эф}$ представлены в табл. 3.

Таблица 3

Комплекс	Ni(МММч) ₂	Ni(ДММч) ₂	Co(МММч) ₂	Co(ДММч) ₂
$\chi_M \cdot 10^6$	2048,6	1670,5	3132,6	2710,12
$\mu_{эф}$	2,23	2,01	2,75	2,56

На основании спектральных данных, результатов элементного анализа и численных значений эффективного магнитного момента можно представить структуру хелатных комплексов I–IV:

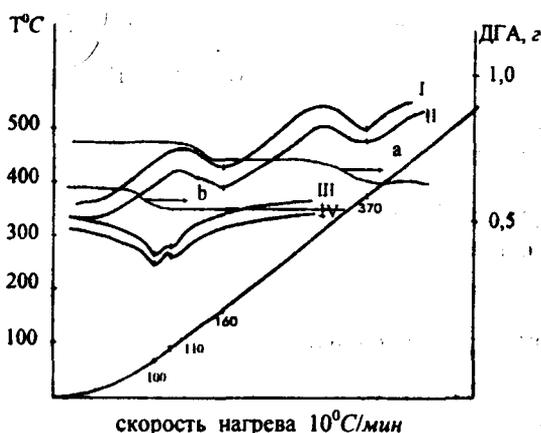


Me=Ni, Co;
R=–NH₂, –NHCH₂OH.

Проведены термогравиметрические исследования комплексов I–IV, данные которых приведены на рисунке.

Из рисунка следует, что независимо от природы центрального иона металла при температурах 160 и 370°C на кривых I и II наблюдаются резко выраженные эндотермы и потеря массы 2,5% и 4,1% (а) соответственно от исходных навесок комплексов I и II.

Потеря массы объясняется межмолекулярной конденсацией в лигандах между группами –NH₂ комплексов I и II (см. схему):



Термограммы соединений I–IV. I – Ni(МММч)₂; II – Co(МММч)₂; III – Ni(ДММч)₂; IV – Co(ДММч)₂.

Потери в массе комплексов I–II (а), III–IV (б).

ЛИТЕРАТУРА

1. Meyer F., Pritzkow H. – Chem. soc., 1998, № 15, p. 1555.
2. Палкина К.К., Кузьмина Н.Е., Орлова В.Т., Кондахова И.В. – Ж. неорг. химии, 1996, т. 41, № 10, с. 1656.
3. Венковский Н.У., Ванна Г.Е., Молодкин А.К., Ежов А.И., Кузнецов С.Я. Деп. в ВИНТИ, 06.04.98, № 1018–В.98.
4. Прокуев В.А., Запльшный В.В. – Ж. неорг. химии., 1998, т. 43, № 5, с. 810.
5. Селвуд П. Магнетохимия. М.: ИЛ, 1968.
6. Николаев А.Ф. Синтетические полимеры и пластические массы на их основе. М.-Л.: Химия, 1964, с. 380

Գ. Վ. ՀԱՎՈՅԱՆ, Ռ. Ա. ԶԱՐԱՍՅԱՆ, Ս. Կ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Մ. Լ. ԵՐԻՏՅԱՆ

ՄԻՉԱՆՅՈՒԹԻ ՄԵԹԻԼՈԼԱՅԻՆ ԱԾԱՆՑՅԱԼՆԵՐԻ
ՓՈՆԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ Co(II) -Ի ԵՎ Ni(II) -Ի ԱՂԵՐԻ ՀԵՏ

Ամփոփում

Ուսումնասիրվել են մոնո-, դիմեթիլոլմիզանյութի և Co(II) , Ni(II) մետաղների քլորիդների միջև ռեակցիաները: Միմեթիլոլմիզանյութի միացությունները ուսումնասիրվել են ԻԿ- և ՄՄՆ-սպեկտրասկոպիկ, էլեմենտների անալիզի, դերիվատոգրաֆիայի մեթոդներով: Չափվել է նաև նրանց մագնիսական ընկալունակությունը:

G. V. HAKOBYAN, R. A. KARAMYAN, S. K. GRIGORYAN, M. L. YERITSYAN

INTERACTIONS OF METHYLOL DERIVATIVES OF UREA
WITH Co(II) AND Ni(II) SALTS

Summary

The reaction between mono- and dimethylolurea with chlorides of metals Co(II) , Ni(II) has been explored. The synthesized connections were investigated by the UR-, NMR-spectrum methods of analysis of elements, and also their magnetic susceptibility is measured.

Химия

УДК 546.98 + 543.25 + 668.8

А. Р. МКРТЧЯН, Г. Г. ДАРБИНЯН, Г. Н. ШАПОШНИКОВА, А. Г. ХАЧАТРЯН

АМПЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАЛЛАДИЯ(II)
N,N-ДИФЕНИЛ- И N,N'-ДИФЕНИЛТИОМОЧЕВИНАМИ

Методом амперометрического титрования изучено взаимодействие палладия(II) с N,N-дифенил- и N,N'-дифенилтиомочевинами. Регистрируется протекание реакций с мольным отношением реагирующих компонентов Pd(II):R=1:2 и Pd(II):R=1:4. Определение палладия(II) возможно в широком интервале концентраций серной и соляной кислот. Проведена математическая обработка экспериментальных результатов.

Разработана методика амперометрического титрования палладия вышеуказанными реагентами, которая была применена для его определения в электролите палладирования.

Палладий является довольно активным элементом как с электрохимической точки зрения, так и по способности образовывать устойчивые комплексные соединения с рядом органических и неорганических лигандов.

Известны методы амперометрического определения палладия с применением различных электродов [1]. В последние годы развиваются также и другие электрохимические методы, в том числе и «гибридные». Так, например, предложен метод катодной инверсионной вольтамперометрии [2]. Палладий(II) с α (2-бензимидазолом)- α' образует электрохимически активный комплекс, который при pH 5,0 накапливается на ртутном электроде (время накопления 180с).

Дитиопирилметан образует комплексные соединения с рядом благородных металлов (золото, палладий, осмий, платина) и может быть использован в качестве реагента для их потенциометрического определения [3]. Изучены также процессы комплексообразования палладия, золота и серебра с 8-меркаптохинолином и трийодидом калия в аммиачных растворах (хлорид серебра в этих условиях растворяется). Конечное определение проводится методом амперометрического титрования. Возможно также титрование с применением двух индикаторных электродов [4].

Предложен оригинальный метод определения палладия(II) дитизоном с помощью угольного пастового электрода графит-парафин-дитизон (85:9:6

по массе), потенциал накопления 0,9В [5].

Для потенциометрического титрования серебра и палладия предложен новый реагент – антипирилрубеановодородная кислота [6]. Индикаторными электродами являются золото, серебро, палладий.

Возможно кулонометрическое титрование платины и палладия при их совместном присутствии в системе 1,0М соляная кислота +0,1М хлористый этилендиамин (электрод углеграфитовый). Определение проводят путем предэлектролиза, время накопления 10мин при 0,2В. Обратный процесс окисления протекает при +0,4В [7].

Методами потенциометрии и амперометрии изучено взаимодействие палладия(II) с тиомочевинной (ТМ) и фенилтиомочевинной (ФТМ) [8, 9].

Представляет интерес изучение взаимодействия палладия(II) с производными ТМ N,N-дифенил- и N,N'-дифенилтиомочевинами, чему и посвящена настоящая работа.

Экспериментальная часть. Рабочие растворы N,N-дифенил- и N,N'-дифенилтиомочевин (R) были получены растворением точных навесок реагентов, перекристаллизованных из смеси этанол-ацетон (3:2). Приготовление стандартного раствора палладия(II), а также условия амперометрического титрования описаны в [9].

При взаимодействии палладия(II) с N,N-дифенил- и N,N'-дифенилтиомочевинами образуются желто-красные осадки. На кривых амперометрического титрования, полученных как по току восстановления палладия(II) ($E=+0,1В$), так и по току окисления реагентов ($E=+1,2В$), отмечаются два перегиба, соответствующие мольным соотношениям реагирующих компонентов Pd(II):R=1:2 и Pd(II):R=1:4. Из этого можно заключить, что реакция комплексообразования протекает ступенчато. Расчет концентрации палладия(II) проводят по второй конечной точке титрования.

Изучено влияние кислотности на амперометрическое определение палладия(II) вышеупомянутыми производными ТМ. Титрование осуществимо в широком интервале концентраций серной (рН 1,0–9,0М) и соляной кислот (рН 1,0–9,0М).

Таблица 1

Пределы подчиняемости основному закону амперометрии

Кислотность	$E=+0,1В$	$E=+1,2В$
2,0М HCl	$1,5 \cdot 10^{-3} - 8,0 \cdot 10^{-5} М$ или	$8,0 \cdot 10^{-3} - 8,0 \cdot 10^{-4} М$ или
	$1,61 \cdot 10^{-3} - 8,22 \cdot 10^{-5} мг/мл$	$8,22 \cdot 10^{-1} - 8,22 \cdot 10^{-2} мг/мл$
2,0М H ₂ SO ₄	$1,5 \cdot 10^{-3} - 8,0 \cdot 10^{-5} М$ или	$8,0 \cdot 10^{-3} - 8,0 \cdot 10^{-6} М$ или
	$1,61 \cdot 10^{-3} - 8,22 \cdot 10^{-5} мг/мл$	$8,22 \cdot 10^{-1} - 8,22 \cdot 10^{-4} мг/мл$

В табл. 1 представлены данные о подчиняемости (интервалы прямой зависимости диффузионного тока от концентрации палладия) основному закону амперометрии в зависимости от природы используемой кислоты и потенциала индикаторного электрода. Наиболее широкий интервал определяемых концентраций палладия(II) отмечается при титровании в

сернокислой среде при потенциале +1,2В (по току окисления реагентов). В солянокислой среде вследствие конкурирующего влияния образующихся хлоридных комплексов чувствительность определения снижается. Кроме того, перегибы на кривых титрования при потенциале +0,1В становятся нечеткими, что вызвано более высокими значениями остаточного тока, обусловленного восстановлением ионов водорода.

Интервал определяемых концентраций палладия(II) N,N-дифенил- и N,N'-дифенилтиомочевинами практически совпадает с таковым при титровании ФТМ и существенно шире, чем в случае, когда в качестве реагента для определения палладия(II) используется ТМ ($1,5 \cdot 10^{-3}$ – $8,0 \cdot 10^{-5}$ М). Данное явление может быть объяснено эффектом «утяжеления». Применение N,N-дифенил- и N,N'-дифенилтиомочевин дает одинаковые результаты.

Полученные экспериментальные данные были подвергнуты математической статистической обработке (табл. 2).

Таблица 2

*Правильность и воспроизводимость определения палладия(II). V=25мл; n=5; $t_a=2,58$
(платиновый электрод)*

Взято Pd(II), мг/мл	Найдено Pd(II), мг/мл	S_x	S_r	Доверительный интервал	Коэффициент вариации, %
0,1612	0,1860	0,0015	2,04	0,00417	2,51
0,0322	0,0332	0,0003	2,02	0,00083	2,50

Как видно из данных табл. 2, погрешность определения палладия(II) находится в допустимых пределах (не превышает 2,5% относительных).

Разработанная методика была использована для определения палладия(II) в электролите палладирования. Амперометрическое титрование проводили на фоне 2,0М серной кислоты при потенциале +1,2В. Содержание палладия при определении его N,N-дифенил- и N,N'-дифенилтиомочевинами составляет 0,1379 мг/мл. При амперометрическом титровании того же раствора с использованием ФТМ найдено 0,1394 мг/мл.

Полученные данные свидетельствуют о возможности применения N,N-дифенил- и N,N'-дифенилтиомочевин в качестве реагентов для амперометрического определения микроколичеств палладия.

Кафедра аналитической химии

Поступила 01.06.2004

ЛИТЕРАТУРА

1. Сонгина О.А., Захаров В.А. Амперометрическое титрование. М.: Химия, 1979, с. 228.
2. Kim Sing, Cha Ki-Won – Talanta, 2002, v. 57, № 4, p. 675. РЖХ 03.04-19Г, № 186.
3. Щербакова Л.В., Петрова Б.И., Чеботарев В.К. – Изв. Алтайского госуниверситета, 2000, № 3(17), с. 28.
4. Супрунович В.И., Плаксиенко И.А. – Тез. докладов XVII Международного совещания по химии, анализу и технологии платиновых металлов. М.: Изд-во ГЕОХИ РАН, 2001, с. 179.
5. Ваганова М.Л., Горелов И.А. – Тез. докладов Всероссийской конф. с международным участием «Сенсор-2000», «Сенсоры и микросистемы». Санкт-Петербург, 2000, с. 101.

6. Чеботарев В.К., Петрова Б.И. – Тез. докладов V Всероссийской конф. с участием стран СНГ: Электрохимические методы анализа ЭМА-99. М., 1999, с. 231.
7. Иванов А.Б. – Там же, 1999, с. 65.
8. Мкртчян А.Р., Дарбинян Г.Г., Шапошникова Г.Н., Хачатрян А.Г. Информационные технологии и управление. Ер.: Энциклопедия-Армения, 2003, т. 1, № 2, с. 194.
9. Мкртчян А.Р., Дарбинян Г.Г., Шапошникова Г.Н., Хачатрян А.Г. – Ученые записки ЕГУ, 2005, № 1, с. 139.

Ա. Ռ. ՄԱՐՏՅԱՆ, Հ. Հ. ԴԱՐԲԻՆՅԱՆ, Գ. Ն. ՇԱՊՈՇՆԻԿՈՎԱ, Հ. Գ. ԽԱՇԱՏՐՅԱՆ

**ՊԱԼԱԴԻՈՒՄ(II)-Ի ԱՄՊԵՐԱՉԱՓԱԿԱՆ ՈՐՈՇՈՒՄԸ
N,N-ԴԻՖԵՆԻԼ- ԵՎ N,N'-ԴԻՖԵՆԻԼԹԻՈՍԻԶԱՆՅՈՒԹԵՐՈՎ**

Ամփոփում

Ամպերաչափական տիտրման եղանակով ստուճանաիրվել է պալադիում(II)-ի փոխազդեցությունը N,N-դիֆենիլ- և N,N'-դիֆենիլթիումիզանյութերի հետ: Արձանագրվել է փոխազդող քաղաղրիչների Pd(II):R=1:2 և Pd(II):R=1:4 մոլային հարաբերակցություններով ռեակցիաների ընթացքը: Պալադիում(II)-ի որոշումը հնարավոր է ծծմբական և քլորաջրածնական թթուների կոնցենտրացիաների լայն տիրույթում: Կատարվել է փորձարարական տվյալների մաթեմատիկական վիճակագրական մշակում:

Մշակվել է վերը նշված ռեագենտներով պալադիում(II)-ի ամպերաչափական որոշման մեթոդիկա, որը կիրառվել է պալադիումապատման էլեկտրոլիտում նրա որոշման համար:

A. R. MKRTCHYAN, G. G. DARBINYAN, G. N. SHAPOSHNIKOVA, H. G. KHACHATRYAN

**AMPEROMETRIC DETERMINATION OF PALLADIUM(II)
BY N,N-DIPHENYL- AND N,N'-DIPHENYLTHIOUREAS**

Summary

Interaction of palladium(II) with N,N-diphenyl- and N,N'-diphenylthioureas has been studied by means of amperometric titration method. Passing of the reactions has been recorded with Pd(II):R=1:2 and Pd(II):R=1:4 molar ratio between the reacted components. Determination of the palladium(II) is possible within wide concentration range of the sulphuric and hydrochloric acids. Statistical mathematical treatment of the experimental data has been carried out.

Technique for amperometric determination of the palladium using the above-mentioned reagents has been elaborated and applied for its determination in the palladium-plating electrolyte.

УДК 547.831.751

А. А. ПИВАЗЯН

СИНТЕЗ И ПРЕВРАЩЕНИЯ БЕНЗ-ЗАМЕЩЕННЫХ 4-ГИДРОКСИ-3-(2-ХЛОРПРОП-2-ЕНИЛ)-2-МЕТИЛХИНОЛИНОВ

Осуществлен синтез бенз-замещенных 4-гидрокси-3-(2-хлорпроп-2-енил)-2-метилхинолинов О-аллилированием соответствующих замещенных 4-гидрокси-2-метилхинолинов с последующей перегруппировкой Кляйзена получающихся бенз-замещенных 4-(2-хлорпроп-2-енилокси)-2-метилхинолинов. В результате химических превращений на их основе синтезированы целевые бенз-замещенные 4-амино-3-(2'-метилиндолил-3')-2-метилхинолины.

В продолжение осуществленных ранее работ по получению и превращениям 3-(аллил-замещенных)хинолинов [1–3] нами разработан метод получения бенз-замещенных 4-гидрокси-3-(2-хлорпроп-2-енил)-2-метилхинолинов (см. схему: II а, б) и некоторых их производных. Ранее нами было показано, что осуществить синтез из этиловых эфиров 2-[1-(ариламино)этилиден]-4-хлорпроп-4-еновых кислот в условиях реакции Конрада–Лимпахы невозможно, так как образующиеся продукты в условиях термической реакции сразу же циклизуются в соответствующие 2,4-диметилфуро[3,2-с]хинолины (III) [4].

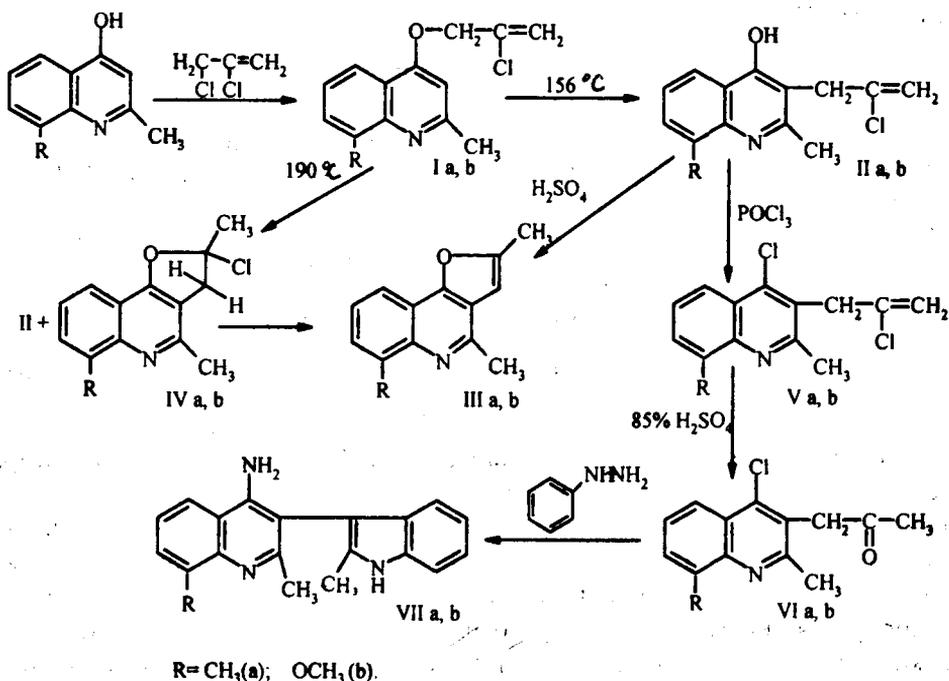
В данной работе нами разработаны оптимальные условия реакции и осуществлен синтез 3-хлорпропенилхинолинов (II а, б) перегруппировкой Кляйзена 4-(2-хлорпроп-2-енилокси)-2-метилхинолинов (I а, б), которые получали О-аллилированием бенз-замещенных 4-гидрокси-2-метилхинолинов 2,3-дихлорпропеном в среде абсолютного этанола в присутствии металлического натрия. Перегруппировку осуществляли кипячением I а, б в растворе бромбензола в течение 6–7ч [4, 5].

При проведении реакции в хлорбензоле перегруппировка вовсе не происходит, а при более высокой температуре (~180–190⁰С) наряду с основными продуктами II а, б получается небольшое количество бенз-замещенных 2-хлор-2,4-диметил-2,3-дигидрофуро[3,2-с]хинолинов (IV а, б). Последние при нагревании со спиртовым раствором NaOH ароматизируются, отщепляя HCl, и превращаются в соответствующие бенз-замещенные фуорохинолины (III). Соединения III были получены также встречным синтезом – выдерживанием II в серной кислоте при 25⁰С в течение 5–6ч. По всей вероятности, про-

тонирование карбонильной группы, образовавшейся в результате кислотного гидролиза хлорвинильного фрагмента, облегчает нуклеофильную атаку 4-ОН группы на карбонильный атом углерода, происходит циклизация с последующей дегидратацией и ароматизацией дигидрофуранового кольца.

Полученные в обоих случаях соединения III a, b по своим физико-химическим свойствам идентичны веществам, полученным нами ранее по методу, описанному в [4, 6].

Далее, по разработанной нами методике [6] синтезированы бенз-замещенные 2-метил-3-(2-оксипропил)-4-хлорхинолины (VI a, b) с высоким выходом по следующей схеме:



С целью получения новых производных было осуществлено взаимодействие VI a, b с солянокислым фенилгидразином при соотношении реагентов 1:2 соответственно. Реакцию проводили в спиртовой среде в присутствии концентрированной серной кислоты. Ранее нами было сообщено о новом направлении реакции 2-метил-3-(3-оксобутил)-4-хлорхинолинов с солянокислым фенилгидразином, приводящем к 4-амино-(2'-метилиндолил-3')метил-2-метилхинолинам [7]. В данном случае реакция протекает аналогично – через бензидиновую перегруппировку с образованием бенз-замещенных 4-амино-(2'-метилиндолил-3')-2-метилхинолинов (VII a, b) и отщеплением анилина.

Экспериментальная часть. Спектры ЯМР ¹H регистрировались на приборе Varian Mercury-300 с использованием ДМСО-d₆. Контроль за чистотой полученных соединений осуществляли с помощью ТСХ на пластинах Silufol UV-254, проявитель – пары йода.

4-(2-Хлорпроп-2-енилокси)-2-метилхинолины (I a, b). К алкоголяту, полученному из 100мл абсолютного этанола и 2,3г (0,1моль) металлического

натрия, прибавляли 17,4г (0,1моль) 4-гидрокси-2,8-диметилхинолина или 19г 4-гидрокси-2-метил-8-метоксихинолина, и смесь нагревали 30мин на водяной бане. Затем через капельную воронку медленно при температуре смеси 35–40°C в течение 1ч при перемешивании добавляли 11,2г (0,1моль) 2,3-дихлорпропена и кипятили на водяной бане 8–9ч. Спирт отгоняли, к остатку прибавляли 100мл воды. Полученный осадок отфильтровывали и перекристаллизовывали из смеси спирт–вода (1:1). I а – выход 74%. $T_{пл}=63–64^{\circ}C$. R_f 0,58 (толуол–этанол, 3:2). Найдено, %: С 67,95; Н 5,77; N 5,54; Cl 14,52. $C_{14}H_{14}NClO$. Вычислено, %: С 67,88; Н 5,70; N 5,66; Cl 14,34. I б – выход 77%, $T_{пл}=121–122^{\circ}C$. R_f 0,60 (толуол–этанол, 3:2). Найдено, %: С 63,92; Н 5,42; N 5,29; Cl 13,61. $C_{14}H_{14}NClO_2$. Вычислено, %: С 63,76; Н 5,35; N 5,31; Cl 13,47.

4-Гидрокси-3-(2-хлорпроп-2-енил)-2-метилхинолины (II а, б).

1. 0,01моль соответствующего I а, б растворяли в 10мл бромбензола и кипятили 6–7ч. Реакционную смесь охлаждали, образовавшийся осадок отфильтровывали и перекристаллизовывали из спирта. II а – выход 90%. $T_{пл}=225–226^{\circ}C$. R_f 0,54 (толуол–этанол, 3:2). Найдено, %: С 68,05; Н 5,85; N 5,44; Cl 14,52. $C_{14}H_{14}NClO$. Вычислено, %: С 67,88; Н 5,70; N 5,66; Cl 14,34. Спектр ЯМР 1H , δ , м.д.: 2,40 с (3H, CH_3); 2,50 с (3H, CH_3); 3,6 с (2H, CH_2); 5,0 д (2H, CH_2); 7,1–8,1 м (4H, аром.); 11,25 с (H, OH). II б – выход 85%. $T_{пл}=170–171^{\circ}C$. R_f 0,62 (гексан–этанол, 2:1). Найдено, %: С 63,85; Н 5,46; N 5,49; Cl 13,25. $C_{14}H_{14}NClO_2$. Вычислено, %: С 63,76; Н 5,35; N 5,31; Cl 13,47.

2. К 0,005моль I а, б прибавляли 5мл вазелинового масла и нагревали 10мин при 180–190°C. После охлаждения полученное вещество отфильтровывали, обрабатывали 5%-ой HCl, образовавшийся осадок II а, б отфильтровывали и перекристаллизовывали из спирта. II а – выход 72%. $T_{пл}=225–226^{\circ}C$. II б – выход 68%. $T_{пл}=172^{\circ}C$. Раствор обрабатывали активированным углем, фильтровали и подщелачивали NaOH (рН 8–8,5). Выпавшие кристаллы IV а, б отфильтровывали и перекристаллизовывали из гексана (или из смеси спирт–вода, 1:1). IV а – выход 18%. $T_{пл}=123^{\circ}C$. R_f 0,75 (спирт–гексан, 1:2). Найдено, %: С 67,97; Н 5,58; N 5,80; Cl 14,20. $C_{14}H_{14}NClO$. Вычислено, %: С 67,88; Н 5,70; N 5,66; Cl 14,34. IV б – выход 20%. $T_{пл}=110^{\circ}C$. R_f 0,61 (спирт–гексан, 1:1). Найдено, %: С 63,54; Н 5,49; N 5,50; Cl 13,24. $C_{14}H_{14}NClO_2$. Вычислено, %: С 63,76; Н 5,35; N 5,31; Cl 13,47. Спектр ЯМР 1H , δ , м.д.: 1,4 с (3H, 2– CH_3); 2,45 с (3H, 4– CH_3); 7,0–7,70 м (4H, аром.).

2,4-Диметилфуоро[3,2-с]хинолины (III а, б).

1. К 0,005моль соответствующего бенз-замещенного 4-гидрокси-3-(2-хлорпроп-2-енил)-2-метилхинолина прибавляли 5мл концентрированной серной кислоты и оставляли при 25°C на 5–6ч. Затем смесь выливали на 50г толченого льда, фильтровали и подщелачивали до рН 8. Образовавшийся осадок отфильтровывали и перекристаллизовывали из гексана (или из смеси спирт–вода, 1:1). III а – выход 88%. $T_{пл}=80–81^{\circ}C$. R_f 0,60 (хлороформ–гексан, 1:2). Найдено, %: С 79,75; Н 6,20; N 6,51. $C_{14}H_{14}NO$. Вычислено, %: С 79,62; Н 6,16; N 6,64. III б – выход 90%. $T_{пл}=95–96^{\circ}C$. R_f 0,54 (хлороформ–гексан, 1:2). Найдено, %: С 74,06; Н 5,86; N 6,21. $C_{14}H_{14}NO_2$. Вычислено, %: С 73,99; Н 5,77; N 6,17. Спектр ЯМР 1H , δ , м.д.: 2,20 с (3H, CH_3); 2,52 с (3H, $NCCH_3$); 3,0 с (3H, OCH_3); 6,65 с (H, 3–CH); 7,37–7,78 м (4H, аром.).

2. К раствору 0,0025 моль 2-хлор-2,4-диметил-2,3-дигидрофуоро[3,2-с]хинолина (IV а, б) в 15 мл этанола прибавляли 0,2 г (0,005 моль) гидроксида натрия, растворенного в 2 мл воды. Реакционную смесь кипятили на водяной бане 2 ч, затем спирт отгоняли, к остатку прибавляли 30 мл воды, осадок отфильтровывали и перекристаллизовывали из гексана (или из смеси спирт-вода, 1:1). III а – выход 93%. $T_{пл}=80-81^{\circ}C$. III б – выход 94%. $T_{пл}=95-96^{\circ}C$. Полученные по методике 1 и 2 соединения III а, б не дают депрессии температуры плавления, и ее значения совпадают с литературными данными [6].

2-Метил-3-(2-хлорпроп-2-енил)-4-хлорхинолины (V а, б). Смесь 0,005 моль соответствующего II а, б и 10 мл хлорокиси фосфора нагревали 3 ч на водяной бане. Затем избыток хлорокиси фосфора отгоняли под вакуумом, к остатку прибавляли 50 г толченого льда, оставляли на ночь. После нейтрализации полученный продукт отфильтровывали и перекристаллизовывали из смеси спирт-вода (1:1). V а – выход 97%. $T_{пл}=42-43^{\circ}C$. R_f 0,58 (толуол-гексан, 1:1). Найдено, %: С 63,20; Н 5,03; N 5,19; Cl 26,48. $C_{14}H_{13}NCl_2$. Вычислено, %: С 63,18; Н 4,92; N 5,26; Cl 26,69. V б – выход 98%. $T_{пл}=86-87^{\circ}C$. R_f 0,47 (этанол-гексан, 1:1). Найдено, %: С 60,06; Н 4,70; N 4,78; Cl 25,31. $C_{14}H_{13}NCl_2O$. Вычислено, %: С 59,59; Н 4,64; N 4,96; Cl 25,18. Спектр ЯМР 1H , δ , м.д.: 2,75 с (3H, CH_3); 3,85 с (3H, OCH_3); 4,05 с (2H, CH_2); 4,84 с и 5,25 с ($C=CH_2$); 7,60–8,20 м (4H, аром.).

2-Метил-3-(2-оксопропил)-4-хлорхинолин (VI а, б). К 0,005 моль соответствующего соединения IV а, б прибавляли 5 мл 85%-ой серной кислоты и нагревали на водяной бане при $50-60^{\circ}C$ до полного выделения хлористого водорода, затем выливали на 20 г толченого льда, фильтровали и раствор подщелачивали. Осадок отфильтровывали и перекристаллизовывали из 50%-го спирта. VI а – выход 88%. $T_{пл}=99-100^{\circ}C$. R_f 0,72 (толуол-этанол, 3:2). Найдено, %: С 67,76; Н 5,84; N 5,52; Cl 14,46. $C_{14}H_{14}NClO$. Вычислено, %: С 67,88; Н 5,66; N 5,66; Cl 14,34. VI б – выход 95%. $T_{пл}=154-155^{\circ}C$. R_f 0,67 (толуол-этанол, 3:2). Найдено, %: С 63,88; Н 5,14; N 5,47; Cl 13,31. $C_{14}H_{14}NClO_2$. Вычислено, %: С 63,76; Н 5,31; N 5,31; Cl 13,47. Соединения дают положительную реакцию на йодоформ, характерную для метилкетонов. ИК-спектр, ν , cm^{-1} : 1720 ($>C=O$).

4-Амино-3-(2'-метилиндолил-3')-2-метилхинолины (VII а, б). Смесь 0,005 моль соответствующего VI а, б, 1,44 г (0,01 моль) солянокислого фенилгидразина, 2,5 мл этанола и 0,6 мл концентрированной серной кислоты нагревали на водяной бане 12 ч, затем охлаждали и разбавляли водой, кислый раствор отфильтровывали и подщелачивали. Выпавший осадок также отфильтровывали, промывали водой и перекристаллизовывали из смеси спирт-вода (1:1). VII а – выход 62%. $T_{пл}=125-126^{\circ}C$. R_f 0,64 (этанол-тетрахлоруглерод, 1:6). Найдено, %: С 79,89; Н 6,49; N 13,83. $C_{20}H_{19}N_3$. Вычислено, %: С 79,73; Н 6,31; N 13,95. Спектр ЯМР 1H , δ , м.д.: 2,20 с (3H, CH_3); 2,25 с (3H, $NHCCN_3$); 2,60 с (3H, $NCCN_3$); 5,65 с (2H, NH_2); 7,6, 8–8,0 м (8H, аром.); 10,75 с (H, NH). VII б – выход 65%. $T_{пл}=118-119^{\circ}C$. R_f 0,56 (этанол-тетрахлоруглерод, 1:6). Найдено, %: С 75,87; Н 5,85; N 13,09. $C_{20}H_{19}N_3O$. Вычислено, %: С 75,71; Н 5,99; N 13,25.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гюльбудагян Л.В., Сагателян Ш.А. – ХГС, 1973, № 1, с. 84.
2. Гюльбудагян Л.В., Алексанян И.Л. – Арм. хим. ж., 1983, т. 36, с. 376.
3. Гюльбудагян Л.В., Алексанян И.Л. – Арм. хим. ж., 1989, т. 42, с. 407.
4. Аветисян А.А., Алексанян И.Л., Пивазян А.А. – ЖОрХ, 2004, т. 40, № 9, с. 1397.
5. Bartlett P.A. – Tetrahedron, 1980, v. 36, p. 28.
6. Алексанян И.Л. Гетеротрициклические соединения на основе C₃- и N-аллильных производных 4-окси- и 2-окси(меркапто)хинолинов. Автореф. дис. на соискание уч. ст. канд. хим. наук. Ер., 1985.
7. Аветисян А.А., Алексанян И.Л., Пивазян А.А. – ХГС, 2005, № 4, с. 554.

Ա. Ա. ՊԻՎԱԶՅԱՆ

ԲԵՆԶ-ՏԵՂԱԿԱԼՎԱԾ 4-ՀԻԴՐՕՔՍԻ-3-(2-ԶԼՈՐՊՐՈՊ-2-ԵՆԻԼ)-2-ՄԵԹԻԼԽԻՆՈԼԻՆՆԵՐԻ ՄԻՆԹԵԶԸ ԵՎ ՓՈԽԱՐԿՈՒՄՆԵՐԸ

Ամփոփում

Իրականացվել է բենզ-տեղակալված 4-հիդրօքսի-3-(2-քլորպրոպ-2-ենիլ)-2-մեթիլխինոլինների սինթեզ՝ համապատասխան 4-հիդրօքսի-2-մեթիլխինոլինների Օ-ալիլացմամբ և ստացվող 4-(2-քլորպրոպ-2-ենիլօքսի)-2-մեթիլխինոլինների Կլայզենի վերախմբավորումով: Դրանցից ելնելով՝ հետագա քիմիական փոխարկումների արդյունքում սինթեզվել են բենզ-տեղակալված 4-ամինո-3-(2'-մեթիլինդոլիլ-3')-2-մեթիլխինոլիններ:

A. A. PIVAZYAN

SYNTHESIS AND CONVERSIONS OF BENZ-SUBSTITUTED 4-HYDROXY-3-(2-CHLORPROP-2-ENYL)-2-METHYLQUINOLINES

Summary

4-Hydroxy-3-(2-chlorprop-2-enyl)-2-methylquinolines were synthesized by O-allylation of corresponding 4-hydroxy-2-methylquinolines and further rearrangement of resulting 4-(2-chlorprop-2-enyloxy)-2-methylquinolines. As a result of following reactions, they were converted to 4-amino-3-(2'-methylindolyl-3')-2-methylquinolines.

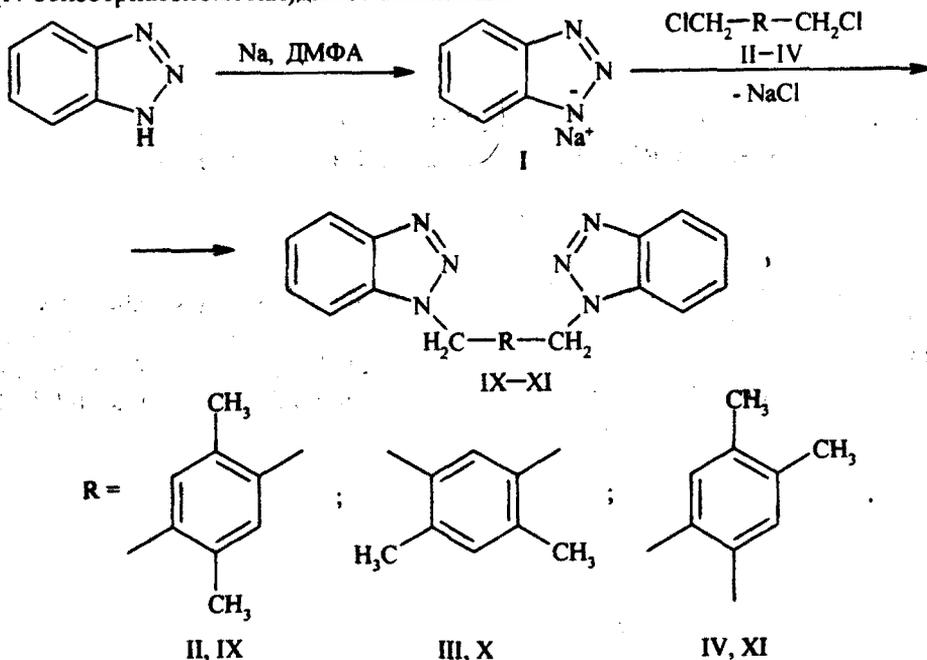
УДК 547.79

Э. Г. МЕСРОПЯН, А. А. АВЕТИСЯН, А. С. ГАЛСТЯН

СИНТЕЗ ПРОИЗВОДНЫХ БЕНЗОТРИАЗОЛА

Изучено взаимодействие натриевой соли бензотриазола с 1,2-ди(хлорметил)4,5-диметилбензолом, 1,5-ди(хлорметил)2,4-диметилбензолом, 1,4-ди(хлорметил)2,5-диметилбензолом, этиловым эфиром монохлоруксусной кислоты, эпихлоргидрином, этиленхлоргидрином и хлорангидридом антралиновой кислоты, осуществлен синтез производных бензотриазолов.

С целью синтеза новых производных бензотриазола изучено его взаимодействие с различными электрофильными агентами [1–5]. Показано, что при взаимодействии натриевой соли бензотриазола (I) с дихлорметил-производными диметилбензолов (II–IV) при мольном соотношении реагентов 2:1 в ДМФА образуются соответственно 1,4-ди(IX)-, 1,5-ди(X)- и 1,2-ди(XI)-(N-бензотриазолометил)диметилбензолы:



ДМФА (10мл) при перемешивании по каплям прибавляли 2г (0,01моль) раствора 1,4-ди(хлорметил)2,5-диметилбензола в абсолютном ДМФА (15мл). Реакционную смесь при перемешивании нагревали на водяной бане 1ч. Затем смесь оставляли на 24ч при комнатной температуре, после чего вливали в воду, выпавший осадок отфильтровывали, снова сушили и очищали, т.е. растворяли в ацетоне и осаждали водой. Осадок отфильтровывали и сушили.

Таблица 2

Спектры ИК и ЯМР ¹Н синтезированных соединений

Соединение	Спектр ИК: ν , см ⁻¹	Спектр ЯМР ¹ Н: δ , м.д.
IX	1600 (Ar)	6,78 с (2H, ксилол); 6,37 м (8H, бензотриазол); 5,68 с (4H, CH ₂ -N); 2,15 с (6H, CH ₃)
X	1605 (Ar)	6,74 с (2H, ксилол); 6,40 м (8H, бензотриазол); 5,60 с (4H, CH ₂ -N); 2,13 с (6H, CH ₃)
XI	1610 (Ar)	6,80 с (2H, ксилол); 6,35 м (8H, бензотриазол); 5,70 с (4H, CH ₂ -N); 2,15 с (6H, CH ₃)
XII	1735 (C=O); 1610 (Ar)	7,2 м (4H, бензотриазол); 4,88 с (2H, CH ₂ -N); 4,28 кв (2H, CH ₂ CH ₃); 1,87 т (3H, CH ₂ CH ₃)
XIII	1605 (Ar)	7,21 м (4H, бензотриазол); 4,65 с (2H, CH ₂ -N); 2,96 м (1H, CH ₂ , эпексид); 2,63 м (1H, CH ₂ , эпексид); 2,18 м (1H, CH, эпексид)
XIV	3450 (OH); 1605 (Ar)	7,15 м (4H, бензотриазол); 4,05 ш.с (1H, OH); 3,68 м (4H, CH ₂ CH ₂)
XV	3450, 3440 (NH ₂); 1710 (C=O); 1650 (NH ₂); 1600 (Ar)	6,35–7,54 м (8H, Ar); 4,68 с (2H, NH ₂)

Аналогично IX получены соединения X и XI. В отличие от IX, кристаллы X растворяли в хлороформе и осаждали гексаном. Кристаллы XI промывали метанолом.

N-Этоксикарбонилметилбензотриазол (XII). К раствору 1,4г (0,01моль) натриевого производного бензотриазола в абсолютном ДМФА (20мл) при перемешивании по каплям прибавляли 1,3г (0,01моль) этилового эфира монохлоруксусной кислоты. Реакционную смесь перемешивали при комнатной температуре в течение 48ч. Выпавший осадок отфильтровывали из раствора после отгонки ДМФА, остаток перегоняли под вакуумом.

N-Глицидилбензотриазол (XIII). Аналогично XII получено соединение XIII. Однако здесь реакционную смесь нагревали на водяной бане 2ч.

N-(β -Оксиэтил)бензотриазол (XIV). Аналогично XII получено соединение XIV, но реакционную смесь нагревали на водяной бане 7ч.

N-(Ортоаминобензоил)бензотриазол (XV). К раствору 2г (0,0143моль) натриевого производного бензотриазола в абсолютном ДМФА (20мл) при перемешивании по каплям прибавляли 2,22г (0,0143моль) раствора хлоран-

гидрида антралиловой кислоты в абсолютном ДМФА (15мл). Реакционную смесь при перемешивании нагревали на водяной бане 1,5ч. После фильтрации и отгонки растворителя на осадок добавляли эфир, выпавшие кристаллы XV промывали эфиром и сушили.

Кафедра органической химии

Поступила 31.01.2005

ЛИТЕРАТУРА

1. Фаворская Т.А., Якимович С.И., Игнатюк Л.Н. – ЖОрХ, 1971, вып. 7, с. 1184.
2. Кузнова Т.М., Дорохов А.П., Левин С.З. – ЖОрХ, 1976, вып. 11, с. 1241.
3. Месропян Э.Г., Амбарцумян Г.Б., Дангян М.Т. – Химия и хим. технология, 1983, вып. 2, с. 102.
4. Воронков М.Г., Трофимова О.М., Болгова Ю.И., Клыба Л.В., Ларина Л.И., Албанов А.И., Пестунович В.А., Чернов Н.Ф., Петрушенко К.Б. – ХГС, 2003, № 12, с. 1861.
5. Wiley R.H., Hussung K.H., Moffat J. – J. Am. Chem. Soc., 1955, v. 77, p. 5105.

Է. Գ. ՄԵՍՐՈՊՅԱՆ, Ա. Ա. ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ, Ա. Ս. ԳԱԼՍՏՅԱՆ

ԲԵՆՆՉՈՏՐԻԱԶՈՒԼԻ ԱԾԱՆՑՅԱԼՆԵՐԻ ՍԻՆԹԵԶ

Ամփոփում

Իրականացրել ենք բենզոտրիազոլի ածանցյալների սինթեզ, փոխազդեցության մեջ դնելով բենզոտրիազոլի նատրիումական ածանցյալը 1,2-դի(քլորմեթիլ)4,5-դիմեթիլբենզոլի, 1,5-դի(քլորմեթիլ)2,4-դիմեթիլբենզոլի, 1,4-դի(քլորմեթիլ)2,5-դիմեթիլբենզոլի, մոնոքլորքացախաթթվի էթիլէստերի, էպիքլորհիդրինի, էթիլէնքլորհիդրինի և անտրանիլաթթվի քլորանհիդրիդի հետ:

E. G. MESROPYAN, A. A. AVETISYAN, A. S. GALSTYAN

SYNTHESIS OF DERIVATIVES OF BENZOTRIAZOLE

Summary

A synthesis of benzotriazole derivatives by interaction of benzotriazole sodic derivative with 1,2-di(chloromethyl)4,5-dimethylbenzene, 1,5-di(chloromethyl)2,4-dimethylbenzene, 1,4-di(chloromethyl)2,5-dimethylbenzene, ethyl chloroacetat, epichlorohydrin, ethylene chlorohydrin and 2-aminobenzoyl chloride have been realized.

УДК 616.155.392-036.11-092-07

А. С. МКРТЧЯՆ

СКРИНИНГОВОЕ ИЗУЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ АБЕРРАЦИЙ У БОЛЬНЫХ ОСТРЫМ МИЕЛОИДНЫМ ЛЕЙКОЗОМ МЕТОДОМ FISH В ИНТЕРФАЗНЫХ КЛЕТКАХ

Изучены количественные aberrации у 19 больных острым миелоидным лейкозом (ОМЛ) с применением метода флуоресцентной *in situ* гибридизации (FISH) в интерфазных клетках. На кафедре генетики и цитологии ЕГУ были созданы центромерные ДНК-зонды для 8, 10, 11, 7, X и Y хромосом. У 10 больных были обнаружены разные количественные aberrации (не менее 3%) тестируемых хромосом. Из них у одного пациента была выявлена близкотетраплоидия. Метод FISH в интерфазных клетках позволил обнаружить цитогенетические нарушения у больных ОМЛ при невозможности классического хромосомного анализа и рекомендован нами для скринингового применения.

Введение. Острый миелоидный лейкоз (ОМЛ) представляет собой клональную экспансию миелобластов в костном мозге, периферической крови или других тканях [1]. Большинство больных ОМЛ имеет цитогенетические нарушения, многие из которых ассоциированы со специфическими морфологическими и клиническими признаками болезни. Первичные и вторичные хромосомные изменения в бластах при ОМЛ имеют неслучайную природу и патогенетически важны как при классификации, так и при прогнозе болезни [2]. Цитогенетические исследования больных ОМЛ в некоторых случаях затруднены из-за невозможности получения достаточного количества метафаз хорошего качества [3]. Появление новых технологий молекулярной цитогенетики, базирующихся преимущественно на *in situ* гибридизации нуклеиновых кислот, значительно расширило возможности генетической диагностики. Метод FISH (Fluorescence *in situ* hybridization) – это технология непосредственной визуализации участков генов на хромосомах и интерфазных ядрах [4]. Однако применение метода FISH не всегда доступно из-за высокой стоимости коммерческих ДНК-зондов. Развитие собственной библиотеки ДНК-зондов, включающих разные участки хромосом, важные при той или иной патологии, предоставляет возможность широкого и целенаправленного применения этого метода [5]. Использование комбинаций разных центромерных зондов для выявления количественных хромосомных aberrаций позволяет изучить большое число клеток путем подсчета сигналов в каждом ядре [4].

Целью представленной работы было создание центромерных ДНК-зондов некоторых хромосом и изучение методом интерфазной FISH количественных изменений этих хромосом у 19 больных ОМЛ, у которых отсутствовал цитогенетический диагноз.

Материалы и методы. Нами были изучены культивированные клетки костного мозга или периферической крови 19 больных ОМЛ (Центр гематологии и переливания крови МЗ РА). Среди них было 9 мужчин и 10 женщин.

Культивирование и приготовление препаратов. Клетки костного мозга и крови больных культивировались в среде RPMI 1640 с L-глутамином (*Sigma*, США) и 15% эмбриональной телячьей сыворотки (*BioMedia*, Малазия) в пластиковых матрацах (*Cellstar*®, США). Клетки костного мозга культивировались 24 часа, а клетки периферической крови – 48 часов в термостате при 37°C. Для остановки деления клеток в митозе использовался колцемид с конечной концентрацией 0,1 мг/мл в последние два часа культивации. Гипотонический шок, фиксация клеток, приготовление цитогенетических препаратов проводились по стандартной методике [6].

Приготовление ДНК-зондов и FISH. Центромер-специфичные ДНК-зонды были получены мечением определенной последовательности в ДНК человека методом Ник-трансляции. Источниками специфичных отрезков ДНК человека с α -сателлитными участками каждой хромосомы были трансгенные *E. coli* бактерии, содержащие векторы Alpha-7, pZ7,5; Alpha-8, pZ8,4; Alpha-10, pZ10-1,3; Alpha-11, pRB11; Alpha-X и Alpha-Y, полученные из университета Бари, Италия. После экстракции плазмидная ДНК была мечена набором DIG (Digoxigenin)-Ник-трансляции (*Roche*, Германия) согласно инструкции. Повторяющиеся последовательности полученных зондов были блокированы добавлением соответствующего количества ДНК, содержащих повторные участки (Human Cot-1 DNA (*Sigma*, США) и Human Fragmented Placenta DNA (*Sigma*, США)), далее ДНК-зонды осаждались и растворялись в гибридизационном буфере (*Hybrisol VI, Appligene Oncor*, США).

Цитогенетические препараты были обработаны в растворе 0,005% пепсина (*Sigma*, США) с 0,01N HCl на водяной бане при 37°C 15 мин. Далее хромосомы были зафиксированы в 1% растворе формальдегида в фосфатном буфере (pH=7,4) при комнатной температуре в течение 5 мин. Для дегидратации они содержались в 70, 85, 100%-ом растворах этанола по 5 мин.

ДНК-зонды были нанесены на предварительно обработанные препараты. После денатурации на горячей поверхности при 73°C препараты инкубировались во влажной камере при 37°C 12–16 ч. После гибридизации препараты промывались в растворах с детергентом 0,4XSSC/0,3%IGEPAL, pH=7,0, при 73°C 2 мин, а затем – в 2XSSC/0,1%IGEPAL, pH=7,0, при комнатной температуре 20 секунд.

Для выявления DIG-меченного ДНК-зонда в качестве флуорохрома использовался родамин (AntiDIG-Rhodamine, *Roche*, Германия), флуоресцирующий красный цвет. Для визуализации ядер и метафаз препараты окрашивались раствором диаминофенилизодида (DAPI/Antifade, *Sigma*, США) с конечной концентрацией 0,1 мг/мл. Препараты анализировались под флуоресцентным микроскопом (*Zeiss*, Германия) с использованием программы ISIS

(MetaSystem, Германия). Для каждого зонда исследовали более 100 интерфазных ядер, и эксперимент был повторен на препаратах со слабыми сигналами зонда.

Результаты и обсуждение. В представленной работе были исследованы количественные aberrации 7, 8, 10, 11, X и Y хромосом методом интерфазной FISH у 19 больных ОМЛ, у которых отсутствовал цитогенетический диагноз. Полученные результаты о количественных аномалиях для каждого больного представлены в таблице. Существуют разные мнения по поводу учета низкого процента таких аномалий при диагностике FISH как достоверных данных [7]. Однако во избежание ложных данных нами учитывались больные с количеством aberrантных клеток не меньше 3% [8].

У 10 больных из 19 наши исследования обнаружили разные количественные aberrации по тестируемым хромосомам.

У больного под номером 2 были выявлены трисомии и тетрасомии всех тестируемых хромосом в разном количественном соотношении, в ядрах – дополнительная Y хромосома (81,70%) и дополнительная X хромосома (82%). Можно предположить, что у данного больного наблюдается близкотетраплоидия, которая очень редко встречается при ОМЛ (обычно у пожилых мужчин) и имеет плохой прогноз [9, 10].

У 5 больных наблюдалось одновременное присутствие численных аномалий по нескольким хромосомам, что свидетельствует о прогрессии болезни [2, 6]. В наших исследованиях обнаруженные моносомии 7, 10, 11 сопровождалась двумя-тремя другими aberrациями каждая.

Моносомия 7 была определена в трех случаях, моносомия 8 – у 4 больных, трисомия 8 – у двух больных (без учета больного 2 с множественными три- и тетрасомиями), моносомия 10 выявлена у 3 больных, в 3 случаях обнаружена моносомия 11. Потеря Y хромосомы была выявлена в 3 случаях. Потеря X хромосомы не была обнаружена.

Потеря или добавление целой хромосомы нередко встречается при ОМЛ как единичное изменение и как дополнительная aberrация [11]. В ряде исследований показано вовлечение 4, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 15, 19, 21 и 22 хромосом в количественные аномалии [2, 6]. Потеря X хромосомы как одиночная аномалия встречается очень редко. Потеря Y хромосомы наблюдается чаще при всех миелоидных неоплазиях [1], обычно это изменение встречается у пожилых мужчин и не имеет патогенетического значения [2, 11]. Некоторые количественные aberrации ассоциированы со специфическими структурными aberrациями, подгруппой ОМЛ и имеют важное прогностическое значение [12]. В частности моносомия 7 обычно относится к неблагоприятным цитогенетическим изменениям [2, 13, 14].

Только в одном случае моносомия 11 хромосомы не сопровождалась потерями других тестируемых хромосом и также может ассоциироваться с неблагоприятным прогнозом [15].

Согласно литературным данным, выживаемость больных с трисомией 8 как единичной аномалией не отличается значительно от выживаемости больных с нормальным кариотипом, в то время как больные с трисомией 8,

Результаты исследований количественных aberrаций у больных острым миелоидным лейкозом методом FISH

№ больного	Пол, возраст	Исследуемая ткань	Количество aberrантных клеток в процентах																
			+8 (++8)	-8	+10 (++10)	-10	+11 (++11)	-11	+7 (++7)	-7	-X (+X)	-Y (+Y)							
1	М/25	КМ	0	3,70		30,33													
2	М/49	КМ	49,21 (22,22)	0	20 (54)	0	9,40 (87,18)	0	37,50 (28,48)	0	4,46	0	0	0	0	0	0	0	4,42 (81,70)
3	Ж/39	КМ	2,27	1,70	-	1,83	1,46	23,36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
4	Ж/60	ПК	1,02	1,37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
5	М/17	КМ	1,71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Ж/26	ПК	0,92	0	-	3,48	0,88	7,89	1,54	7,69	0	0	0	0	0	0	0	0	-
7	М/24	ПК	3,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Ж/20	КМ	0	0	0	0	0,99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
9	Ж/25	ПК	0	4,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
10	М/61	ПК	1,37	0	0	13,04	0	3,51	4,03	16,77	0	0	0	0	0	0	0	0	11,76
11	Ж/57	ПК	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
12	М/58	ПК	0,84	6,79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	М/63	КМ	0	24,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,00
14	Ж/68	КМ	0	0	2,67	0	0	2,40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
15	М/20	КМ	1,16	1,16	0	0	0	0	0	0	0,79	0	0	0	0	0	0	0	0
16	Ж/62	КМ	2,24	0,32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
17	Ж/50	КМ	1,64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
18	Ж/25	ПК	30,43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
19	М/67	ПК	0,91	2,72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ж - женский, М - мужской, ПК - периферическая кровь, КМ - костный мозг; знаками +, - и ++ обозначены трисомия, моносомия и тетрасомия аутосомных хромосом соответственно, +X, +Y - добавление, -X, -Y - потеря хромосом.
Жирным шрифтом отмечены больные с количеством aberrантных клеток не меньше 3%.

ассоциированной с другими неблагоприятными цитогенетическими aberrациями, имеют плохой прогноз [16, 17].

Таким образом, изучение численных аномалий методом интерфазной FISH позволило выявить некоторые цитогенетические изменения у больных, имеющие важное значение для прогноза ОМЛ. Создание и применение собственной библиотеки ДНК-зондов расширили возможности целенаправленного исследования цитогенетических нарушений у больных ОМЛ. Нами рекомендуется скрининговое использование метода интерфазной FISH для изучения цитогенетических нарушений у больных ОМЛ при невозможности классического хромосомного анализа. С этой целью планируется обогащение библиотеки ДНК-зондов и создание многоцветных локус-специфичных ДНК-зондов для выявления структурных aberrаций.

Кафедра генетики и цитологии

Поступила 29.10.2004

ЛИТЕРАТУРА

1. Jaffe E.S., Harris N.L., Stein H., Vardiman J.W. Pathology and Genetics of Tumors of Haematopoietic and Lymphoid Tissues IARC. Lyon, 2001.
2. Heim S., Mitelman F. Cancer Cytogenetics. 2-nd ed., New York: Wiley-Liss, 1995.
3. Fröhling S., Skelin S., Liebisch C., Scholl C., Schlenk R.F., Döhner H., Döhner K. – Journal of Clinical Oncology, 2002, v. 20, issue 10 (May), p. 2480–2485.
4. Rautenstrauss B., Liehr T. FISH technology. Springer. Lab Manual, 2002.
5. Arutyunyan R., Kasakyan S., Mkrtchyan H., Hovhannisyan A., Manvelyan M., Muradyan A. – Exp. oncol., 2003, v. 25, № 4, p. 307–309.
6. Rooney D.E. Human Cytogenetics malignancy and acquired abnormalities. 3-rd ed., New York: Oxford University Press, 2001.
7. Jenkins R.B., Le Beau M.M., Kraker W.J. et al. – Blood, 1992, v. 79, p. 3307–3315.
8. Cuneo A., Bigoni R., Roberti M. et al. – Haematologica, 1998, v. 83, p. 21–26.
9. Renuka V. Iyer. Massiv hyperploidy and tetraploidy in acute myeloid leukemia. ASCO Annual Meeting, 2002.
10. Estey E.H., Keating M.J., Dixon D.O., Trujillo J.M., McCredie K.B. & Freireich E.J. – Hematol. Pathol., 1987, № 1, p. 203–208.
11. Barch M.J., Knutsen T., Spurbeck J. The AGT Cytogenetics Laboratory Manual. 3-rd ed., Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers, 1997.
12. Neben K., Giesecke C., Schweizer S., Ho A.D., Krämer A. – Blood, 2003, v. 101, № 1, p. 289–291.
13. Yeh S.P., Wang Y., Su J., Hsueh E., Yu M., Wu H.Ti. – Ann Hematol, 2000, Jan., v. 79, № 1, p. 36–39.
14. Keating M.J., Cork A., Broach Y., Smith T., Walters R.S., McCredie K.B., Trujillo J. & Freireich E.J. – Leuk. Res., 1987, № 11, p. 119–133.
15. Salamantchouk Z.YA., Masliak Z.V., Lozynska M.R., Mazurok A.A., Rehtman G.B., Lohinskyj V.O. – Acta Medica Leopoliensia, 1997, № 3–4.
16. Wolfman S.R., Gundacker H., Appelbaum F.R. and Marilyn L. – Blood, 2002, v. 100, № 1, p. 29–35.
17. Giles F.J., Keating A., Goldstone A.H., Avivi I., Willman Ch.L. and Kantarjian H.M. – Hematology, 2002, № 1, p. 73–110.

ՍՈՒՐ ԼԵՅԿՈՉՈՎ ՀԻՎԱՆԴՆԵՐԻ ՈՐՈՇ ՔԱՆԱԿԱԿԱՆ
ԽԱԹԱՐՈՒՄՆԵՐԻ ՍԿՐԻՆԻՆԳԱՅԻՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ
ԻՆՏԵՐՖԱԶԱՅԻՆ ԲՋԻՉՆԵՐՈՒՄ FISH ՄԵԹՈՂՈՎ

Ամփոփում

Ուսումնասիրվել են սուր միելոիդային լեյկոզով (ՍՄԼ) 19 հիվանդների քանակական խաթարումները ինտերֆազային բջիջներում ֆլուորեսցենտ *in situ* հիբրիդիզացիայի (FISH) մեթոդով: ԵՊՀ-ի գենետիկայի և բջջաբանության ամբիոնում ստեղծվել են ցենտրոմերային ԴՆԹ զոնդեր 8, 10, 11, 7, X և Y քրոմոսոմների համար: 10 հիվանդների բջիջներում հայտնաբերվել են նշված քրոմոսոմների տարբեր քանակական արերացիաներ (ոչ պակաս, քան 3%): Մեկ հիվանդի դեպքում բացահայտվել է մոտոտերապիդիա: FISH մեթոդը ինտերֆազային կորիզներում թույլ տվեց ՍՄԼ-ով հիվանդների բջիջներում հայտնաբերել բջջագենետիկական խաթարումներ այն դեպքերում, երբ դասական քրոմոսոմային անալիզը անհնար էր: Այն առաջարկվում է մեր կողմից սկրինինգային կիրառման համար:

H. S. MKRTCHYAN

SCREENING INVESTIGATION OF SOME NUMERICAL ABERRATIONS
AT PATIENTS WITH ACUTE MYELOID LEUKEMIA BY FISH METHOD
IN INTERPHASE CELLS

Summary

Numerical aberrations of 19 patients with acute myeloid leukemia have been studied by the technique of Fluorescence *in situ* hybridization (FISH) in interphase cells. The centromere specific DNA probes for chromosomes 8, 10, 11, 7, X and Y were prepared in the Department of Genetics and Cytology of YSU. We revealed different numerical aberrations of tested chromosomes (not less than 3%) at 10 patients. Near-tetraploidy was found at one of them. FISH method in interphase cells allowed to reveal cytogenetic abnormalities at patients with AML, as the conventional cytogenetic analysis is inaccessible, and screening application is recommended by us.

УДК 577.155.3, 535.372

М. Л. ГЕВОРКЯН, М. А. ДАВТЯН

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ АРГИНАЗЫ

Спектр флуоресценции (ФЛ) растворов аргиназы при возбуждении ультрафиолетовым светом с длиной волны $\lambda_{\text{возб}}=257\text{нм}$ по форме и положению максимума сходен со спектром ФЛ, возникающей при $\lambda_{\text{возб}}=297\text{нм}$. Изменение рН растворов аргиназы, взаимодействие с гидроксиламином, а также длительный диализ влияют на отношение интенсивностей ФЛ в максимуме при указанных длинах волн возбуждения ($I_{257}^{\text{max}}/I_{297}^{\text{max}}$), что связано, по-видимому, с изменением микроокружения ароматических аминокислотных остатков в аргиназе при различных воздействиях на фермент. Сравнительное изучение спектров ФЛ при $\lambda_{\text{возб}}=257$ и 297нм , очевидно, может использоваться как дополнительный чувствительный метод для получения новой информации о небольших конформационных изменениях белковых молекул.

Исследование спектров флуоресценции (ФЛ) является одним из распространенных методов изучения конформационных изменений белков в растворах. Основными хромофорами в белках, флуоресцирующими при возбуждении ультрафиолетовым светом с $\lambda_{\text{возб}}=280\text{нм}$, являются остатки триптофана и тирозина [1, 2]. Остатки фенилаланина поглощают энергию в более коротковолновой области спектра и слабо флуоресцируют [3], чем и объясняется отсутствие внимания к ним при изучении флуоресцентных свойств белковых молекул. В настоящей работе изучалась ФЛ растворов аргиназы печени быка при возбуждении ультрафиолетовым светом с $\lambda_{\text{возб}}=257\text{нм}$, при которой энергию поглощают также и остатки фенилаланина.

Материалы и методы. В работе использовали лиофилизированный препарат аргиназы печени быка и глицин фирмы Reanal (Венгрия). Остальные реактивы – отечественного производства с маркой ч.д.а. или х.ч. Растворы белка готовили на $0,05\text{М}$ глициновом или $0,01\text{М}$ фосфатном буферах в концентрациях 10^{-6} – 10^{-7}М . Спектры ФЛ измеряли на спектрофлуориметре Cary Eclipse Varian при ширине щелей монохроматоров 5 и 10 нм для возбуждения и излучения соответственно.

Обработку гидроксиламином (ГА) проводили при комнатной температуре (20°C). К раствору аргиназы ($8 \cdot 10^{-6}\text{М}$) на фосфатном буфере (рН 6) до-

бавляли 50ММ ГА и инкубировали в течение 60 минут. Перед измерением спектров ФЛ пробу разбавляли буфером в 5 раз. Диализ проводили при 4°С и постоянном перемешивании с помощью магнитной мешалки. Раствор аргиназы на 0,01М глициновом буфере (рН 7) диализовали против 280–300 объемов дистиллированной воды в течение 18 часов. Затем пробу разбавляли в 5 раз фосфатным буфером (рН 6) или водой и снимали спектры ФЛ.

Результаты и обсуждение. Флуоресцентные свойства аргиназы печени быка изучались в ряде работ [4–6]. Основные параметры ФЛ по данным разных авторов несколько отличаются, что, по-видимому, связано с различиями в процедуре очистки и наличием тех или иных примесей в препаратах ферментов. Спектр ФЛ растворов используемого нами препарата аргиназы печени быка при $\lambda_{\text{возб}}=297\text{нм}$ имеет максимум при 338нм (рис. 1), что было показано ранее [6, 7]. Из рисунка видно, что интенсивность ФЛ при $\lambda_{\text{возб}}=280\text{нм}$ значительно выше, чем при $\lambda_{\text{возб}}=297\text{нм}$, а максимум смещен на 1–2нм. Это свидетельствует о том, что, хотя остатки тирозина вносят вклад в процессы флуоресценции аргиназы при $\lambda_{\text{возб}}=280\text{нм}$, в спектрах ФЛ определя-

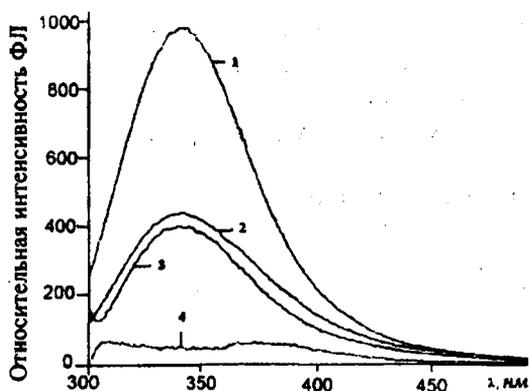


Рис. 1. Спектры ФЛ раствора аргиназы (рН 6, концентрация — $4 \cdot 10^{-7}\text{М}$) при $\lambda_{\text{возб}}=280\text{нм}$ (1), 257нм (2), 297нм (3); разностный спектр ФЛ (4).

ющей является триптофановая компонента. Были измерены спектры ФЛ растворов аргиназы при $\lambda_{\text{возб}}=257\text{нм}$, когда кроме остатков триптофана и тирозина энергию поглощают также и остатки фенилаланина. Количество этих аминокислотных остатков в аргиназе печени быка, согласно литературным данным [8], составляет 36 остатков на молекулу фермента.

Спектр ФЛ раствора аргиназы (рН 6) при $\lambda_{\text{возб}}=257\text{нм}$ (рис. 1, кр.2) по форме и положению максимума сходен со спектром ФЛ при $\lambda_{\text{возб}}=297\text{нм}$ (кр. 3). Интенсивность этой ФЛ почти вдвое меньше, чем при $\lambda_{\text{возб}}=280\text{нм}$ (кр.1) и несколько больше, чем интенсивность ФЛ при $\lambda_{\text{возб}}=297\text{нм}$. Основными центрами ФЛ аргиназы и в этом случае являются остатки триптофана, однако определенный вклад в эти процессы, по-видимому, вносят и остатки тирозина. По кривой 4, представляющей собой разность между спектрами 2 и 3, можно оценить вклад остатков тирозина в спектр ФЛ аргиназы при $\lambda_{\text{возб}}=257\text{нм}$ в данных условиях. Так как остатки фенилаланина в исследуемой области спектра не флуоресцируют, можно предположить, что энергия, поглощенная этими аминокислотными остатками при $\lambda_{\text{возб}}=257\text{нм}$, мигрирует внутри белковой молекулы на основные флуоресцирующие центры аргиназы. Взаимное расположение хромофоров в аргиназе, возможно, способствует переносу поглощенной энергии на находящиеся в непосредственной близости остатки триптофана или тирозина. Необходимо учитывать также, что в белках имеет место тушение ФЛ целым рядом контактирующих с хромофорами функциональ-

ных групп, среди которых аминогруппы, карбоксильные, сульфгидрильные группы и др. [1].

При изменении рН среды, при взаимодействии с ГА и в результате длительного диализа наблюдается изменение интенсивностей ФЛ растворов

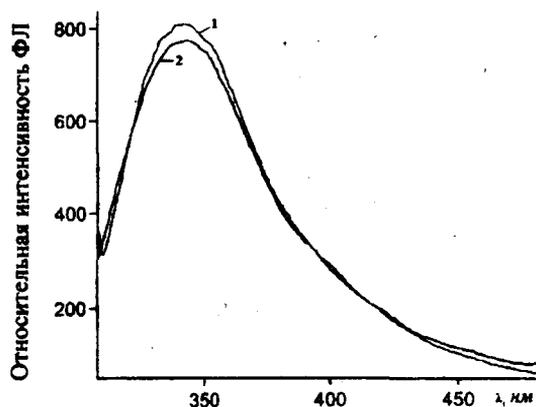


Рис. 2. Спектры ФЛ раствора аргиназы (рН 6, концентрация – $8 \cdot 10^{-7} M$) после взаимодействия с ГА в течение 60 минут при $\lambda_{\text{возб}}=297 \text{ нм}$ (1) и 257 нм (2).

аргиназы при $\lambda_{\text{возб}}=257$ и 297 нм , а положение максимумов спектров ФЛ не меняется. На рис. 2 показаны спектры ФЛ растворов аргиназы после взаимодействия с ГА при рН 6. Под действием этого реагента в данных условиях, как показано ранее [7], аргиназа теряет активность. Если интенсивность триптофановой ФЛ растворов нативной аргиназы (рН 6) меньше, чем интенсивность ФЛ при $\lambda_{\text{возб}}=257 \text{ нм}$ (рис. 1), то после взаимодействия с ГА соотношение интенсивностей меняется (рис. 2). В таблице приведены значения отношений интенсивностей ФЛ в максимуме при различных воздействиях на аргиназу.

Влияние рН раствора аргиназы, взаимодействия с ГА и диализа на величину отношения интенсивностей ФЛ в максимуме при $\lambda_{\text{возб}}=257$ и 297 нм

Условия	рН 6	рН 8,6	ГА, рН 6	Диализ, рН 6
$I_{257}^{\text{max}}/I_{297}^{\text{max}}$	1,06	0,98	0,96	1,14

Из таблицы видно, что с увеличением значений рН раствора аргиназы, а также в результате взаимодействия с ГА указанное отношение интенсивностей ФЛ несколько уменьшается. После диализа оно возрастает по сравнению с результатами, полученными для нативного фермента. Диализ также приводит к инактивации аргиназы в результате удаления катионов марганца, которые, как известно, играют важную роль в проявлении активности этого фермента [8]. Эти данные свидетельствуют о том, что под действием ГА, в результате диализа, а также при изменении значений рН растворов аргиназы происходит нарушение конформации белка и изменение микроокружения флуоресцирующих остатков триптофана, тирозина, а также, по-видимому, и поглощающих энергию при $\lambda_{\text{возб}}=257 \text{ нм}$ остатков фенилаланина. Изменения, происходящие во взаимном расположении этих аминокислотных остатков, очевидно, также могут оказывать влияние на процессы ФЛ аргиназы, затрудняя или облегчая перенос энергии с одних остатков на другие. Определенное влияние может оказывать также и перегруппировка подавляющих ФЛ групп.

Таким образом, наиболее удобным параметром, позволяющим оценить изменения микроокружения хромофоров при различных воздействиях на

белок, очевидно, является отношение интенсивностей ФЛ в максимуме ($I_{257}^{\max}/I_{297}^{\max}$). Легко контролируемые изменения этих интенсивностей, как показывают полученные данные, позволяют регистрировать небольшие нарушения конформации белков, а также в сочетании с другими современными методами исследования структуры макромолекул получить сведения об изменениях взаимного расположения отдельных аминокислотных остатков, происходящих при различных воздействиях на белковую молекулу.

Кафедра биохимии

Поступила 27.10.2004

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурштейн Э.А. – Молек. биол., 1983, т. 17, № 3, с. 455–467.
2. Решетняк Я.К., Бурштейн Э.А. – Биофизика, 1997, т. 42, № 2, с. 293–300.
3. Сетлоу Р., Поллард Э. Молекулярная биофизика. М.: Мир, 1964.
4. Rossi V., Grandi C., Dalzoppo D., Fontana A. – Int. J. Peptide Protein Res., 1983, v. 22, p. 239–250.
5. Burstein E.R., Vedenkina N.S., Ivkova M.N. – Photochem. Photobiol., 1973, v. 18, p. 263–279.
6. Геворкян М.Л., Давтян М.А. – Ученые записки ЕГУ, 2002, № 3, с. 85–90.
7. Геворкян М.Л. – ДНАН Армении, 2005, т. 105, № 1.
8. Harell D., Sokolovsky M. – Eur. J. Biochem., 1972, v. 25, № 1, p. 102–108.

Մ. Լ. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ, Մ. Ա. ԴԱՎԹՅԱՆ

ԱՐԳԻՆԱԶԻ ՖԼՈՒՐԵՍԵՆՑԻԱՅԻ ՈՐՈՇ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ամփոփում

Արգինազի լուծույթները ուլտրամանուշակագույն լույսով (257 և 297 նմ) գրգռելիս ստացված ֆլուորեսցենցիայի (ՖԼ) սպեկտրները ձևով և մաքսիմումի դիրքով մնան են իրար: Միջավայրի pH-ի փոփոխության դեպքում, հիդրոօքսիլամինի ազդեցության արդյունքում և երկարատև դիալիզի հետևանքով դիտվում է ՖԼ-ի մաքսիմալ ինտենսիվությունների հարաբերության ($I_{257}^{\max}/I_{297}^{\max}$) փոփոխությունն նշված գրգռման ալիքների դեպքում, ինչը կապված է, հավանաբար, արգինազի մոլեկուլի կազմի մեջ մտնող արոմատիկ ամինաթթվային մնացորդների վրա միջավայրի տարբեր պայմանների ազդեցության հետ: $\lambda_{գրգռմ.}=257$ և 297 նմ ալիքների ազդեցությամբ առաջացած ՖԼ սպեկտրների համեմատական ուսումնասիրությունները կարող են օգտագործվել որպես լրացուցիչ զգայուն մեթոդ՝ սպիտակուցների մոլեկուլների կոնֆորմացիայի նուրբ փոփոխությունների մասին նոր տեղեկություններ ստանալու համար:

ABOUT SOME PECULIARITIES OF ARGINASE FLUORESCENCE

Summary

The fluorescence spectrum of bovine liver arginase excited at $257nm$ is similar to that of excited at $297nm$. The alteration of pH values, hydroxylamine treatment and prolonged dialysis leads to the changes in the ratio of fluorescence maximal intensities at mentioned excitation wavelengths ($I_{257}^{max}/I_{297}^{max}$), which reflects, probably the alteration of microenvironment of aromatic amino acids residues in arginase. The comparative study of the fluorescence spectra of protein solutions at the excitation wavelength 257 and $297nm$ can be used as a sensitive method to receive new information about small conformational changes of protein molecules.

Биология

УДК 582.282.23:547.466

Э. А. МАНТАШЯН

**К ВОПРОСУ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СВОБОДНЫХ ВНУТРИКЛЕТОЧНЫХ
АМИНОКИСЛОТ ВИННЫХ ДРОЖЖЕЙ ПРИ МНОГОКРАТНОМ
ЭКСТРАГИРОВАНИИ ЭТАНОЛОМ**

На примере пяти штаммов винных дрожжей показана возможность максимального извлечения большинства алифатических, дикарбоновых, двухосновных и ароматических аминокислот путем многоступенчатого экстрагирования горячим этанолом.

Изучение свободных внутриклеточных аминокислот дрожжевых микроорганизмов, культивируемых как на естественных, так и на синтетических питательных средах, постоянно привлекает к себе внимание, так как они играют основную роль на I этапе биосинтеза белковых молекул и являются главными источниками азота при синтезе ферментов [1].

У ряда микроорганизмов, в том числе и дрожжей, присутствуют азотистые фракции, легко экстрагируемые горячей водой, холодной ТХУ, 80⁰-м этанолом. Они известны как «свободные метаболиты», «metabolic pool», «pool», «запасной фонд клеток». В состав пула входят неорганические соединения, моносахариды, олигосахариды, но основными компонентами являются, безусловно, аминокислоты [2]. Высокомолекулярные структурные компоненты (как белки) с помощью таких экстракций не извлекаются, что позволяет четко дифференцировать и изучать состав свободных аминокислот, присутствующих данному микроорганизму [3].

Качественный и количественный состав запасного фонда дрожжей зависит от возраста культуры, состава питательной среды, источников азота, углерода, наличия или отсутствия витаминов и составляет 7–15% от сухого веса клеток [4]. Вместе с тем, биохимические процессы, протекающие в дрожжевых клетках, тесно взаимосвязаны с физиологическим состоянием клетки, ее фазами роста, условиями культивирования и т.д.

В данной работе исследована возможность максимального извлечения свободных аминокислот с помощью многократного экстрагирования этанолом на примере посевного материала (инокулума) пяти штаммов винных дрожжей.

Материал и метод исследования. Использовали винные штаммы дрожжей из коллекции лаборатории: *Saccharomyces vini*, штамм 246; *Sacch. oviformis* (армянские хересные дрожжи); *Sacch. vini*, штамм VI-8; *Sacch. vini*, штамм 107; *Sacch. vini*, штамм 253. Культуры выращивали на сусло-агаре (2⁰Блг) в сосудах Ру (матрасах) при 25–28⁰С в течение 2–3 суток. Полученную биомассу смывали холодной дистиллированной водой, центрифугировали (6000об/мин) и дважды промывали. Экстрагирование свободных внутриклеточных аминокислот из сырых дрожжей проводили 80⁰-м этанолом (гидромодуль 30) в центрифужных пробирках с обратным холодильником в течение одного часа при 76–78⁰С. Полученные экстракты сливали и использовали для количественного определения аминокислот после первого экстрагирования. Оставшуюся биомассу подвергали второй, а затем и третьей экстракции половинным по гидромодулю объемом этанола. В полученных экстрактах определяли количественное содержание спирторастворимых аминокислот методом хроматографии распределения на бумаге [5, 6], аминный азот по [7], а также общий азот дрожжей по [5].

Результаты и обсуждение. Содержание общего и аминного азота в исследуемых штаммах представлено в табл. 1. Низкие величины обусловлены спецификой культивирования инокула на твердой агаризованной среде с лимитированным запасом питательных веществ. Отметим, что в дальнейшем в экспоненциальной фазе роста клеток в условиях аэробного культивирования как на виноградном сусле, так и на другой полноценной среде процентное содержание свободных аминокислот возрастает вдвое, а некоторых аминокислот – как тирозин – в 8 раз [8].

Таблица 1

Содержание общего азота в дрожжах и аминного азота в спиртовых экстрактах аминокислот (мкг/100мг сухой биомассы)

Определяемые показатели	Исследуемые штаммы *				
	1	2	3	4	5
Общий азот	2,10	2,80	2,50	2,90	2,60
Аминный азот					
I экстракция	0,154	0,221	0,182	0,300	0,182
II экстракция	0,017	0,058	0,022	0,034	0,022
III экстракция	0,014	0,024	0,014	0,026	0,014
Сумма	0,185	0,303	0,218	0,360	0,218

* В таблицах 1–5: 1 – *Sacch. vini* (штамм 246), 2 – *Sacch. oviformis*, 3 – *Sacch. vini* (штамм VI-8), 4 – *Sacch. vini* (штамм 107), 5 – *Sacch. vini* (штамм 253).

Данные по многоступенчатому экстрагированию свободных аминокислот представлены в табл. 2–4. Поскольку прочность связей в тех или иных аминокислотах существенно различается, характеристика последних после первого экстрагирования этанолом, как оказалось, является неполноценной. Из исследуемых 15 аминокислот преобладают лей-илей, ала, вал-мет, в меньших количествах – арг, гли, лиз. Высокая концентрация алифатических, дикарбо-

новых и двухосновных аминокислот при первом экстрагировании (табл. 2) сохраняется в основном и при последующих экстракциях.

Таблица 2

Содержание свободных внутриклеточных аминокислот при первом экстрагировании (мкг/100мг сухой биомассы)

Аминокислоты	Исследуемые штаммы*				
	1	2	3	4	5
лиз+гис	69,8	98,5	88,2	160,1	108,4
арг	62,2	71,4	87,3	95,4	76,0
асп+сер	88,4	131,4	119,3	218,3	84,3
гли	55,0	80,1	90,1	150,4	65,2
глу	53,6	42,4	50,0	30,5	31,3
тре	89,9	103,4	120,2	240,1	130,5
ала	148,5	200,2	180,0	378,6	300,2
тир	8,9	15,1	9,0	14,8	8,1
ГАМК	7,8	23,8	15,5	22,0	13,5
вал-мет	147,4	157,9	148,6	115,6	138,0
лей-илей	251,3	260,4	204,7	249,9	120,4
Сумма	982,8	1184,6	1112,9	1675,7	1075,9

Таблица 3

Содержание свободных внутриклеточных аминокислот при втором экстрагировании (мкг/100мг сухой биомассы)

Аминокислоты	Исследуемые штаммы*				
	1	2	3	4	5
лиз+гис	16,35	25,80	18,52	39,90	21,80
арг	12,80	20,70	21,20	29,30	17,30
асп+сер	25,87	38,70	21,30	35,30	24,30
гли	17,70	23,10	22,90	38,00	28,40
глу	14,40	7,50	12,50	12,90	12,20
тре	9,37	9,60	10,60	17,60	14,60
ала	16,80	22,50	17,80	26,40	19,10
тир	3,75	4,08	3,37	4,50	2,50
ГАМК	0,80	следы	1,85	следы	1,87
вал-мет	17,7	следы	30,00	37,50	24,00
лей-илей	17,02	20,70	17,60	25,80	14,60
Сумма	152,56	172,68	177,64	267,2	180,67

Важнейшие аминокислоты азотного обмена – глу, асп и ала – извлекаются, как видно из приведенных данных, неполностью, составляя и при третьем экстрагировании значительную часть аминокислотного пула, тогда как тир, ГАМК, вал-мет, лей-илей остаются в следовых количествах (табл. 4), не поддающихся определению в условиях данного эксперимента.

Таким образом, на примере пяти испытуемых штаммов винных дрожжей было показано (табл. 5), что при первом экстрагировании свободных аминокислот извлекается 77–80% от их суммарного содержания. При втором

и третьем экстрагировании эта цифра составляет 11–13 и 7–10% соответственно.

Таблица 4

Содержание свободных внутриклеточных аминокислот при третьем экстрагировании (мкг/100мг сухой биомассы)

Аминокислоты	Исследуемые штаммы*				
	1	2	3	4	5
лиз+гис	21,60	33,50	28,00	48,90	31,60
арг	20,20	28,60	26,02	38,40	31,80
асп+сер	8,65	15,05	10,10	13,70	12,40
гли	17,30	28,10	17,02	27,50	16,30
глу	14,40	14,27	19,60	7,69	6,30
тре	6,35	10,50	7,20	13,20	6,02
ала	5,12	6,90	4,90	8,30	9,30
тир	–	–	–	–	–
ГАМК	–	–	–	–	–
вал-мет	–	–	–	18,10	21,40
лей-илей	–	–	–	5,80	6,80
Сумма	93,62	136,92	112,84	181,59	141,92

Таблица 5

Результаты многократного экстрагирования свободных внутриклеточных аминокислот дрожжей

Суммарное содержание аминокислот (данные по трем экстракциям), мкг/100мг	Исследуемые штаммы*				
	1	2	3	4	5
	1228,98	1494,20	1403,38	2124,49	1398,49
Поэтапное извлечение аминокислот (% от суммы)					
I экстракция	80,00	79,20	79,30	79,00	77,00
II экстракция	12,00	11,60	12,70	12,60	13,00
III экстракция	7,60	9,20	8,00	8,50	10,00

Трудноизвлекаемыми можно считать, в первую очередь, дикарбоновые (глу и асп), алифатические (ала, гли), двухосновные (арг, лиз, гис) аминокислоты, в силу чего рекомендуется трехкратная экстракция этанолом при вышеописанных условиях.

Кафедра биохимии

Поступила 18.02.2005

ЛИТЕРАТУРА

1. Osanal Minoru and Yumico Yonezawa – Insect Biochemistry, 1986, v. 16(2), p. 373 – 385.
2. Арутюнян Т.Г., Карапетян С.А., Хачатрян М.А. – Биолог. ж. Армении, 1955, т. XLVIII, № 21.
3. Безбородов А.М. – Микробиологическая промышленность. М., 1971, вып. 2.
4. Siess M.-N., Morfaux J.N. – Revue des fermentations et des industries alimentaires, 1972, v. 27, № 4, p. 153–161.

5. Белозерский Л.Н., Проскуряков Н.М. Практическое руководство по биохимии растений. М.: Советская наука, 1951.
6. Lissitzky S., Laurent G. – Bull. Soc. Chim. Biol., 1955, v. 37, p. 1177.
7. Harding W.Y., Mac Lean R.M. – JBC, 1916, v. 24, p. 503.
8. Манташян Э.А. – Биолог. ж. Армении, 1977, т. XXX, № 1, с. 105.

Է. Ա. ՄԱՆԹԱՇՅԱՆ

ԳԻՆՈՒ ԽՈՐԱՍՆԿԵՐԻ ՆԵՐՔՋՋԱՅԻՆ ԱՉԱՏ ԱՄԻՆԱԹԹՈՒՆԵՐԻ ԱՆՋԱՏՈՒՄԸ ԷԹԱՆՈՒՆՎ ԲԱԶՄԱՊԱՏԻԿ ԷՔՍՏՐԱԿՑԻԱՅԻ ԺԱՄԱՆԱԿ

Ամփոփում

Գինու խմորասնկերի հինգ շտամների օրինակի վրա ցույց է տրված ամինաթթուների մաքսիմալ անջատման հնարավորությունը տաք էթանոլով բազմակի էքստրակցիայի ժամանակ, որը թույլ է տալիս հայտնաբերել ալիֆատիկ, դիկարբոնային, երկհիմնային և արոմատիկ ամինաթթուների մեծ մասը:

E. A. MANTACHIAN

ON THE EXTRACTION OF INTRACELLULAR FREE AMINO ACIDS OF WINE YEAST AT MULTIPLE TREATMENT BY ETHANOL

Summary

An example of five species of wine yeast the possibility of maximum extraction of amino acids is shown in multiple treatment by hot ethanol, permissive to extract majority of aliphatic, dicarbonic, dibasic and aromatic amino acids.

Биология

УДК 615.322: 547.836.3.012

Е. Н. ЩЕРБАКОВА, Т. Б. КАРЯГИНА, Ю. Г. ПОПОВ

СИНТЕЗ НАФТОХИНОНОВ В ИЗОЛИРОВАННОЙ КУЛЬТУРЕ
ALKANNA ORIENTALIS

Получены каллусные культуры алканны (*Alkanna orientalis*) листового, корневого и стеблевого происхождения, способные к синтезу нафтохинонов. Повышение концентрации цитокинина в питательной среде способствует увеличению количества синтезируемых пигментов. Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в каллусной ткани корневого происхождения идентифицирован шиконин.

Введение. Широкое использование продуктов растительного происхождения в медицинской практике, пищевой и парфюмерной промышленности предполагает поиск новых источников биологически активных соединений. Метод культуры клеток и тканей растений представляет значительный интерес для создания новых клеточных технологий синтеза видоспецифичных хозяйственно важных продуктов [1–3].

Представители многих родов семейства бурачниковых (*Boraginaceae*) являются широко используемыми лекарственными растениями, продуцирующими целый ряд ценных вторичных метаболитов, к числу которых относятся и нафтохиноны. Наиболее изучены из этого класса веществ шиконин – 5,8-дигидрокси-2-(1-гидрокси-4-метил-пент-3-енил)-1,4-нафтохинон, и его эфиры. Нафтохиноновый пигмент шиконин широко используется в медицине, а также в парфюмерной и пищевой промышленности как краситель [4].

Однако литературные данные об изолированных культурах растений семейства *Boraginaceae* немногочисленны. Есть сообщения о введении в изолированную культуру только представителей родов *Lithospermum* [5–7], *Arnebia* [8, 9], *Anchusa* [10], *Ehium* [11], способных к накоплению ацильных производных шиконина. Что касается рода *Alkanna*, то имеются данные о синтезе пигментов в изолированной культуре только *Alkanna tinctoria* [12, 13]. Поэтому получение изолированной культуры *Alkanna orientalis*, разработка условий ее культивирования, обуславливающих как стабильный рост тканей, так и индукцию биосинтеза в них продуктов вторичного метаболизма, представляло определенный интерес.

Методы исследования. Объектом исследований являлись каллусные ткани алканны восточной (*Alkanna orientalis*), полученные из различных частей стерильно выращенных растений. В экспериментах использовались различные питательные среды: Мурасиге и Скуга (МС) [14]; модифицированная среда МС, содержащая 3мг/л бензиламинопурина (БАП), 0,5мг/л индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) и условно обозначенная № 5; модифицированная среда МС, содержащая 2мг/л тиамин, 1мг/л никотиновой кислоты, 1мг/л БАП, 1мг/л кинетин, 0,5мг/л нафтилуксусной кислоты (НУК), 0,2мг/л гибберелловой кислоты (ГК) и условно обозначенная № 7; модифицированная среда МС, содержащая тиамин, пиридоксин и никотиновую кислоту по 0,5мг/л, 2мг/л БАП, 0,5мг/л ИУК и обозначенная нами как среда Р. Для характеристики ростовой активности каллусных культур определяли вес сырой массы в граммах, вес сухой ткани в процентах (полученный высушиванием до постоянного веса при 60–80°C) и ростовой индекс (РИ) – отношение веса полученной сырой биомассы к первоначальному весу.

Для определения нафтохинонов навеску сухой каллусной ткани заливали 80%-ым этанолом и оставляли на 20 часов при 8°C. Затем нафтохиноны переводили в хлороформ, а из него – в 0,1N КОН. Пробы анализировали на спектрофотометре Ultrospec 1000 при 614нм против 0,1N КОН. В качестве стандарта использовали раствор шиконина в 0,1N КОН [15]. Исследование качественного состава этанольных экстрактов проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на хроматографе System Cold (Beckman). Колонка Luna Su C18 (250мм × 4,6мм). Система растворителей – ацетонитрил в 0,1%-ом ТФУ. Градиент – 45–75% ацетонитрила. Скорость потока – 1мл/мин. Анализ проводили при 254нм [16]. В качестве стандарта использовали раствор шиконина в спирте.

Результаты и обсуждение. Первые признаки каллусообразования у всех эксплантов наблюдались на средах МС и № 7 на 27–35 сутки культивирования, на среде Р образование каллуса началось позже – на 45–50 сутки.

На среде № 7 каллусные ткани были молочно-белого цвета, мягкие, рыхлые. Скорость нарастания каллусной массы была высокая – к концу пассажа, длящегося 28–30 дней, РИ составлял 24–26.

На среде МС образовавшаяся каллусная масса была серо-бурого цвета, твердая, рыхлая, легко распадающаяся на отдельные кусочки. Каллусы на этой среде обладали высоким органогенным потенциалом – из каллусной массы шло образование множественных корешков.

На среде Р экспланты корня и стебля сначала набухли, приобрели вишнево-коричневый цвет, после чего началось нарастание каллусной массы также вишнево-коричневого цвета по всей поверхности экспланта. У листовых эксплантов нарастание каллусной массы вишневого цвета наблюдалось вдоль раневой поверхности. Скорость нарастания каллусов на среде Р ниже, чем на среде № 7.

При дальнейшем пассировании каллусных тканей на среде Р отмечались различия в окраске, консистенции и нарастании биомассы в зависимости от происхождения. Каллусные ткани листового и корневого происхожде-

ния были буро-коричневого цвета, твердые, рыхлые, при встряхивании легко распадались на отдельные кусочки. К 15–20 дню культивирования на поверхности каллуса корневого происхождения появлялись клетки карминного цвета, и к концу пассажа, который длился 35–40 дней, вся ткань приобретала вишневый цвет. Иногда пигменты диффундировали в агар, из-за чего питательная среда окрашивалась в бурый цвет. РИ к концу пассажа составлял 15–17. Причем, если нарастание корневой каллусной массы происходило по всей поверхности агара, то рост каллусной массы листового происхождения шел в высоту.

Каллусная ткань стеблевого происхождения была рыхлая, но мягкая, росла медленнее, и к концу пассажа РИ составлял всего 10–12. Причем нарастающий каллус имел вначале молочно-сероватый цвет, а к концу пассажа ткань бурела.

Появление пигментации в каллусных тканях на средах различного состава (№ 7 и Р) может свидетельствовать о различных биосинтетических процессах, протекающих в них, и, в частности, об образовании нафтохиноновых пигментов. Так, при пересеве каллусной ткани молочного цвета со среды № 7 на среду Р уже на 4–5 сутки культивирования ткань приобретала розоватый цвет, а к концу пассажа вся ткань становилась вишневой. Поскольку питательные среды № 7 и Р отличаются составом гормональных факторов, а именно, увеличенным в два раза количеством БАП в составе среды Р и заменой НУК на ИУК, следовательно, можно предположить, что синтез нафтохиноновых пигментов в каллусных тканях находится под гормональным контролем [5, 11].

Поскольку интенсивность окраски каллусных тканей листового и особенно стеблевого происхождения была ниже, чем таковая корневого происхождения, то эти ткани были пересажены на среду № 5 с повышенным до 3 мг/л количеством БАП. Оказалось, что повышенное содержание БАП в среде, не влияя на скорость нарастания биомассы листового происхождения, интенсифицирует рост каллусной ткани стеблевого происхождения и усиливает окраску обеих тканей. Определение накопления сухого вещества в исследуемых тканях показало, что в зависимости от состава питательной среды количество сухих веществ в тканях меняется (табл. 1).

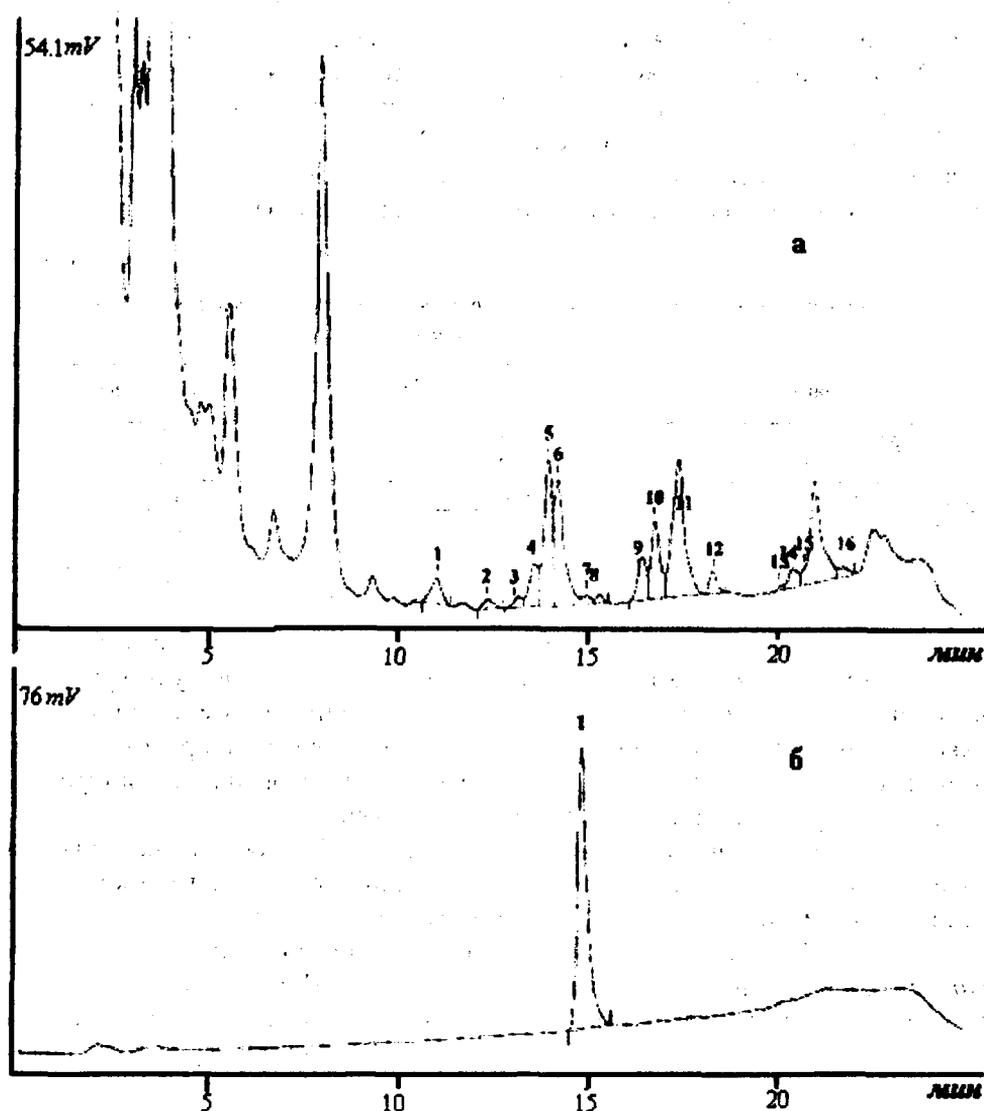
Таблица 1

*Накопление сухого вещества (в %) в каллусных тканях *A. orientalis* в зависимости от происхождения каллуса и состава питательной среды*

Происхождение каллуса	Питательная среда		
	№ 7	Р	№ 5
лист	5,6	9,9	10,8
корень	6,6	11,6	11,2
стебель	5,9	8,25	10,5

Наименьшее количество сухого вещества во всех каллусных тканях отмечалось на среде № 7, а наибольшее – на среде № 5 для тканей листового и стеблевого происхождения и на среде Р для ткани корневого происхождения.

Можно предположить, что такое возрастание сухого веса тканей, сопровождаемое усилением интенсивности окраски каллусов, обусловлено изменением в метаболизме клеток и накоплением в них продуктов вторичного обмена.



Хроматограммы экстракта каллусной ткани алканни корневого происхождения (а) и метчика шиконина (б).

Согласно литературным данным, кора корней *A. orientalis* содержит большое количество красного пигмента [4, 15], однако не указывается его природа. Отмечается наличие нафтохинонового пигмента алканнина в корнях и изолированной культуре только *A. tinctoria* [12, 13, 17]. Поскольку каллусные ткани других представителей семейства *Boraginaceae* синтезируют вещества нафтохиноновой природы [5–11], мы также изучали возможность синтеза нафтохинонов в изолированных тканях *A. orientalis*.

Проведенный спектрофотометрический анализ экстрактов из каллусных тканей алканна показал наличие в них нафтохиноновых пигментов (табл. 2).

На среде Р наибольшее количество нафтохинонов отмечалось у ткани корневого происхождения, а наименьшее – у ткани стеблевого происхождения. Химический анализ экстрактов образцов со среды № 5 показал возрастание количества нафтохинонов в 5 и 8 раз у каллусных тканей листового и стеблевого происхождения соответственно. Поскольку среда № 5 отличается повышенным содержанием БАП, можно предположить, что синтез нафтохиноновых пигментов находится под контролем цитокинина.

Таблица 2

Содержание нафтохинонов в каллусных тканях *A. orientalis* в зависимости от происхождения и состава питательной среды

Вариант	Сумма нафтохинонов, мг/сухой вес	% от сухого веса
лист, среда Р	1,11	0,11
стебель, среда Р	0,93	0,093
корень, среда Р	1,40	0,14
лист, среда № 5	5,50	0,55
стебель, среда № 5	8,10	0,81
корень, среда № 5	1,87	0,187

Анализ качественного состава экстрактов исследуемых образцов проводился методом ВЭЖХ. Как показали результаты, каллусные культуры алканна синтезируют широкий спектр различных соединений (см. рисунок). Однако шиконин обнаружен лишь в образцах тканей корневого происхождения, и то в следовых количествах. За неимением метчиков идентифицировать остальные компоненты не представлялось возможным.

Увеличение концентрации БАП в среде № 5, особенно не влияя на качественный состав синтезируемых соединений, способствовало количественному увеличению основных синтезируемых компонентов.

Таким образом, изолированные ткани алканна восточной в условиях *in vitro* способны к видоспецифическому биосинтезу. При этом процессы биосинтеза вторичных метаболитов в каллусных тканях можно контролировать и направленно регулировать гормональными факторами. Обнаружение шиконина только в каллусной ткани корневого происхождения свидетельствует о тканевой специфичности происходящих биосинтетических процессов.

Институт ботаники НАН РА,
Институт биоорганической химии РАН,
ЕГУ

Поступила 03.02.2005

ЛИТЕРАТУРА

1. Атанасов А.И. Биотехнология в растениеводстве. Новосибирск: ИЦИГ СО РАН, 1993, 241 с.
2. Березнеговская Л.Н., Гусев И.Ф., Дмитрук С.Е., Смородин А.В., Смородин В.В., Трофимова Н.А., Шмыкова Н.А. Культура тканей и клеток алкалоидных растений. Томск: Изд-во Томского университета, 1975, 194 с.

3. Носов А.М. – Физиология растений, 1994, т. 41, вып. 6, с. 873–878.
4. Растительные ресурсы СССР. Цветковые растения, их химический состав, использование (кн.5). Под ред. Соколова П.Д. Л.: Наука, 1990, 328 с.
5. Fukui H., Tsukada M., Mizukami H., Tabata M. – Phytochemistry, 1983, v. 22, № 2, p. 453–456.
6. Fukui H., Yoshikawa N., Tabata M. – Phytochemistry, 1984, v. 23, № 2, p. 301–305.
7. Okamoto T., Yazaki K., Tabata M. – Phytochemistry, 1995, v. 38, № 1, p. 83–88.
8. Давыденков В.Н., Патудин А.В., Попов Ю.Г., Рабинович С.А., Мирошников А.И. – Хим.-фарм. журн., 1991, т. 25, с. 53–57.
9. Урманцева В.В., Карягина Т.Б., Черкова Р.В., Муравьева Т.И., Банрамашвили Д.И. – Физиология растений, 1999, т. 46, № 6, с. 855–860.
10. Mizukami H., Ellis B.E. – Plant Cell Report, 1991, № 10, p. 321–324.
11. Tabata M., Mizukami H., Hiraoka N., Konoshima M. – Phytochemistry, 1974, v. 13, p. 927–932.
12. Mita G., Gerardi C., Miceli A., Bollini R., De Leo P. – Plant Cell Report, 1994, № 75, p. 406–410.
13. Urbanek H., Bergier K., Katarzina S., Saniewski M., Patykowski Y. – Plant Cell Report, 1996, № 15, p. 637–641.
14. Murashige T., Skoog F. – Physiol. Plant., 1962, v. 15, № 13, p. 473–479.
15. Бычкова Т.П., Нанинина Е.В., Берзин В.Б., Мирошников А.И. – Биоорганическая химия, 1993, т. 19, № 10, с. 1008–1012.
16. Yamamoto H., Yazaki K., Inoue K. – J. Chromatography B, 2000, № 738, p. 3–15.
17. Золотницкая С.Я. Лекарственные ресурсы флоры Армении. Т. 2. Ер.: Изд-во АН Арм. ССР, 1965, 373 с.

Ե. Ն. ՇՇԵՐԲԱԿՈՎԱ, Տ. Բ. ԿԱՐՅԱԳԻՆԱ, ՅՈՒ. Գ. ՊՈՊՈՎ

**ALKANNA ORIENTALIS-Ի ՄԵԿՈՒՍԱՅՎԱՏ ԿՈՒՆՏՈՒՐԱՆԵՐՈՒՄ
ՆԱՎԹՎԵԻՆՈՆՆԵՐԻ ՄԻՆԹԵԶԸ**

Ամփոփում

Ստացվել են խարիի (*Alkanna orientalis*) տերևային, արմատային և ցողունային ծազման կալուսային կուլտուրաներ: Մենդամիջավայրում ցիտոկինինների պարունակության բարձրացումը նպաստում է սինթեզվող պիգմենտների քանակի ավելացմանը: Բարձր էֆեկտիվության հեղուկ քրոմատոգրաֆիայի մեթոդով արմատային ծազման կալուսային հյուսվածքներում հայտնաբերվել է շիկոնին:

E. N. SHCHERBAKOVA, T. B. KARYAGINA, Yu. G. POPOV

**SYNTHESIS OF NAPHTHOQUINONES IN THE ISOLATED CULTURE
OF ALKANNA ORIENTALIS**

Summary

Callus cultures of alkanet (*Alkanna orientalis*) of leaf, root and stalk origin able to synthesize naphthoquinones are obtained. Increase of cytokinin content in the nutrient medium promotes to synthesize pigments' quantity rising. In callus culture of root origin by means of HPLC the shikonin was identified.

Կենսաբանություն

УДК 612.11/12+612.014.45

Շ. Ի. ԱՂԱՄՅԱՆ, Ս. Մ. ՄԻՆԱՍՅԱՆ, Է. Ս. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ, Կ. Ռ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ,
Զ. Կ. ԿԻՐԱԿՈՍՅԱՆ

**ԾԱՅՐԱՄԱՍԱՅԻՆ ԱՐՅԱՆ ՑՈՒՑԱՆԻՇՆԵՐԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
ԲՆՈՒՅԹԸ ԹՐԹՈՒՄԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ԴԻՆԱՄԻԿԱՅՈՒՄ**

Ժամանակակից բժշկականաբանական գիտությունների արդիական խնդիրների թվում իր կարևորությամբ առանձնանում է օրգանիզմի վրա թրթռման ազդեցության ուսումնասիրությունը: Թրթռումը կենսաբանական մեծ ակտիվությամբ օժտված, լայնորեն տարածված տեխնածին գործոն է: Ոչ մեծ ուժգնության և կարճատև ազդեցության դեպքում այն խթանում է օրգանիզմի ֆիզիոլոգիական ֆունկցիաները, իսկ երկարատև ազդեցության դեպքում առաջացնում է հոմեոստազի մեխանիզմների էական փոփոխություններ: Բազմաթիվ կլինիկական դիտումներով և փորձարարական հետազոտություններով բացահայտվել են վեգետամարմնական, նյարդահումորալ մի շարք խանգարումներ թրթռման ազդեցության դեպքում [1-3]: Վերջինիս հետևանքով առաջացած տարաբնույթ խանգարումները փոխում են օրգանիզմի ռեգիստենտության բարձրացման համար կարևոր նշանակություն ունեցող օքսիդա-վերականգնման պրոցեսների ընթացքը [4]:

Կենսաքիմիական և ֆիզիոլոգիական այն փոփոխությունները, որոնք տեղի են ունենում օրգանիզմում թրթռման ազդեցության դեպքում, փոխում են նաև արյունաստեղծ համակարգի գործառական վիճակը, հետևաբար և արյան որակական և քանակական կազմը: Նման հետազոտությունների վերաբերյալ եղած գրական տվյալները սակավաթիվ են և հակասական: Հեղինակների մի մասը նշել է էրիթրոցիտների և հեմոգլոբինի քանակի աննշան իջեցում և ռետիկուլոցիտոզ [5]: Այլ հեղինակներ դիտել են էրիթրոցիտների և ռետիկուլոցիտների քանակի ավելացում [6, 7]: Թրթռման ազդեցության դեպքում էրիթրոպոեզի և ոսկրածուծի բջիջների միտոզային ակտիվության ճնշում գրանցել է Ս.Ն. Ռոմանովը [8]:

Ներկայացվող աշխատանքի նպատակն է եղել ուսումնասիրել ծայրամասային արյան ձևաբանա-գործառական ցուցանիշների փոփոխությունների բնույթը թրթռման ազդեցության դինամիկայում:

Հետազոտման օբյեկտը և մեթոդները: Հետազոտությունները կատարվել են միևնույն հասակի և կշռի սեռահասուն արու ճագարների վրա: Կենդանիները 30 օր՝ օրական 2 ժամ, ենթարկվել են ընդհանուր թրթռահարման

ՅՅ-1 էլեկտրադինամիկ վիբրոստենդի վրա (հաճախությունը՝ 60 Հց, ամպլիտուդը՝ 0,4 մմ): Ուսումնասիրվել են էրիթրոցիտների, հեմոգլոբինի, ռետիկուլոցիտների, լեյկոցիտների քանակը, գունալին ցուցիչը, լեյկոցիտար բանաձևը և պրոֆիլը: Ծայրամասային արյան ցուցանիշներն ուսումնասիրվել են բնականոն պայմաններում և թրթռման ազդեցության դինամիկայում՝ 5, 10, 15, 20, 25, 30 օրերի ընթացքում:

Հետազոտության համար արյունը վերցվել է ականջի եզրային երակից: Էրիթրոցիտների, լեյկոցիտների հաշվումը կատարվել է Գորյակի հաշվիչ վանդակում, հեմոգլոբինի քանակը որոշվել է ըստ Մալիի, ռետիկուլոցիտների քանակը՝ Եգորովի մեթոդով: Լեյկոցիտար բանաձևը դուրս բերելու համար ճարպագրկված առարկայակիր ապակու վրա պատրաստվել է արյան քսուկ, որը ֆիքսվել է՝ եթերի և էթիլ սպիրտի հավասարաչափ խառնուրդում պահելով 20-30 րոպե: Ըսուկների ներկումը կատարվել է Ռոմանովսկու եղանակով: Լեյկոցիտար բանաձևը դուրս բերելու համար հաշվվել է 200 բջիջ: Լեյկոցիտների տարատեսակների բացարձակ քանակը արտաբերելու համար տվյալ տեսակի հարաբերական տոկոսը բազմապատկվել է $1 մ^3$ արյան մեջ եղած լեյկոցիտների ընդհանուր քանակով և բաժանվել 100-ի: Ստացված տվյալները ենթարկվել են վիճակագրական մշակման ըստ Ստյուդենտի t չափանիշի:

Արդյունքները և քննարկումը: Ինչպես երևում է 1 և 2 աղյուսակների տվյալներից, թրթռման ազդեցության 5-րդ օրը դիտվել է Էրիթրոցիտների և հեմոգլոբինի հիպոքրոմ շարժ (գունացուցիչ 93,42%): Էրիթրոցիտների քանակը ելակետային մակարդակից ավելացել է 5,45%-ով, իսկ հեմոգլոբինի պարունակությունը էական փոփոխություններ չի կրել (98,59%): Նշված ժամկետում նկատվել է հարաբերական և բացարձակ ռետիկուլոցիտոզ (133,33 և 140,06% համապատասխանաբար, $p < 0,001$) ու չափավոր լեյկոցիտոզ (117,08%, $p < 0,001$): Լեյկոցիտար բանաձևում դիտվել է նեյտրոֆիլոզ՝ կորիզի ձախ թեքումով, արյան մեջ շատացել է երիտասարդ նեյտրոֆիլների քանակը, որը ոսկրածուծի գրգռման ցուցանիշ է: Նշված ժամկետում դիտվել է մակեոֆիլոցիտոզ և լիմֆոցիտների քանակի պակասում: Հետազոտության 10-րդ օրը էրիթրոցիտների քանակը ելակետային մակարդակի համեմատ ավելացել է 12,72%-ով ($p < 0,02$), իսկ հեմոգլոբինի պարունակությունը՝ 8,57%-ով ($p < 0,05$), ռետիկուլոցիտների հարաբերական և բացարձակ քանակը հասել է իր առավելագույն մակարդակին՝ 150 և 169% համապատասխանաբար ($p < 0,001$): Լեյկոցիտների ընդհանուր քանակը նույն ժամկետում կազմել է 106,32%: Լեյկոցիտար բանաձևում և պրոֆիլում դիտվել է նեյտրոֆիլոզ (ձողիկակորիզավոր և հատվածակորիզավոր), լիմֆոպենիա, եոզինոպենիա, պակասել է մակեոֆիլների քանակը (165,08%, $p < 0,001$; 159,49%, $p < 0,001$; 67,66%, $p < 0,001$; 70,88%, $p < 0,01$; 91,3%, $p < 0,05$ համապատասխանաբար): Ծայրամասային արյան դիտվող շարժերը 10-օրյա թրթռման ազդեցության դեպքում պայմանավորված են արյան վերաբաշխման սիմպաթիկ մեխանիզմների ակտիվացմամբ, ինչպես մակ ոսկրածուծից երիտասարդ բջիջների ծայրամաս դուրս գալու պրոցեսների արագացմամբ, ինչի մասին են վկայում հարաբերական և բացարձակ ռետիկուլոցիտոզը և երիտասարդ նեյտրոֆիլների քանակի ավելացումը: Թրթռման ազդեցության 15-րդ օրից սկսած դիտվել է էրիթրոցիտների և հեմոգլոբինի քանակի նորմոքրոմ իջեցում, որը պահպանվել է հետազոտության ողջ ընթացքում, և 30-րդ օրը այդ ցուցանիշները 20%-ով ցածր են գտնվել ելակետային մակարդակից ($p < 0,001$):

Ճարամասային կարմիր արյան ցուցանիշների փոփոխությունների բնույթը թրթրման ազդեցության դիմամիկայում

Ցուցանիշներ	Ելակետային տվյալներ	Հետազոտման օրերը					
		5	10	15	20	25	30
Էրիթրոցիտների քանակը $1 մմ^3$ արյան մեջ (հազարներով)	5500±180	5800±175	6200±240 p<0,02	5200±168	4800±155 p<0,02	4700±15 p<0,01	4400±148 p<0,001
		105,45%	112,72%	94,54%	87,27%	85,45%	80,00%
հեմոգլոբինի քանակը, g %	14±0,28 100%	13,8±0,29 98,57%	15,2±0,31 p<0,05 108,57%	13±0,31 p<0,05 92,85%	12,2±0,22 p<0,02 87,14%	12,0±0,20 p<0,01 85,71%	11,2±0,19 p<0,001 80,00%
գունացուցիչ	0,76	0,71	0,73	0,75	0,76	0,76	0,76
ռեոսիկուլոցիտների հարաբերական քանակը, %	18±0,38	24±1,55 p<0,001 133,33%	27±1,82 p<0,001 150%	25±1,60 p<0,001 130%	20±0,68 p<0,05 111,11%	16±0,56 p<0,02 88,88%	16±0,57 p<0,02 88,88%
ռեոսիկուլոցիտների բացարձակ քանակը, $1 մմ^3$	99000±2900	139200±3568 p<0,001 140,06%	167400±3755 p<0,001 169,09%	130000±3525 p<0,001 131,31%	96000±2615 p<0,001 96,96%	75200±2219 p<0,01 75,95%	70400±2210 p<0,001 71,11%

Ճարամասային սպիտակ արյան ցուցանիշների փոփոխությունների բնույթը թրթրման ազդեցության դիմամիկայում

Ցուցանիշներ	Ելակետային տվյալներ	Հետազոտման օրերը					
		5	10	15	20	25	30
լեյկոցիտների քանակը $1 մմ^3$ արյան մեջ	7900±220 100%	9250±274 p<0,01 117,08%	8400±190 106,32%	8000±192 101,26%	7000±150 p<0,05 88,60%	6400±145 p<0,001 80,10%	6200±140 p<0,001 78,48%
ծողիկակորիզավոր մեյտրոֆիլներ	79±6 1	185±9 p<0,001 2	168±9 p<0,001 2	40±4 p<0,001 0,5	35±3 p<0,001 0,5	64±5 p<0,01 1	62±4 p<0,01 1
հատվածակորիզավոր մեյտրոֆիլներ	3002±125 38	4532,5±168 p<0,001 49	4872±175 p<0,001 58	4320±158 p<0,001 54	3500±135 p<0,02 50	3200±129 50	3224±125 52
էոզինոֆիլներ	118,5±8 1,5	92,5±7 p<0,01 1	84±6 p<0,01 1	80±5 p<0,001 1	70±5 p<0,001 1	64±5 p<0,001 1	62,00±3,00 p<0,001 1
թաղոֆիլներ	79±5 1	92,5±4 1	84±4 1	40±3 p<0,001 0,5	70±5 p<0,02 1	64,00±4,00 p<0,01 1	62±3 p<0,01 1
մոնոցիտներ	276,50±10 3,5	277,50±11 3,0	252±9 p<0,05 3,0	320±12 p<0,02 4,0	245±9 p<0,01 3,5	192±8 p<0,001 3,0	186±7 p<0,001 3,0
լիմֆոցիտներ	4345±162 55	4070±156 44	2940±123 p<0,001 35	3200±130 p<0,001 40	3080±122 p<0,001 44	2816±120 p<0,001 44	2604±120 p<0,001 42

Աղյուսակում ներկայացված են լեյկոցիտների և նրանց առանձին տեսակների բացարձակ (վերևի ցուցանիշը) և հարաբերական (ներքևի ցուցանիշը) քանակները:

Հետազոտության 15-րդ օրը ռետիկուլոցիտների հարաբերական և քա-
ցարձակ քանակի բարձր մակարդակը պահպանվել է (130% և 131% համա-
պատասխանաբար, $p < 0,001$): Նշված ժամկետում լեյկոցիտների ընդհանուր
քանակը հավասարվել է ելակետային մակարդակին (101,26%), լեյկոցիտար
քանաձևում դիտվել է ձողիկակորիզավոր նեյտրոֆիլների բացարձակ քանա-
կի նվազում՝ 50,63% ($p < 0,001$): Լեյկոցիտների մյուս տարատեսակների քա-
նակը 10-րդ օրվա համեմատ էական փոփոխություններ չի կրել: Արյան քսուկ-
ներում դիտվել են լիմֆոցիտների պոլիմորֆկորիզային ձևեր, հատկապես գե-
րակշռել են նեոցիտոպլազմային ձևերը: Թրթռման ազդեցության 20-րդ օրից
սկսած լեյկոցիտների ընդհանուր քանակը պակասել է և 30-րդ օրը այն
21,52%-ով ցածր է գտնվել ելակետային մակարդակից: Լեյկոցիտար քանա-
ձևի բոլոր ցուցանիշները, բացառությամբ հատվածակորիզավոր նեյտրոֆիլ-
ների, հետազոտության 20–30 օրերի ընթացքում չեն վերականգնվել մինչև
ելակետային մակարդակը: Ծայրամասային կարմիր արյան ցուցանիշների
փոփոխությունները, որոնք դիտվում են թրթռման ազդեցության 15-րդ օրից
սկսած, ըստ երևույթին, կապված են ոսկրածուծի կարմիր ծիլի պրոլիֆերա-
տիվ և հասունացման պրոցեսների ճնշման հետ: Գրականության տվյալների
համաձայն, թրթռման դեպքում էրիթրոցիտներում իջնում է սուլֆիդրիլ խմբե-
րի ակտիվությունը, հիստիդինի խտությունը և շատանում է լիպոպրոտեիդ-
ների քանակը: Այդ փոփոխությունները նպաստում են փոխհատուցողական
մեխանիզմների խզմանը, որի հետևանքով նվազում են բջիջների պրոլիֆե-
րատիվ ակտիվությունը և կյանքի տևողությունը [9]: Ստրեսորների երկարա-
տև ազդեցության դեպքում արյան համակարգի հարմարողական մեխանիզմ-
ներն իրենց արտացոլումը գտնում են առանձին բջիջների ձևաբանական
առանձնահատկությունների դրսևորման մեջ: Թրթռման ազդեցության 15–30-
րդ օրերի ընթացքում արյան քսուկներում լիմֆոցիտների պոլիմորֆկորիզային
ձևերի առկայությունը՝ լայնցիտոպլազմային լիմֆոցիտների քանակի քչացու-
մը, պետք է դիտել որպես լիմֆոցիտային համակարգի ակտիվության ցուցա-
նիշ, որը, ըստ Ե. Միգուլայի [10], ուղղված է հոմեոստազի պահպանմանը և
արտացոլում է հարմարողական պրոցեսների ընթացքի լարվածությունը:

Այսպիսով, թրթռման ազդեցության դինամիկայում ծայրամասային
արյան ցուցանիշների փոփոխությունները ունեն որոշակի առանձնահատկու-
թյուններ: Թրթռումը՝ որպես ստրեսոր, սկզբնական շրջանում առաջացնում է
արյան ձևաբանա-գործառական ցուցանիշների ակտիվացում, էրիթրոցիտնե-
րի, հեմոգլոբինի, լեյկոցիտների քանակի ավելացում, նեյտրոֆիլոզ՝ կորիզի
ձախ թեքումով, որն ուղղված է օրգանիզմի հարմարողական, պաշտպանա-
կան մեխանիզմների իրացմանը: Թրթռման տևական ազդեցությունն առաջ է
բերում նորմոքրոմ սակավարյունություն, լեյկոպենիա, արտահայտված լիմ-
ֆո-, էոզինոպենիա, ինչը վկայում է արյան համակարգի փոխհատուցողական
մեխանիզմների հյուծման մասին:

Մարզու և կենդանիների ֆիզիոլոգիայի ամբիոն

Ստացվել է 14.12.2004

Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

1. Любимова П.Н., Ковалев Л.И., Горенков Р.В. и др. – Мед. труда и пром. экология, 1996, № 12, с. 11–14.

2. Алексеев Г.А., Погорелов В.М. – Мед. труда и пром. экология, 1995, № 5, с. 27–30.
3. Шустов В.Я., Трубецков А.Д., Калашников Р.В. и др. – Мед. труда и пром. экология, 1996, № 3, с. 31–34.
4. Дроздова Т.Е., Ветрова Е.Г., Попова И.А. и др. – Косм. биол. и авиакосм. мед., 1989, № 1, с. 86.
5. Коршун С.А., Пастернак Г.А. – Врачебное дело, 1967, № 5, с. 27–30.
6. Азизходжаев А.Р. – Проблемы гигиены и организация здравоохранения в Узбекистане, 1975, вып. 3, с. 64.
7. Буренникова Л.Ю., Братусь Н.В., Коган Б.И. – Физиол. журн., 1981, т. 27, № 1–3, с. 197–201.
8. Романов С.Н. Влияние вибрации на организм человека и проблемы виброзащиты. М., 1974, с. 207.
9. Шпагина Л.А., Лосева М.И., Сухаревская Т.М. – Гиг. труда и проф. заболев., 1990, № 4, с. 30.
10. Сигуля Е.Е. – Здрав. Белоруссии, 1987, № 1, с. 36.

Ц. И. АДАМЯН, С. М. МИНАСЯН, Э. С. ГЕВОРКЯН, К. Р. ОГАНЕСЯН,
К. А. КИРАКОСЯН

ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ В ДИНАМИКЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВИБРАЦИИ

Резюме

В динамике воздействия длительной вибрации выявлены определенные закономерности изменения показателей периферической крови. Кратковременная вибрация приводит к повышению количества форменных элементов крови, направленному на обеспечение адаптационно-компенсаторных возможностей организма. Длительное воздействие вибрации обуславливает устойчивое нормохромное понижение количества эритроцитов и гемоглобина, лейко-, лимфо-, эозинопению.

Последнее свидетельствует о нарушении процессов пролиферации гемопоэза.

Ts. I. ADAMYAN, S. M. MINASYAN, E. S. GEVORKYAN, K. R. OGANESYAN,
K. H. KIRAKOSYAN

CHANGES OF PERIPHERAL BLOOD INDEXES ENDURING INFLUENCE OF LONGTERM VIBRATION

Summary

In the case of enduring influence of vibration, blood indexes have certain peculiarities. In the initial stage the number of peripheral blood indexes increases, which is important for securing the adaptable protective mechanisms of the organism, and in the case of prolonged influence, an enduring reduction of erythrocytes and hemoglobin, leucopenia, marked limpho-, eozinopenia are observed, which is an evidence of proliferative pressure of hemopoies.

Биология

УДК 528.28

С. Г. НАНАГЮЛЯН, А. Л. СИРУНЯН

**ВИДЫ СЪЕДОБНЫХ ГРИБОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «СЕВАН» И
БУФЕРНОЙ ЗОНЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ РАЗВИТИЯ**

На территории Национального парка «Севан» и его буферной зоны обнаружено 113 видов съедобных базидиальных макромицетов. Выявленные грибы относятся к 6 эколого-трофическим группам. Изучена сезонная динамика плодоношения съедобных грибов, приведены наиболее распространенные виды.

Обладая высокими вкусовыми качествами и богатым содержанием белков, грибы занимают особое место в пищевом рационе многих народов. Использование их как продукта питания постоянно растет. Съедобность грибов определяется физиологической и эстетической приемлемостью, приятным вкусом и другими кулинарными достоинствами. Вопрос о питательной ценности грибов интерпретируется по-разному. Видовое разнообразие употребляемых в пищу дикорастущих грибов различно, что связано с экологическими условиями, традиционными знаниями населения биоты съедобных видов данной местности, устойчивой урожайностью, обилием и размерами плодовых тел макромицетов [1]. В последние годы в Армении также значительно возросло число потребителей грибных продуктов, что и предопределяет научный интерес к местным ресурсам съедобных видов. К сожалению, отдельные регионы республики в этом плане изучены недостаточно, что затрудняет определение ресурсов грибов.

В настоящей работе приводятся сведения о закономерностях развития дикорастущих съедобных базидиомицетов на территории Национального парка «Севан» и его буферной зоны.

Национальный парк «Севан» основан с целью сохранения природных ресурсов озера и его бассейна [2]. Общая площадь парка составляет 150,1 тыс. га, из них суша – 24,8 тыс. га. На обнаженных в результате снижения уровня воды донных грунтах озера создана прибрежная искусственная лесная зона, которая состоит из насаждений сосны, тополя, облепихи, лоха и других древесных пород. В зарастании почвогрунтов немаловажную роль играют и макроскопические грибы. Национальный парк имеет буферную зону, охватывающую склоны хребтов (Арегуни, Севан, Гегама, Варденис), окружающих оз. Севан до водораздела. Таким образом, вместе они охватывают весь Гегаркунийский марз – около 4900 км² [3].

Исследуемый район характеризуется некоторыми особенностями природно-климатических условий: высотой над уровнем моря (1897–3600 м), умеренно континентальным климатом с коротким жарким летом и длительной холодной зимой, низким количеством среднегодовых осадков (около 350 мм) [4]. Все эти факторы, своеобразная растительность и бедные питательными веществами почвогрунты оказывают существенное влияние на развитие и плодоношение грибов, в частности макромицетов.

При таксономическом анализе макрогрибов нами была использована классификационная схема, предложенная Айнсвортом и Бисби [5] с некоторыми изменениями и дополнениями [6].

В результате исследования микобиоты интересующей нас территории обнаружено 113 видов съедобных базидиомицетов, относящихся к 3 классам (*Homobasidiomycetes*, *Heterobasidiomycetes*, *Gasteromycetes*), 2 подклассам (*Agaricomycetidae*, *Aphyllorphoromycetidae*), 10 порядкам, 25 семействам, 54 родам (см. табл.). Ведущее место по числу съедобных макромицетов принадлежит семейству *Tricholomataceae* (34 вида). Второе место по количеству видов занимает семейство *Russulaceae* (18 видов). Далее идет семейство *Agaricaceae* с 12 видами. По 5 видов обнаружено в семействах *Coprinaceae* и *Pluteaceae*. Остальные семейства представлены 1–3 видами.

На изученной территории съедобные грибы из подкласса *Aphyllorphoromycetidae* относятся к 7 семействам, в каждом по одному виду. Один съедобный вид (*Auricularia auricula*) зарегистрирован из класса *Heterobasidiomycetes*.

Из гастеромицетов наиболее богато съедобными видами семейство *Lycoperdaceae* (8 видов). В остальных двух семействах *Hymenogastraceae* и *Phallaceae* зарегистрировано по 1 виду – *Rhizopogon luteolus* и *Phallus impudicus* соответственно

Для оценки грибов как пищевого продукта необходимо учитывать их урожайность, обилие, размеры плодовых тел, вкусовые качества и т.д. Из вышеуказанных грибов значительную пищевую ценность представляют лишь некоторые виды, причем только те, которые имеют широкое распространение в Армении (представители родов *Suillus*, *Lepista*, *Tricholoma*, *Lactarius*, *Pleurotus*, *Agaricus*, виды *Calocybe gambosa*, *Armillaria mellea*, *Coprinus comatus* и др.). Три вида – *Coprinus atramentarius*, *C. micaceus* и *Clitocybe clavipes* – съедобны, но при одновременном употреблении со спиртными напитками они проявляют ядовитость [7]. Почти все виды отмеченных гастеромицетов съедобны в молодом состоянии, когда глеба белая и не разрушена (*Langermannia gigantea*, *Lycoperdon perlatum*, *Phallus impudicus*). Сюда относятся также некоторые виды афиллофоральных грибов, например, *Polyporus squamosus*, *Laetiporus sulphureus*, которые употребляются в пищу пока плодовое тело мягкое, еще не затвердевшее [8].

На исследуемой территории все выявленные грибы в зависимости от способа их питания относятся к симбиотрофам (микоризообразователи) и сапротрофам. Последние включают 5 эколого-трофических групп: гумусовые и подстилочные сапротрофы, ксилотрофы, копротрофы и псаммотрофы.

Количественное распределение съедобных базидиомицетов Национального парка «Севан» по таксонам

Порядок	Семейство	Род	Кол-во видов
Agaricales	Agaricaceae	<i>Agaricus</i>	6
		<i>Leucoagaricus</i>	1
		<i>Macrolepiota</i>	4
		<i>Phaeolepiota</i>	1
	Bolbitiaceae	<i>Agrocybe</i>	2
	Coprinaceae	<i>Coprinus</i>	3
		<i>Psathyrella</i>	2
	Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i>	1
		<i>Rozites</i>	1
	Entolomataceae	<i>Clitopilus</i>	1
		<i>Entoloma</i>	1
	Strophariaceae	<i>Kuehneromyces</i>	1
<i>Pholiota</i>		2	
Amanitales	Amanitaceae	<i>Amanita</i>	1
		<i>Amanitopsis</i>	1
	Pluteaceae	<i>Pluteus</i>	1
		<i>Volvariella</i>	1
Boletales	Boletaceae	<i>Suillus</i>	3
	Gomphidiaceae	<i>Chroogomphus</i>	1
		<i>Gomphidius</i>	1
	Paxillaceae	<i>Hygrophoropsis</i>	2
Russulales	Russulaceae	<i>Lactarius</i>	7
		<i>Russula</i>	11
Tricholomatales	Catathelasmataceae	<i>Armillaria</i>	1
	Pleurotaceae	<i>Panus</i>	1
		<i>Pleurotus</i>	4
	Tricholomataceae	<i>Calocybe</i>	1
		<i>Clitocybe</i>	3
		<i>Collybia</i>	3
		<i>Flammulina</i>	1
		<i>Laccaria</i>	2
		<i>Lepista</i>	5
		<i>Leucopaxillus</i>	1
		<i>Lyophyllum</i>	1
		<i>Marasmius</i>	3
		<i>Melanoleuca</i>	4
	<i>Oudemansiella</i>	3	
	<i>Strobilurus</i>	2	
	<i>Tricholoma</i>	4	
	<i>Tricholomopsis</i>	1	
Aphyllophorales s.l.	Cantharellaceae	<i>Craterellus</i>	1
	Clavariaceae	<i>Clavariadelphus</i>	1
	Fistulinaceae	<i>Fistulina</i>	1
	Ganodermataceae	<i>Ganoderma</i>	1
	Hydnaceae	<i>Hydnum</i>	1
	Polyporaceae	<i>Laetiporus</i>	1
<i>Polyporus</i>		1	
Auriculariales	Auriculariaceae	<i>Auricula</i>	1
Hymenogastrales	Hymenogastraceae	<i>Rhizopogon</i>	1
Lycoperdales	Lycoperdaceae	<i>Bovista</i>	2
		<i>Calvatia</i>	2
		<i>Langermannia</i>	1
		<i>Lycoperdon</i>	3
Phallales	Phallaceae	<i>Phallus</i>	1
Итого	25	54	113

Как видно из рис. 1, наибольшее число обнаруженных грибов (42 вида) принадлежит к гумусовым сапротрофам. Из агарикальных грибов это почти все виды родов *Agaricus*, *Macrolepiota*, из афиллофоральных – *Clavariadelphus pistillaris*.

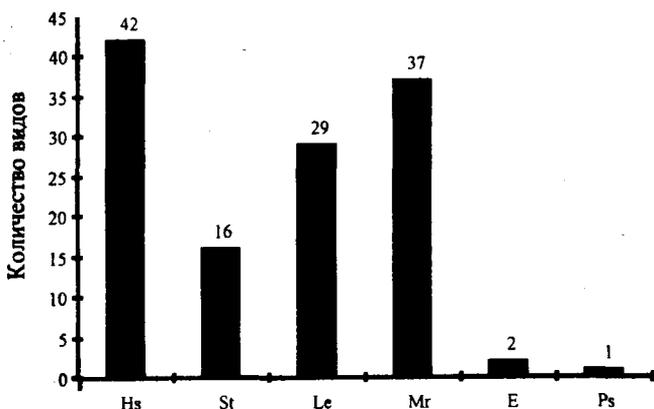


Рис. 1. Распределение съедобных базидиомицетов Национального парка «Севан» по эколого-трофическим группам: Hs – гумусовые сапротрофы, St – подстилочные сапротрофы, Le – ксилотрофы, Mr – микоризообразователи, E – копротрофы, Ps – псаммотрофы.

Большая часть обнаруженных на территории Национального парка съедобных гастеромицетов также относится к гумусовым сапротрофам. Это виды – *Calvatia excipuliformis*, *C. utriformis*, *Langermannia gigantea*, *Phallus impudicus*.

Подстилочные сапротрофы развиваются в местах, где имеется хорошо выраженная подстилка. В эту группу входят 16 видов съедобных макромицетов, в основном представители семейства *Tricholomataceae* (*Calocybe gambosa*, *Lepista nebularis*, *L. personata*, *L. sordida*, *Marasmius oreades* и др.). Группа копротрофов представлена 2 видами (*Coprinus atramentarius*, *C. Comatus*), а псаммотрофов – одним видом *Bovista nigrescens*.

Нами была прослежена также сезонная динамика образования плодовых тел

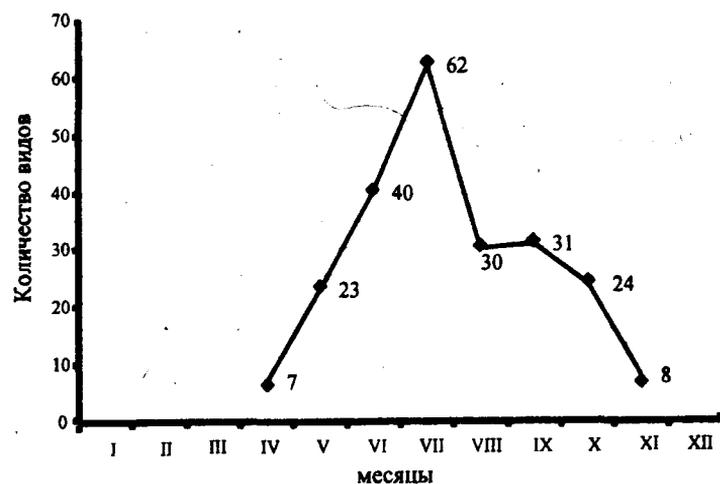


Рис. 2. Сезонная динамика развития съедобных базидиомицетов Национального парка «Севан».

образования плодовых тел съедобных базидиомицетов Национального парка (рис. 2). Массовое появление плодовых тел грибов зависит от количества выпавших осадков в летние месяцы. При благоприятном температурном режиме плодообразование продолжается 8 месяцев. Как свидетельствуют данные рис. 2, пик образования базидиом приходится на июль, когда были обнаружены 62 вида грибов (≈55%). Численность грибов резко сокращается в августе–ноябре. В конце ноября заканчивают вегетацию такие виды, как *Lepista nuda*, *Macrolepiota excoriata*, *Marasmius oreades*, *Pleurotus ostreatus*, *Russula delica*,

образуются плодовые тела съедобных базидиомицетов Национального парка (рис. 2). Массовое появление плодовых тел грибов зависит от количества выпавших осадков в летние месяцы. При благоприятном температурном режиме плодообразование продолжается 8 месяцев. Как свидетельствуют данные рис. 2, пик

Ganoderma lucidum, *Bovista nigrescens* и др. В условиях Национального парка «Севан» макроскопические грибы в зимние месяцы не были обнаружены.

Итак, почти во все месяцы года, кроме зимних, на изученной территории можно найти съедобные виды грибов, рекомендуемых для употребления в пищу.

Кафедра ботаники

Поступила 13.10.2004

ЛИТЕРАТУРА

1. Нанагюлян С.Г., Басилисян М.С., Сирунян А.Л. Успехи мед. микологии: Материалы I Всерос. конгресса по медицинской микологии. М., 2003, т. 1, с. 157-159.
2. Հայաստանի կենսաբանականությունը: Առաջին ազգային զեկույց: ՀՀ բնապահպանության նախարարություն: Եր., 1999, 144 էջ.
3. Խանջյան Ե. Հայաստանի բնության հատուկ պահպանվող տարածքները: Եր. Դար, 2001, 62 էջ.
4. Հայկական ՍՍՀ ֆիզիկական աշխարհագրություն: Եր., ՀՍՍՀ ԳԱԱ հրատ., 1971, էջ 360-379.
5. Ainsworth G.C., James P.W., Hawksworth D.L. Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi, including the Lichens. 6th ed. Kew (Surrey), 1971, 663 p.
6. Нанагюлян С.Г. Макромицеты республики Армения (видовая, пространственная и функциональная структура): Автореф. дис. на соискание уч. ст. докт. биол. наук. Ер., ЕГУ, 1997, 412 с.
7. Дудка И.А., Вассер С.П. Грибы. Справочник. Киев: Наукова думка, 1971, 535 с.
8. Гарибова Л.В., Сидорова И.И. Грибы. Энциклопедия природы России. М., 1997, 352 с.

Ս. Գ. ՆԱՆԱԳՅՈՒԼՅԱՆ, Ա. Լ. ՄԻՐՈՒՆՅԱՆ

«ՍԵՎԱՆ» ԱԶԳԱՅԻՆ ՊԱՐԿԻ ԵՎ ՊԱՀՊԱՆԻՉ ԳՈՏՈՒ ՈՒՏԵԼԻ ՄԵԿԵՐԻ ՏԵՍԱԿՆԵՐԸ ԵՎ ԴՐԱՆՑ ԶԱՐԳԱՑՄԱՆ ՕՐԻՆԱ- ՉԱՓՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Ամփոփում

«Սևան» ազգային պարկի և պահպանիչ գոտու տարածքում հայտնաբերվել են ուտելի բազիդիալ մակրոմիցետների 113 տեսակներ: Նշված տեսակները պատկանում են 6 տրոֆիկական խմբերի: Ուսումնասիրվել է ուտելի սնկերի պտղաբերության սեզոնային դինամիկան, բերված են առավել տարածված տեսակները:

S. G. NANAGULYAN, A. L. SIRUNYAN

THE SPECIES OF EDIBLE MUSHROOMS OF «SEVAN» NATIONAL PARK WITH BUFFER ZONE AND PECULIARITIES OF THEIR DEVELOPMENT

Summary

On the territory of «Sevan» National Park with buffer zone was found 113 species of edible basidiomycetes. The revealed mushrooms belong to 6 ecological groups. Seasonal dynamics of fructification is investigated too, the most widespread species are given.

УДК 553.44

К. А. БАГДАСАРЯН

РАЦИОНАЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ РАЗВЕДОЧНОЙ СЕТИ И ПЕРЕОЦЕНКА ПРОМЫШЛЕННОЙ ЦЕННОСТИ АРМАНИССКОГО ЗОЛОТО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Горнодобывающая промышленность является одной из ключевых отраслей экономики Армении, и, несмотря на обвальное падение объема промышленного производства страны в кризисные 1991–1995 гг., отрасль в основном сохранила созданные ранее производственный потенциал и инфраструктуру. С оживлением экономики объемы добычи и переработки запасов полезных ископаемых возросли и достигли докризисного уровня, в связи с чем возникла необходимость переоценки ресурсного потенциала действующих и резервных объектов горнорудной промышленности. К числу таковых относится и Арманисское золото-полиметаллическое месторождение.

Основная часть фонда рудных месторождений была изучена и оценена в 50–80 годы прошлого века в иных политических и социально-экономических условиях. Естественно, прежние подходы к геолого-экономической оценке месторождений устарели, требуется переоценка минерально-сырьевой базы страны с целью определения экономической эффективности освоения месторождений и выделения «активных запасов», разработка которых оправдана в условиях современного мирового рынка.

Для выявления подобных рентабельных объектов Г.Г. Шехяном, К.М. Мартикяном и др. [1] была проведена укрупненная переоценка, которая, кроме технико-экономических показателей и количественно-качественной характеристики минерального сырья, учитывала реальное современное состояние объектов (наличие инфраструктуры, экологические условия и т.п.), а также степень изученности технологических свойств полезного ископаемого. В результате были выделены 3 группы объектов:

– месторождения с нормально экономическими запасами, освоение которых целесообразно в условиях конкурентного рынка и обеспечивает быстрый возврат капитальных вложений;

– месторождения с ограниченно экономическими запасами, освоение которых возможно при предоставлении субсидий или других мер поддержки соответствующих проектов. Окупаемость капиталовложений не превышает нормативные сроки;

– месторождения с предельно экономическими запасами, для которых расчетная или фактическая рентабельность очень низка и не гарантирует возврата капиталовложений.

С этих позиций ниже рассматривается промышленная ценность Арманисского золото-полиметаллического месторождения. Оно расположено в северо-западной части одноименного рудного поля, геолого-структурная позиция которого обусловлена положением его в зоне Севан-Акеринского глубинного разлома. Участок месторождения представляет собой узел сочленения Широного и Арманисского разломов. Оруденение локализовано в лежащем боку Арманисского взброса северо-западного простирания, по которому контактируют меловые известняки и палеогеновые вулканогенные породы [2]. Рудовмещающими являются андезитобазальты, андезиты, дациты и их лавобрекчии.

В морфологическом отношении рудные тела месторождения характеризуются вытянутостью в двух направлениях – по простиранию и падению. Они относятся к классу линейно вытянутых тел и представлены сложно-построенными жилами и зонами прожилково-вкрапленной минерализации. Исключение составляет рудное тело № 1 столбообразной формы.

Оруденение распределяется в рудных телах весьма неравномерно с чередованием участков с богатой и убогой минерализацией, частых раздувов, пережимов. Мощность колеблется от нескольких до 10–15 метров. По падению рудные тела прослеживаются на сотни метров. Нижняя граница оруденения, по данным скважин, составляет 500–600 м. Обогащенные участки приурочены обычно к местам изгибов трещин, выполаживания и узлам пересечения разрывов.

На Арманисском месторождении развиты массивная, прожилковая, вкрапленная, пятнистая, полосчатая и брекчиевидная текстуры. Преобладают крупно- и среднезернистая текстуры минеральных агрегатов.

Наблюдается зональность в распределении полезных компонентов. С глубиной увеличивается содержание меди, уменьшается – свинца и отчасти цинка.

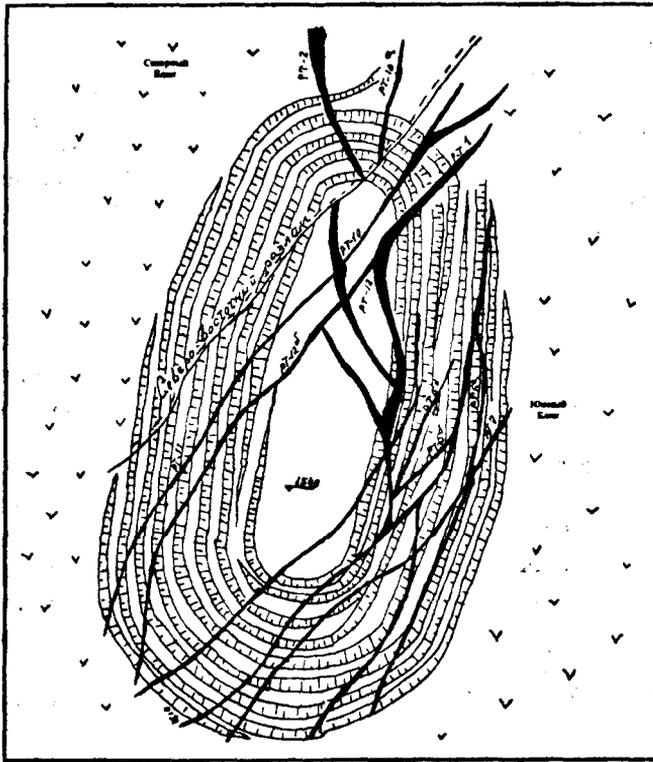
По минеральному составу и условиям образования месторождение это относится к полиметаллической формации с повышенным содержанием золота и серебра. Оруденение представлено в основном халькопирит-галенит-сфалеритовыми, галенит-сфалеритовыми, реже пирит-халькопиритовыми рудами [3]. Наряду с основными компонентами, руды содержат также селен, теллур, висмут, кадмий и серу, которые, несмотря на низкие содержания, концентрируются в продуктах обогащения и могут быть извлечены при металлургическом переделе.

На месторождении установлены 3 технологических типа руд: окисленный, смешанный и сульфидный. Первые два типа имеют ограниченное распространение. Окисленные руды по отдельным рудным телам развиты до глубины 10–15 м от поверхности, смешанные – до 20–25 м. Обе зоны характеризуются относительно повышенным содержанием золота.

Месторождение разведывалось горно-буровой системой с преимущественно буровым объемом разведки. Горные выработки пройдены на трех горизонтах. По простиранию рудные тела прослеживались штольнями и штреками, их полная мощность изучалась рассечками, задаваемыми в сред-

нем через каждые 20 м, а на участках, обогащенных золотом, сеть выработок сгущалась.

В целом на месторождении вскрыты и изучены 23 рудных тела с разной интенсивностью минерализации, в 7-и (№№ 1, 2, 2а, 6, 11, 11а и 12) –



Арманисское золото-полиметаллическое месторождение
(Центральный участок).

1 – Среднеэоценовые андезиты, андезито-базальты, дациты, их лаво-, туфобрекчии и туфы; 2 – рудные тела и их номера; 3 – контур карьера.

сосредоточено 83% запасов полезных компонентов, из них №№ 1 и 2 – наиболее обогащены золотом (см. рис.).

Наиболее детально изученным является Центральный участок, сложенный вулканогенными и вулканогенно-осадочными породами, представленными андезитами, андезито-базальтами, их лаво- и туфобрекчиями и туфами. Основной рудоконтролирующей структурой, которая делит месторождение на 2 блока, характеризующиеся различной рудонасыщенностью и ориентировкой рудных тел, является Северо-восточный разлом.

Расположенные в северном блоке рудные тела (№№ 2, 2а, 3, 5) имеют субмеридиональное простирание,

представлены типичными жилами с четкими контактами и выдержаны по простиранию и падению.

В южном блоке рудные тела имеют преимущественно северо-восточное простирание, небольшие размеры и более сложное строение, обусловленное многочисленными ответвлениями, апофизами. Здесь характерна сближенность рудных тел до 15–30 м и хорошо проявлено прожилково-вкрапленное оруденение, имеющее сложный минеральный состав.

Рудное тело № 1 представляет собой типичный рудный столб, который образовался в узле пересечения и сочленения северо-восточных, северо-западных и близмеридиональных разломов. Оно вытянуто в северо-западном направлении, угол падения 35–45°. По простиранию тело прослеживается на 80–125 м, по падению – на 140 м. Мощность тела изменчива. На поверхности она составляет 2,5–8,0 м, на горизонтах штолен – 15–20 м.

Оруденение неравномерное, представлено массивными скоплениями, гнездами и прожилками, содержащими в среднем золота 5,44г/т, серебра 20,89г/т, меди 1,16%, цинка 2,10% и свинца 1,7%.

Рудное тело № 2 является наиболее крупным на месторождении и представляет собой жильную зону мощностью от 1,5 до 30м. Содержание золота здесь колеблется в пределах 1,26–5,2г/т.

Результаты исследований. Арманисское месторождение, согласно классификации запасов и прогнозных ресурсов месторождений твердых полезных ископаемых (см. [4]), относится к 3-ей группе по сложности геологического строения, для которого рекомендуемая плотность разведочной сети в подсчетных блоках категории С₁ составляет 20–30м×40–60м. С целью определения необходимой густоты сети разведочных выработок при разведке месторождения был использован метод разрежения в 2, 3, 4 и 5 раз от исходной (эталонной) плотности (через 20м).

Результаты экспериментального разрежения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Предельные отклонения средних содержаний металлов при различной плотности сети

Интервал разрежения, м	Предельные отклонения среднего содержания, %									
	Au		Ag		Cu		Zn		Pb	
	от	до	от	до	от	до	от	до	от	до
40	-34,5	+32,3	-22,3	+22,6	-21,4	+23,2	-29,7	+31,4	-23,3	+24,5
60	-36,4	+38,3	-31,3	+33,5	-37,8	+35,3	-33,3	+35,7	-38,8	+39,3
80	-61,4	+59,6	-42,8	+40,3	-65,8	+69,8	-87,2	+91,7	-40,6	+41,4
100	-71,3	+72,9	-65,1	+68,7	-82,0	+81,8	-90,3	+93,8	-74,6	+71,4

Если ориентироваться на предельные отклонения золота как на наиболее изменчивый и ценный компонент, то рациональной следует считать сеть 40м×40м, случайная погрешность определения содержания золота при которой не превышает допустимые пределы для подсчета запасов по категории С₁. Аналогичные результаты были получены при анализе разведочной сети Шаумянского золото-полиметаллического месторождения, где разведочная сеть имела такие же параметры [5].

В ходе исследований были рассмотрены также вопросы достоверности kernового опробования. По данным скважин и горных выработок было произведено сопоставление содержаний kernовых и бороздовых сопряженных проб, в результате чего установлены близкие значения средних содержаний. Статистическая оценка выборок kernовых и бороздовых проб при среднем выходе kernа 78% свидетельствует об отсутствии систематических расхождений, что дает возможность при разведке месторождений данного типа заменить проходку дорогостоящих подземных выработок буровыми скважинами.

Экономическая оценка. Техничко-экономическое обоснование балансовой принадлежности запасов и промышленного освоения Арманисского месторождения было осуществлено в 1988 г. На месторождении были подсчитаны запасы руды и металлов (табл. 2).

С учетом низких содержаний полезных компонентов в рудах, а также обеспеченности резервной базы цветных металлов бывшего СССР Арманис-

ское месторождение рассматривалось как резервное, промышленное освоение которого предполагалось за пределами 2010–2020 гг.

Таблица 2

Элементы подсчета	Единица измерения	Категории запасов			
		балансовые		забалансовые	
		C ₁	C ₂	C ₁	C ₂
руда	тыс. т	11569,5	4551,2	248,4	165,4
золото	кг	11284,0	1594,6	391,6	35,5
	г/т	0,98	21,19	1,58	0,22
серебро	т	130,5	43,6	3,2	0,8
	г/т	11,28	9,58	12,88	4,84
медь	тыс.т	125,4	55,1	1,4	0,8
	%	1,08	1,21	0,56	4,48
цинк	тыс.т	306,4	109,2	2,4	1,9
	%	2,65	2,1	0,97	1,15
свинец	тыс.т	138,9	52,7	1,1	0,3
	%	1,2	1,16	0,44	0,18

В технико-экономическом обосновании освоения месторождения предусматривалась его разработка подземным способом с переработкой руды на Капанской обогатительной фабрике, расстояние от которой до места доставки сырья 627км (по автотрассе – 36, железной дороге – 591км), что при современной реальности невыполнимо.

За прошедшие годы изменились социально-экономические условия, в связи с чем потребовалась переоценка природных ресурсов и экономического потенциала месторождения.

Произведенные расчеты показывают, что наиболее целесообразным является комбинированный способ эксплуатации: на первом этапе следует отработать карьером запасы верхних горизонтов с относительно повышенным содержанием золота, что обеспечивает эффективную деятельность горного предприятия; на втором этапе при благоприятной конъюнктуре рынка месторождение эксплуатируется подземными выработками. Разработку запасов первой очереди следует организовать на центральной части месторождения, где рудные тела близко расположены друг к другу и выходят на дневную поверхность или перекрыты вскрышными породами небольшой мощности. Схема первоочередной разработки показана на рисунке.

В карьер глубиной 70м будут вовлечены рудное тело № 1, южная часть рудного тела № 2 и рудные тела №№ 6, 7, 10–12.

В границы карьера включены балансовые запасы руды в объеме 1802,05 тыс. т, что составляет 12,3% от общих утвержденных по категории C₁+C₂, т.е. 3946,3кг золота (32%), 24,9т серебра (15,4%), 13205т меди (8,3%), 42940т цинка (11,1%) и 31682т свинца (17,7%). Расчетная годовая производительность рудника – 150,0 тыс. т руды, при которой срок службы карьера составит 12 лет с окупаемостью капиталовложений в течение 2 лет.

Производить переработку руды представляется целесообразным на Ахталинской обогатительной фабрике, расположенной в 40км от Арманисского месторождения.

Таким образом, на Арманисском золото-полиметаллическом месторождении можно выделить «экономически активную» часть запасов, освоение которых рентабельно в настоящее время.

При разведке золото-полиметаллических месторождений аналогичного типа в качестве оптимальной предлагается плотность разведочной сети выработок в 40м, а при удовлетворительном качестве бурения разведочные работы следует осуществлять системой буровых скважин, что значительно повысит эффективность геолого-разведочных работ.

*Кафедра методики поисков и разведки
месторождений полезных ископаемых*

Поступила 03.06.2004

ЛИТЕРАТУРА

1. Шехян Г.Г., Мартикян К.М., Мовсесян Р.С. Минерально-сырьевая база Республики Армения. Современное состояние и перспективы развития. – Сб. статей научной сессии, посвященной 90-летию со дня рождения д. г.-м. н. С.А. Мовсесяна. Ер., 2002.
2. Мовсесян Р.С. – Изв. АН Арм. ССР. Науки о Земле, 1980, т. XXXIII, № 1.
3. Амирян Ш.О. – ДАН Арм. ССР, 1972, т. IV, № 2.
4. Պինդ օգտակար հանածոների հանքավայրերի պաշարների և կանխատեսումային ռեսուրսների դասակարգում (խմբ. Յու. Ա. Աղաբալյան): ՀՀ ՕՀՊՊՀ. Եր., 1998.
5. Багдасарян К.А. – Ученые записки ЕГУ, 2004, № 2, с. 123–127.

Զ. Ա. ԲԱՂՂԱՍԱՐՅԱՆ

ԱՐՄԱՆԻՍԻ ՈՍԿԻ-ԲԱԶՄԱՄԵՏԱԳԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԻ ՀԵՏԱԽՈՒԶԱԿԱՆ ՑԱՆՑԻ ՌԱՑԻՈՆԱԼ ԽՏՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ԱՐԳՅՈՒՆԱԲԵՐԱԿԱՆ ՆՇԱՆԱԿՈՒԹՅԱՆ ՎԵՐԱԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ

Ամփոփում

Լեռնային արդյունաբերությունը հանդիսանում է Հայաստանի տնտեսության հիմնական մասնաճյուղերից մեկը: Մետաղական հանքավայրերի հիմնական մասը ուսումնասիրվել և գնահատվել է անցյալ դարի 50–80-ական թթ. միանգամայն այլ սոցիալ-տնտեսական պայմաններում: Այժմ գործում են նոր մոտեցումներ, ուստի անհրաժեշտություն է առաջանում վերագնահատել հանքավայրերի պաշարները: Արմանիսի հանքավայրի յուրացումը նախատեսվում էր իրականացնել ստորգետնյա եղանակով, որը ժամանակակից պայմաններում տնտեսապես արդյունավետ չէ: Ստորգետնյա քանկարժեք լեռնային փորվածքների անցման և պահպանման ծախսերը նվազեցնելու նպատակով առաջարկվում է հանքավայրի կենտրոնական մասը շահագործել քացահանքով:

OPTIMAL DENSITY OF EXPLORATION NETWORK AND INDUSTRIAL VALUE OF AURIFEROUS-POLYMETALLIC DEPOSIT OF ARMANIS

Summary

Nowadays mining industry is considered as one of key branches of economy of the Republic of Armenia. Under circumstances of transition from planned economy to market one, over-appraising of the value of the deposits is required and dictated. As to the deposit of Armanis, the exploitation system should be revised, which at the moment doesn't promote and contribute to profitable utilization. The central part of the afore-mentioned deposit is assumed to exploit via quarrying, which will make possible and cause the curtailing of expenditures for both mining and maintenance of costly underground mountainous yields in operation.

Երկրաբանություն

УДК 669.85/86; 669.88

Մ. Կ. ԱՐՇԱԿՅԱՆ

ՀԱՉՎԱԳՅՈՒՏ ՄԵՏԱՂՆԵՐԸ ՀՀ ՀԻԴՐՈՀԱՆՋԱՅԻՆ ՌԵՍՈՒՐՍՆԵՐԻ ՌՈՒՄ ԵՎ ՆՐԱՆՑ ԱՐԴՅՈՒՆԱՀԱՆՍԱՆ ՀԵՌԱՆԿԱՐՆԵՐԸ

ՀՀ հանքահումքային ռեսուրսների և նրանց տեխնոլոգիական նյութերի համալիր ուսումնասիրությունը և օգտագործումը հանդիսանում է բարդ և բազմաբնույթ խնդիր, որն ունի կարևոր ժողովրդատնտեսական նշանակություն: Խոսքը վերաբերում է ոչ միայն արմատական հանքահումքային ռեսուրսներին, այլ նաև հանրապետության հիդրոհանքային հումքին, որը ծայրաստիճան թույլ է ուսումնասիրված, սակայն նրանից օգտակար տարրերի էկոլոգիապես մաքուր և մատչելի արդյունահանման առումով ունի մեծ հեռանկարներ: Հանրապետության պղնձի, պղինձ-մոլիբդենային և ոսկի-բազմամետաղային արդյունաբերական ֆորմացիաների արմատական հանքավայրերում բավական ուսումնասիրված են հազվագյուտ մետաղների երկրաքիմիան և նրանց կորզման տեխնոլոգիական հնարավորությունները: Մակայն հանրապետության հանքահումքային պաշարներից հազվագյուտ մետաղների կորզումն իրականացվում է միայն հիմնական տարրերին (ոսկի, արծաթ, պղինձ, ցինկ, կապար, մոլիբդեն) զուգընթաց: Կուտակվելով նշված մետաղների խտանյութերում՝ նրանք հիմնականում օտարվում են (մասամբ վերամշակվում են պղնձի խտանյութերը, այն էլ մինչև սև պղինձ): Չնայած գոյություն ունի մաքուր մետաղների ստացման համաշխարհային փորձը և հանրապետությունում առկա են նորագույն տեխնոլոգիաների մշակումներ, այնուամենայնիվ հազվագյուտ մետաղների անմիջական ինքնուրույն արտադրամասեր ստեղծելու տեխնոլոգիական սխեմաներ չկան: Այդ իսկ պատճառով արմատական հանքավայրերում հազվագյուտ մետաղները դիտվում են որպես հարակից ելանյութեր, որոնք խտանյութերի մետալուրգիական վերամշակման ժամանակ մասամբ են կորզվում, նրանց արժեքն ապրանքային արտադրանքի ինքնարժեքի մեջ չի մտնում, այդ պատճառով արտադրող ձեռնարկությունները կրում են զգալի վնասներ:

Այդ տեսակետից մեծ հետաքրքրություն են ներկայացնում հանրապետության տարածքում հայտնի հանքային և թերմալ (բարձր ջերմաստիճանային) հիդրոհանքային զգալի ռեսուրսները, որոնք պարունակում են մի շարք ռազմավարական նշանակություն ունեցող և միջազգային շուկայում

բարձր ու կայուն արժեք ներկայացնող հազվագյուտ մետաղներ: Նախնական հետազոտությունները ցույց են տվել, որ՝ ի տարբերություն արմատական հանքավայրերի, հիդրոհանքային ռեսուրսների հիման վրա հնարավոր է ստեղծել այնպիսի հազվագյուտ մետաղների անմիջական արտադրություն, ինչպիսիք են գերմանիումը, բորը, ռուբիդիումը, լիթիումը, ցեզիումը, ստրոնցիումը և այլն:

Հեղինակային հաշվարկները [1-3] ցույց են տալիս, որ տարեկան տասնյակից հարյուրավոր տոննա գումավոր և մեծ պահանջարկ ունեցող հազվագյուտ մետաղներ հանքային և թերմալ ջրերի հետ դուրս են բերվում և աննպատակ կորչում: Հայաստանում մեծ հետաքրքրություն են ներկայացնում Հրազդանի, Իջևանի, Միսիանի, Դվինի, Հանքավանի, Ագատավանի մի շարք հանքավայրեր և թերմալ ջրեր, որոնցից համեմատաբար ուսումնասիրված են վերջին երկուսը: Անհրաժեշտ է նշել, որ Հանքավանի ջրերը տարեկան դուրս են բերում մակերես 56 տոննա բոր, 14 տոննա լիթիում, շուրջ մեկական տոննա ռուբիդիում, ցեզիում և զգալի քանակությամբ գերմանիում: Նշենք, որ համաշխարհային պրակտիկայում հայտնի են դեպքեր, երբ արմատական հանքավայրերը կոնսերվացվել են և այդ թանկարժեք տարրերը կորզվել են անմիջապես հանքային ջրերից էկոլոգիապես մաքուր և էժան տեխնոլոգիաների կիրառումով (օրինակ, լիթիումը ԱՄՆ-ում՝ Միլվեր Պիկ, Նևադայի մարզ, Չիլիում՝ Մալար-դե-Ատակամա, Բոլիվիայում՝ Սալար-դե-Ույունի) [4]: Լիթիումի և ավելի սահմանափակ քանակությամբ ռուբիդիումի և ցեզիումի արդյունաբերական հանույթ է կատարվում Չինաստանում, Ճապոնիայում, Նոր Զելանդիայում, Իտալիայում, իսկ գիտահետազոտական աշխատանքներ են տարվում Ֆրանսիայում, Իսլանդիայում, Կանադայում, Չիլիում, Հնդկաստանում և այլուր:

Մեր հանրապետությունում որպես սորբենտներ հաճախ օգտագործվում են տարբեր բաղադրակազմի ցեոլիտներ, որոնց պաշարները հսկայական են, իսկ ինքնարժեքը՝ ցածր: Անհրաժեշտ է նշել, որ B-ի, Li-ի, Rb-ի, Cs-ի զգալի պաշարներ հիմնականում գտնվում են նորագույն հրաբխականության տարածման շրջաններում, ինչպիսիք են Ալպերը, Դինարիտները, Կարպատները և այլն, որոնց թվին է դասվում նաև Հայաստանը: Ցավոք սրտի, այս հանգամանքը լուրջ ուշադրության չի արժանացել և որոնողահետախուզական աշխատանքների ընթացքում շատ դեպքերում բարձր հանքայնացում ունեցող տարբեր ջերմաստիճանային ջրերի մետաղաբերության ուսումնասիրություններ ըստ խորության և ջերմաստիճանի փոփոխության չեն արվել և տարածման շրջանները չեն եզրագծվել: Կատարվել են միայն մակերևութային հոսք ունեցող հիդրոթերմների և նրանց բուժական հատկությունների ուսումնասիրություններ [5]:

Ռուսաստանի ԳԱ երկրաքիմիայի և անալիտիկ քիմիայի ինստիտուտի կողմից մշակվել են լիթիումի ցեզիումի և ռուբիդիումի կորզման տեխնոլոգիաներ (նույնիսկ 0,15 մգ/լ միջին պարունակության ջրերից) [4], որոնք կիրառվել են Յակուտիայի և Դադստանի հանքային ջրերի (120-130 մգ/լ աղերի գումարային պարունակությամբ) ուսումնասիրության համար:

Հայաստանում նույնպես կատարվել են որոշակի հետազոտություններ, որոնց նպատակն է եղել սորբցիոն տեխնոլոգիայի հիման վրա (ՓԱՀ-71 կատիոնիտի կիրառմամբ) իրականացնել ցեզիումի և ռուբիդիումի լիարժեք

կորզումը Հանքավանի ջրերից, որոնց պարունակությունները կազմել են համապատասխանաբար 0,68 և 0,4մգ/լ: Բնական սորբենտների օգտագործումը հնարավորություն է տվել ապահովել հազվագյուտ մետաղների կորզումը 93,9–99,7%-ով [1]: Նշենք, որ Ազատավանի հանքային ջրերում ցեզիումի պարունակությունը կազմում է 3,52մգ/լ, ռուբիդիումինը՝ 0,89, բորինը՝ 600, լիթիումինը՝ 20մգ/լ: Այդ հետազոտությունների տեխնիկատնտեսական հաշվարկները ցույց են տալիս, որ Հայաստանի ածխաթթվային հիդրոհանքային հումքից տեղական բնական ցեոլիտները որպես սորբենտներ օգտագործելիս կարելի է ստանալ հազվագյուտ մետաղների (B, Li, Rb, Cs) կորզման բարձր ցուցանիշներ և ցածր ինքնաբեռ:

Անհրաժեշտ է նշել, որ Հայաստանի հանքային ջրերը պիտանի են ոչ միայն բուժական նպատակների համար և սննդի արդյունաբերության ոլորտում, այլ նաև մի շարք արժեքավոր միկրոտարրերի կորզման առումով:

Ներկայումս ՀՀ հանքային և թերմալ ջրերի բաղադրակազմի մետաղական տարրերը շատ քիչ են ուսումնասիրված և կրում են տարերային բնույթ: Հետազոտություններ կան Հանքավանի և Ազատավանի հանքավայրերի համար, որտեղ հայտնաբերված են ալկալային հազվագյուտ մետաղների զգալի կուտակումներ, մինչդեռ այդ շրջանակներից դուրս են մնացել մեծածավալ պաշարներ ունեցող այնպիսի հանքային ջրեր, ինչպիսիք են Ջերմուկի, Արզնու, Բջնիի, Դիլիջանի և այլ խմբերի հանքավայրերը: Նրանց քիմիական կազմն ու բուժական հատկությունները բավական լավ ուսումնասիրված են և հիմք են հանդիսանում զանգվածային արտադրանքի՝ որպես սեղանի հանքային ջրի համար: Հայաստանի հանքային և թերմալ ջրերի մետաղաբերության հետ կապված մանրակրկիտ և հետևողական ուսումնասիրություններ հանրապետությունում չեն կատարվել: Իսկ ինչ վերաբերում է մետաղների կորզման տեխնոլոգիաների մշակմանը և մաքուր մետաղներ ստանալուն, ապա դրանք չեն կարող իրականացվել, քանի որ գոյություն չունի գիտաարտադրական և նուրբ անալիտիկ բազա: Անհրաժեշտ է նշել, որ հազվագյուտ մետաղների որոշ գիտական հետազոտություններ կատարվում են ՀՀ ԳԱԱ երկրաբանության ինստիտուտում, ԵՊՀ-ում [1, 2], իսկ լեռնային շրջանների հանքաջրերի ուսումնասիրություններ՝ Լեռնամետալուրգիայի ինստիտուտում [6], որոնք սակայն կրում են էկոլոգիական բնույթ, սահմանափակվում են հիմնականում ծանր մետաղների քանակական որոշմամբ, սակայն չունեն տեխնոլոգիական ելք մաքուր մետաղների արտադրության համար: Համաձայն [6]-ի՝ Զաջարանի պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրից հանքաջրերը դուրս են բերում տարեկան մինչև 12տ պղինձ, 60տ մոլիբդեն, մինչև 35կգ ոսկի, 120կգ արծաթ: Ազարակի հանքավայրում այդ ցուցանիշներն ավելի նվազ են՝ տարեկան շուրջ 3,5տ մոլիբդեն, որը հիմնականում նստում է այդ ջրերով ոռոգվող այգիների հողաշերտերում: Դաստակերտի հանքադաշտում, որտեղ դադարեցված են շահագործողական աշխատանքները, հանքաջրերը տարեկան դուրս են բերում շուրջ մեկ տոննա մոլիբդեն, պղինձ, ցինկ և մկնդեղ, ինչը լուրջ վտանգ է ներկայացնում հողաշերտի հիպերգեներգի համար: Չգալի քանակությամբ մետաղներ են դուրս բերվում պղինձ-ծծմբակոլչեղանային հանքավայրերից: Բավական է նշել, որ Ալավերդու հանքավայրից դուրս է բերվում 36տ պղինձ, Շամլուղի հանքավայրից՝ 8–10տ պղինձ, Տանձուտի հանքավայրից՝ 700տ

երկաթ, 300–400տ ալյումին, 6տ պղինձ, ցինկ և այլ տարրեր, Ախթալայի հանքավայրից՝ 4տ պղինձ, 8տ ցինկ: Բացի դրանից, այդ հանքային շրջաններից դուրս են բերվում նաև մարդկանց և կենդանիների համար վտանգավոր տարրեր (մկնդեղ, սնդիկ), որոնց ուտիլիզացիան հանդիսանում է առաջնակարգ խնդիր, քանի որ դրանք աղտոտում են հողային շերտն ու մթնոլորտը խիտ բնակեցված հանքային շրջաններում: Այդպիսի վտանգավոր գոտի է Ղափանի հանքային դաշտը, որտեղից (Ղափանի և Շահումյանի հանքավայրերից) դեպի Ողջի գետի ավազանն է հոսում հարյուրավոր տոննա պղինձ, ցինկ, երկաթ, մանգան, մկնդեղ, ոսկի, արծաթ, թելուր, սելեն և այլն, որոնց վնասակար ազդեցությունը շրջակա միջավայրի վրա ակնհայտ է:

Սկզբունքային նշանակություն ունի Սևանի ավազանի հանքաջրերի բաղադրակազմի որոշումը և հարակից հանքայնացված գոտիներից դեպի Սևանա լճի քաղցրահամ ջրերը թափվող թունավոր տարրերի կանխումը: Համաձայն ՀՀ ԳԱԱ երկրաբանության ինստիտուտի տվյալների՝ Սևանի ավազանի հանքաջրերը պարունակում են հանքածին պղինձ, մոլիբդեն, ցինկ, մկնդեղ, սնդիկ, քրոմ, մանգան և ոսկու թելուրիդներ; պետրոզեն տարրերից՝ նիկել, կոբալտ, մագնեզիում; տեխնոզեն ծազման՝ ֆոսֆոր, միտրատներ, ֆտոր, որոնք կապված են, ըստ երևույթին, ֆտոր-ապատիտային կազմի պարարտանյութերի հետ [1]:

Այսպիսով, խիստ հրատապ խնդիր է հանրապետության հիդրոհանքային ռեսուրսներում (թերմալ, հանքային ջրերում, հանքաջրերում, հանքահոսքաջրերում) հազվագյուտ մետաղների պարունակությունների գնահատումը, կորզումը՝ որպես լեռնահանքային արդյունաբերության լրացուցիչ հումք: Ի դեպ, այդպիսի հարցադրում արված է Է.Ս. Խալաթյանի աշխատանքներում [1, 2]:

Մեր առաջարկների շրջանակներն ավելի ընդգրկուն են և էապես լրացնում են նախկինում կատարված էկոլոգիական ուղղություն ունեցող հետազոտությունները, ունեն իրական հեռանկարներ, քանի որ ապահովում են հազվագյուտ տարրերի անմիջական կորզումը էկոլոգիապես մաքուր բարձրագույն տեխնոլոգիաներով, այդ թվում միկրոկենսաբանական տարրալուծմամբ: Այդ նպատակով անհրաժեշտ է իրականացնել թերմալ, հանքային ջրերի և հանքաջրերի տարրական և քիմիական կազմի երկարամյա մոնիտորինգ, որը հնարավորություն կտա բարձրորակ անալիտիկ հետազոտությունների հիման վրա դասակարգել առաջնահերթ հանքավայրերը և հանքային դաշտերը, որոնք կարող են հանդիսանալ հազվագյուտ մետաղների հիդրոհանքային հումքի աղբյուր:

Հանքահարստացուցիչ ֆաբրիկաները, պոչամբարները և մետալուրգիական վերամշակման գործարանները՝ որոնք անհրաժեշտ են հանքային ֆորմացիաներից հազվագյուտ մետաղների կորզման համար, խիստ էներգատարողունակ են և մշտապես պահանջում են հսկայական էկոլոգիական ծախսեր: Մինչդեռ հիդրոհանքային հումքից նրանց կորզումը մեծածավալ կապիտալ ներդրումներ չի պահանջում, ինքնարժեքը խիստ ցածր է, նաև նպաստում է էկոլոգիապես մաքուր համակարգի պահպանմանը: Բավական է նշել, որ ալկալային հազվագյուտ մետաղների արժեքները՝ համաձայն «ALDRICH CHEMICAL CO»-ի տվյալների, կազմում են. ռուբիդիումինը՝ 1400, ցեզիումինը՝ 250, լիթիումինը՝ 600 դոլար/կգ և այլն:

Առաջատար երկրների տեխնոլոգիական ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ հիդրոհանքային հումքից մետաղների կորզումը հասնում է 99,5%-ի, քանի որ այն իրականացվում է տեղային շարժական կայանքների միջոցով, որոնք չեն պահանջում խոշոր ֆունդամենտալ հիդրոտեխնիկական կառույցներ, օգտագործվում են մատչելի բարձրագույն տեխնոլոգիաներ:

Հետագա հետազոտությունների արդյունքում հնարավոր է ստեղծել էապես նոր տիպի հանքահումքային բազա, որը փոքրածավալ շարժական կայանքների օգտագործումով հնարավորություն կտա ստանալ ցածր ինքնարժեքով թանկարժեք հազվագյուտ, ինչպես նաև գունավոր սև մետաղներ անհամեմատ բարձր շահավետությամբ՝ նպաստելով շրջապատի էկոհամակարգի բարելավմանը:

Ներկայումս Հանքավանի և Ազատավանի ջրերում մասամբ ուսումնասիրված են համարվում արկալային հազվագյուտ մետաղները և բորը: Այդ հանքային ջրերից սորբցիոն տարրալուծմամբ, համաձայն տնտեսական հաշվարկի, տարեկան կարելի է ստանալ 3,5–4,0 մլն դոլար շահույթ, որը համագոր է Հայաստանի որոշ խոշոր լեռնահանքային ձեռնարկությունների տարեկան շահույթին [1, 2]:

Եզրակացություն: ՀՀ հիդրոհանքային ռեսուրսներից հազվագյուտ տարրերի կորզման նպատակով անհրաժեշտ է մշակել նպատակային կոնցեպտուալ ծրագիր, որը կներառի հետևյալ փուլերը:

1. Հանրապետության զանգվածային արտադրության (Ջերմուկ, Արզնի, Հանքավան և այլն) հանքային ջրերում, ինչպես նաև նրանց հանքավայրերում և խոշոր լեռնահանքային շրջանների (Ղափան, Ալավերդի, Քաջարան) հոսքաջրերում անցկացնել բաղադրակազմի ժամանակակից մակարդակին համապատասխան մոնիտորինգ՝ հատկապես հազվագյուտ մետաղների համար:

2. Մշակել նորագույն տեխնոլոգիաներ՝ հանքային ջրերից և հանքաջրերից հազվագյուտ մետաղների կորզման նպատակով, որոնք կապահովեն շրջակա միջավայրի պահպանումը վնասակար տարրերի աղտոտումից և հնարավորություն կտան հազվագյուտ մետաղների տեղային (լոկալ) արտադրության շնորհիվ զարգացնել արդյունաբերության նոր ճյուղեր:

3. Ստեղծել բազային անալիտիկ տեխնոլոգիական կենտրոն հիդրոհանքային հումքի վերամշակման համար, որը կապահովի տեղեկատվություն և հիմք կհանդիսանա տեխնոլոգիական պրոցեսների ավտոմատ կառավարման միջոցով հանքային ջրերի, ինչպես նաև հանքաջրերի մասնագիտացված դասակարգում իրականացնելու ըստ մետաղների:

*Ընդհանուր և կիրառական
երկրաբանության ամբիոն*

Ստացվել է 11.05.2004

Գ Ր Ա Վ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

1. Халатян Э.С., Арутюнова М.Н., Халатян Р.С. – Изв. АН Арм. ССР. Науки о земле, 1982, № 4.
2. Халатян Э.С., Арутюнова М.Н., Халатян Р.С. Извлечение редких металлов из терм Армении. Сборник научных трудов Горно-металлургического института, 1999–2000, с. 68–73.

3. Аветисян В.А., Ананян А.Л., Халатян Э.С. – Изв. АН Арм. ССР. Науки о земле, 1985, т. 38, № 6, с. 3–7.
4. Бойцов В.Е. и др. Месторождения благородных, радиоактивных и редких металлов. М.: Природа, 1999, 220 с.
5. Долуханова Н.И., Ананян А.Л., Галстян А.Р., Крайнов С.Р. Геология Армянской ССР. Минеральные воды. Т. IX. Ер.: Изд-во АН Арм. ССР, 1969.
6. Никогосян О.С., Краевская С.Н. Вопросы использования отходов горной промышленности. Научные труды ГМИ, 2002, с. 260–264.

М. К. АРШАКЯН

РЕДКИЕ МЕТАЛЛЫ В ГИДРОМИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСАХ РА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ

Резюме

В статье в качестве дополнительной сырьевой базы редкометалльной промышленности рассматриваются гидроминеральные ресурсы республики. Обосновывается целесообразность промышленного извлечения редких металлов из термальных минеральных и рудничных вод за счет высокоэффективных экологически чистых технологических схем с низкой себестоимостью и без больших капитальных вложений.

M. K. ARSHAKYAN

RARE METALS IN HIDROMINERAL RESOURCES OF ARMENIA AND PERSPECTIVES OF THEIR APPLICATION IN INDUSTRY

Summary

Mineral water resources as additional source for rare metals industry have been discussed in the article. Recovery of rare metals out of thermal, mineral and mine waters with cost-effective ecologic technologies is the main purpose of the paper.

География

УДК 91:504

В. Р. БОЙНАГРЯН

**ОПУСТЫНИВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ
(ПОСТАНОВКА ВОПРОСА, ФАКТОРЫ, ИНДИКАТОРЫ, ЗАЩИТНЫЕ
МЕРОПРИЯТИЯ)**

Рассматриваются факторы и индикаторы развития процесса опустынивания территории Армении, в связи с чем намечаются мероприятия, способные ослабить этот негативный процесс. Делается вывод, что процесс опустынивания территории РА усилился в последние 15–20 лет в связи с активизацией геодинамической обстановки в регионе, неблагоприятными социально-экономическими условиями, а также с резким изменением опасных гидрометеорологических явлений, увеличением их частоты, что связано с планетарными изменениями климата.

Введение. В последние годы все чаще поднимается вопрос об опустынивании того или иного региона Земли. При этом под опустыниванием обычно понимаются переход ландшафта в экстрааридное состояние, полное разрушение его биологической жизни, потеря экономического потенциала [1]. Опустыниванию способствуют как природные, так и антропогенные факторы, а также неблагоприятные социально-экономические условия и др. [1, 2]. Все эти факторы и условия могут иметь свою специфику в каждом конкретном регионе.

Процесс опустынивания начался не сегодня и не вчера. Исторически он связан с землепользованием и продолжается более 1000 лет, очевидна его определенная роль в гибели человеческих цивилизаций [2].

Проблема эта в наше время получила новый импульс в конце 60-х годов XX в. в связи с Великой засухой, охватившей Судано–Сахельскую зону Африки к югу от Сахары. В августе–сентябре 1977 г. в Найроби состоялась конференция ООН по проблемам опустынивания. Возникла необходимость выявления причин и последствий опустынивания, а также выработки плана действий по борьбе с этим опасным процессом в каждом конкретном регионе. Эта проблема не обошла стороной и территорию нашей страны.

Факторы опустынивания территории РА. Республика Армения расположена в северной части субтропического климатического пояса и характеризуется относительно сухим континентальным климатом. Повышенной сухостью отличаются низкорослые участки, особенно Араратская равнина,

где сухой сезон продолжается 4–5 месяцев в году (лето и начало осени, а в отдельные бесснежные годы – и зима).

Климат Армении, как и всего Армянского нагорья, стал меняться в сторону сухости еще в конце плейстоцена, однако она стала ощущаться больше в урартский период (IX–VI вв. до н.э.), что, по-видимому, было связано с общим потеплением и иссушением климата в послевалдайское (послевурумское) время, а также с деятельностью человека (именно в этот период отмечаются значительная вырубка лесов и распашка обширных территорий Армянского нагорья).

Опустыниванию территории Армении способствуют также большая крутизна горных склонов, бурное снеготаяние весной и ливневый характер выпадения дождей, а местами и сильный град (причем величина градин составляет 1–2 см, иногда доходит до 5 см), что и определяет быстрое удаление мелкозема с обнаженных склонов или склонов с нарушенным и разреженным растительным покровом. На таких склонах остается только крупнообломочный материал, своеобразный «перлювий склона», и склон переходит в экстрааридное состояние с полным разрушением его биологической жизни [3]. Автору данной работы не раз приходилось бывать свидетелем полной «отмывки» обнаженного склона от рыхлообломочного материала в течение лишь одного интенсивного ливня, когда обрушивающиеся на такие склоны за несколько минут огромные массы воды смывают не только мелкозем, но и более крупный материал вплоть до средней и крупной щебенки и экспонируют поверхность скальных пород [4].

На процесс опустынивания территории Армении (особенно низкогорной ее части) воздействуют и периодически повторяющиеся суховеи, причиняющие ощутимый вред сельскохозяйственным культурам. Эти ветры с высокой температурой воздуха, низкой абсолютной и относительной влажностью образуются при вторжении в пределы республики теплых сухих континентальных воздушных масс из Иранского нагорья и Передней Азии.

В последние 15–20 лет в Армении отмечается усиление негативных природных процессов, связанное с активизацией геодинамической обстановки во всем Альпийско–Гималайском орогенном поясе, что выразилось разрушительными землетрясениями в Армении, Грузии, Иране, Турции и других частях региона.

Территории, подвергшиеся воздействию подземной стихии, надолго превращаются в зоны бедствия с нарушенной социально-экономической жизнью, негативной экологической обстановкой, моральной и физической депрессией местного населения. Так, известные Двинское (893 г.), Гарнийское (1697 г.), Зангезурские (1931 и 1968 гг.), Спитакское (1988 г.) и др. землетрясения в Армении способствовали процессу опустынивания зоны бедствия, дискомфорту жизненных условий населения.

При Спитакском землетрясении появились новые оползни, активизировались старые. Только в северной Армении возникло 19 новых оползней, множество обвалов и осыпей; оно, по-видимому, явилось причиной образования и оползня-обвала у с. Одзун (на трассе Ереван–Тбилиси), и оползня у с. Агарцин (в последнем случае сыграла роль и подрезка склона при строи-

тельных работах), а также активизации оползней у Дома творчества кинематографистов (рис. 1), завода минеральных вод в Дилижане и многих других.

На сегодняшний день в Армении нами зафиксировано более 3500 оползней разных размеров и разной активности [5]. Они занимают террито-



Рис. 1. Стенка отрыва тела оползня у Дома творчества кинематографистов.

рию площадью около 35 тыс. га, при этом наибольшее их распространение отмечается в Вайоц Дзоре (около 12 тыс. га), Арарате (более 8 тыс. га) и Тавуше (более 5 тыс. га) [6]. Естественно, что активизация оползневых процессов создает определенный дискомфорт в природной среде, нарушает естественный ландшафт и способствует процессу

опустынивания соответствующих территорий. Достаточно взглянуть на окрестности упомянутых выше оползней, а также Вохчабердского, Ераносского, Нубарашенского и др., чтобы убедиться в этом.

Еще одним природным фактором процесса опустынивания является селевая деятельность водотоков. По данным Управления по чрезвычайным ситуациям РА, за период с 1987 по 2004 г. в Армении отмечено более 70 случаев формирования селей, причинивших значительный ущерб экономике страны: разрушены мосты, затоплены жилые и подсобные помещения в селах и городах, сорваны линии электропередач, уничтожены сады и огороды, улицы и дороги были занесены селевыми грязекаменными накоплениями, погибло немало людей. Среди прошедших за последние годы наиболее мощных отметим сели 2 июня 1988 г. в Иджеване (здесь за 50 мин выпало 53 мм осадков, высота потока достигла 1,2–1,5 м – рис. 2–3), 23 августа 2001 г. в Ширакской области (здесь за 6 ч выпала двухмесячная норма осадков, дождь сопровождался градом диаметром до 3–4 см), 5–6 марта 2004 г. в ущелье р. Раздан (сель сформировался в результате резкого – на 10–15°С за несколько часов – повышения температуры воздуха и сильного дождя, что вызвало интенсивное таяние снегов на горе Арагац, уровень воды в реке поднялся на 1,8–2,5 м).

Оползни и сели причиняют значительный ущерб экономике Армении: сокращается площадь сельскохозяйственных угодий, снижается плодородие почв, они отрицательно влияют на биоразнообразие, водный режим и т.п. Ущерб только от оползней составляет 10 млн. долларов в год. Естественно, что нарушение ландшафта, уничтожение результатов хозяйственной деятельности человека создают неблагоприятные социально-экономические условия, что и провоцирует процесс опустынивания.

На наш взгляд, активизация негативных природных процессов в Армении, как и во всем Альпийско-Гималайском поясе, вызвана не только геодинамической обстановкой региона, но и резким изменением опасных гидрометеорологических явлений и увеличением их частоты, что связано с планетарными изменениями климата.



Рис. 2. Последствия селя 2 июня 1998 г. в Иджеване. Сель уничтожил огород приусадебного участка на ул. Метакхгорцнери.

Большой «вклад» в опустынивание Армянского нагорья внесла деятельность человека.

Вырубка лесов (их площадь еще в исторический период – в эпоху неолита – составляла 35–40%, залесены были Севанский бассейн, Ширакское плато,

центральная часть Армении) и распашка обширных территорий привели к возрастанию сухости климата всего Армянского нагорья, т.к. усилилась эрозия почв, на склонах почвенный покров стал маломощным и потерял способность поглощать и удерживать влагу. Резко сократилось испарение. Обнаженные склоны нагорья стали сильно прогреваться и иссушать воздух.

Отрицательное воздействие человека на горные склоны Армении, способствующее их опустыниванию, неуклонно растет. Хозяйственное освоение горных склонов нагорья (вырубка лесов, распашка полей, чрезмерный выпас скота, разного рода строительство, накопление отвалов горных выработок, сброс сточных и дренажных вод, создание хвостохранилищ, вторичное засоление и заболачивание земель вследствие их орошения и т.п.) привело к тому, что в среднегорном и особенно низкогорном поясах (где количество осадков меньше и преобладают степные и полупустынные ландшафты) увеличиваются участки с нарушенным растительным покровом, на которых активизируются плоскостной смыв и размыв. Последние разрушают биологическую жизнь ландшафта, переводят его в экстрааридное состояние.

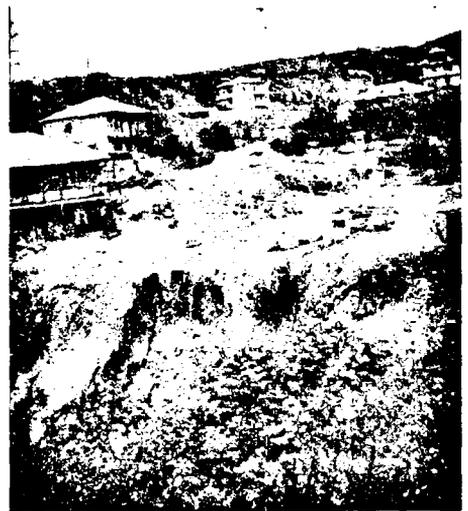


Рис. 3. Последствия селя 2 июня 1998 г. в Иджеване. На заднем плане – валунные выносы селя на ул. Ацагорцнери. На переднем плане – уничтоженный приусадебный участок.

Опустыниванию территории Армении способствует и чрезмерный выпас скота, что сопровождается усилением нагрузки на естественные пастбища, вытаптыванием и уничтожением травяного покрова, уплотнением грунта и, в итоге, невозможностью таких участков пастбищ восстанавливать свой биоресурс. Кроме того, ценные в кормовом отношении травы здесь заменяются малоценными и ядовитыми. Уничтожаются молодые поросли лесов, что приводит к усилению поверхностного стока во время снеготаяния и ливневых дождей и смыву почвенного покрова со склонов.

Аналогичная картина наблюдается и на участках схода скота к водопою (рис. 4); пути его к пастбищам и обратно напоминают «кровотокающие раны» на поверхности склонов. Вытоптанная и сорванная дернина, сломанные ветки

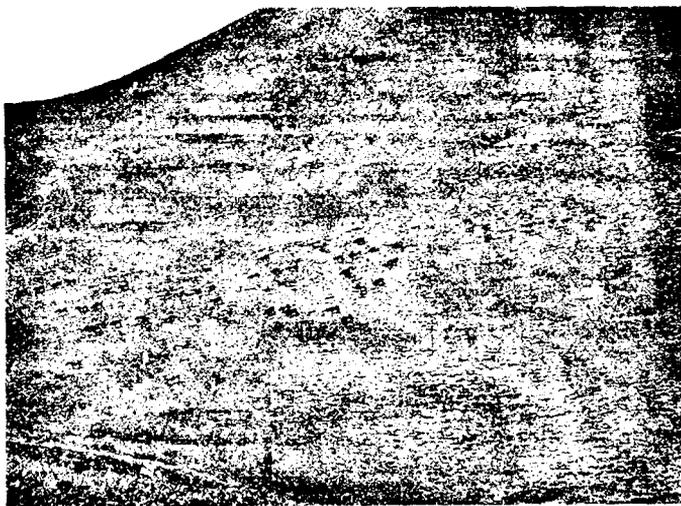


Рис. 4. Один из участков схода коров к водопою.

и обглоданные молодые поросли деревьев, смытый почвенный покров, многочисленные промоины, рытвины и т.п. — вот неполный перечень последствий одного только неправильного выпаса скота, приводящего к процессу опустынивания местности.

К вышесказанному необходимо добавить также факты уничтожения дернины

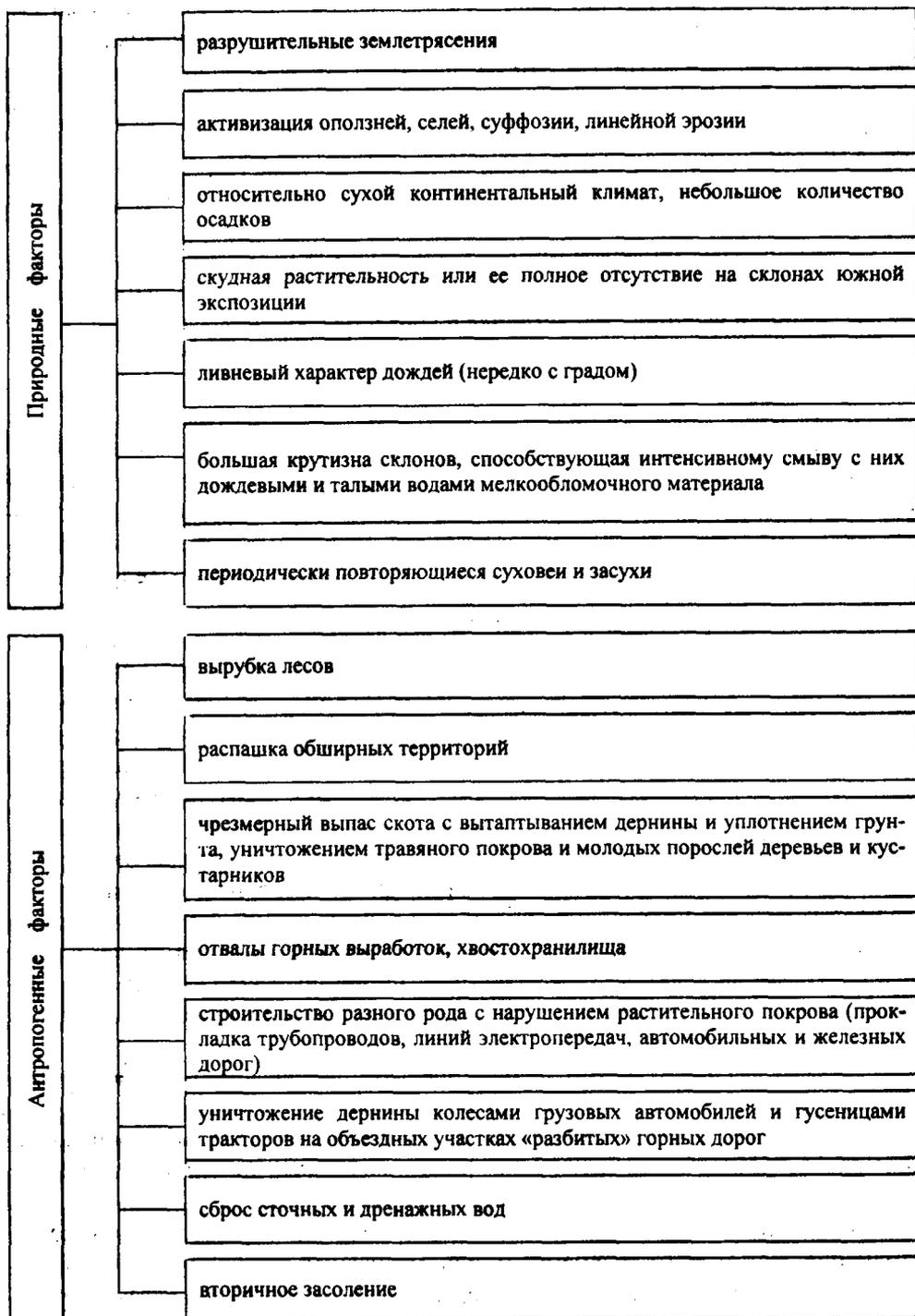
под грузовыми автомобилями и тракторами на горных склонах вдоль грунтовых проселочных дорог (при объезде данной техникой разъезженных и разбитых участков дорог по целине) и увеличение площади обнаженных участков, где начинают активизироваться эрозионный смыв и размыв, при прокладке различных трубопроводов, автомобильных и железных дорог и т.д. (см. диаграмму).

Все это приводит к разрушению прежнего ландшафта; он приобретает экстрааридные черты и теряет свой экологический потенциал.

Индикаторы опустынивания в Армении. Процесс опустынивания повсюду сопровождается изменениями ландшафта, ухудшением социально-экономических условий, потерей биоразнообразия и т.п.

Естественно, что не всякое изменение ведет к опустыниванию, само изменение может быть временным или неопасным. Поэтому необходимо рассмотреть те признаки, или индикаторы, которые однозначно указывают на наличие процесса опустынивания, на деградацию ландшафта. Обычно выделяют физические, биологические и социальные индикаторы [1], в достаточной степени характеризующие уровень опустынивания той или иной территории.

Факторы, воздействующие на опустынивание территории Армении



В условиях Армении социальными индикаторами процесса опустынивания, на наш взгляд, являются прежде всего заброшенные и обезлюдившие села (особенно в зоне бедствия Спитакского землетрясения, в Варде-

нисском и др. районах); раздробленные мелкие частные хозяйства, которые не обеспечены сельскохозяйственной техникой и удобрениями, не могут оплатить орошение своих полей, отсюда – засоление почв и невозможность их использования.

Отмечается значительная деградация ландшафта в районе Сотского и Меградзорского золоторудных месторождений, на участках разработки строительных материалов (туфа, пемзы, шлака), у хвостохранилищ Каджаранского комбината и многочисленных отвалов горных выработок различных рудников, вблизи Разданского и Араратского цементных комбинатов (в данном случае под воздействием цементной пыли) и др. Изменяется геохимический фон в окрестностях отвалов и хвостохранилищ: загрязняются почвы, подземные и речные воды, а также растительность различными химическими соединениями, поступающими из отвалов «пустой» породы, запыляется воздух. Цементная пыль Разданского комбината распространяется вверх по долине р. Мармарик на расстояние до 10 км (в этих пределах отмечается пожелтение листьев деревьев, деградация растительности).

Из биологических признаков укажем на резкое уменьшение биоразнообразия – исчезновение многих видов растений и животных; сокращение площади лесов (только за период с 1992 по 2000 гг. было уничтожено и повреждено более 35% лесов; вначале лес вырубался на топливо, в последние годы идет браконьерская вырубка ценных пород деревьев – бука и дуба – в Иджеванском и Дилижанском районах для изготовления паркета).

Очень обширны физические признаки процесса опустынивания: увеличение почти на 10 тысяч га площади засоленных земель (это связано в целом с относительно сухим климатом республики и подъемом уровня гидрокарбонатно-магниевого грунтового вод вследствие ухудшения мелиоративной обстановки), а также переувлажненных и заболоченных земель; резкое снижение их продуктивности; сокращение количества гумуса в черноземах; усиление процесса эрозии почв (на сегодняшний день в Армении эродировано около 50% земель); деградация сельскохозяйственных угодий (за период 1990–2004 гг. около 70% пришло полностью или частично в негодное состояние, при этом большая часть деградированных угодий приходится на основную житницу – Араратскую равнину); чаще стали повторяться засухи; отмечается уменьшение количества осадков и речного стока и, наоборот, увеличение температуры воздуха (напр., в Араратской равнине с 1995 г. температура приземного слоя воздуха повысилась на 0,7–2,0°C, осадков стало на 100–150 мм меньше, относительная влажность уменьшилась на 10–15% [7]); во многих областях Армении участились сели и оползни; сокращение продуктивности пастбищ в результате чрезмерного нерегулируемого выпаса личного скота сельчан, что сопровождается вытаптыванием травяного покрова и уплотнением почвы, и т.д.

В качестве индикатора процесса опустынивания укажем также на бедственное положение Севана. За период с 1938 г. по 1975 г. уровень озера был искусственно понижен на 18 м, а в 90-х годах – еще на 2 м, что, наряду с сокращением его объема, способствовало исчезновению богатого кислородом холодного донного слоя воды – гипolimниона, который и регулирует состоя-

ние Севана, а также повышению среднегодовой температуры воды почти на 2°C и уменьшению в 1,5 раза теплоемкости озера. В результате этого озеро зимой стало частично замерзать. Ухудшилась прозрачность воды (в 5 раз), сократилось содержание кислорода (с 8 до 30мг в одном литре), но резко возросло (в 30 раз) содержание азота. Вода озера «цветет», ухудшилось ее качество, резко уменьшились запасы ценной рыбы – ишхана. Отмечается массовая эрозия земель в бассейне озера; вырублены прилегающие к нему большие участки лесных массивов; построено множество пансионатов, домов отдыха, кемпингов, пляжей, кафе, ресторанов и т.п., последние обернулись в источники интенсивного бактериального загрязнения озера (сточные воды, мусорные свалки и т.п.). Ежегодно в озеро сбрасывается 7000т азота, 400т фосфора, 13т ядохимикатов и 135т тяжелых металлов*.

Антропогенное вмешательство в «жизнь» озера повлекло за собой изменение его микроклимата, ветрового и температурного режимов, влажности и характера выпадения осадков, при этом усилились эрозионные процессы в низовьях рек и т.п.

Процессы опустынивания в Армении довольно активны в Араратской равнине, Шираке, Вайоц Дзоре, Гегаркунике и ряде других областей, в большинстве своем они связаны с антропогенным фактором, который является доминирующим во многих регионах мира (около 87% из всех выявленных причин опустынивания [8]).

Защитные мероприятия. Выше нами отмечалось, что из всех факторов, способствующих процессу опустынивания, наибольшая доля приходится на антропогенный. Отсюда понятно, что и защитные мероприятия должны быть направлены, в первую очередь, на смягчение его воздействия. К ним следует отнести лесонасаждения; регулирование численности выпаса скота на пастбищах; захоронение отвалов горных выработок в оврагах и покрытие их поверхности дерном; улучшение грунтовых дорог; рекультивацию растительного покрова на участках строительства; очистку сточных и дренажных вод путем улучшения работы соответствующих сооружений; утилизацию бытовых и промышленных отходов; сокращение потерь воды из оросительных каналов путем их реконструкции и технического перевооружения; повышение эффективности использования подземных водных ресурсов; освоение малопродуктивных и засоленных земель; улучшение мелиоративного состояния переувлажненных земель, устранение их затопления и подтопления (особенно Араратской равнины); укрупнение сельскохозяйственных угодий и использование научных достижений в области сельского хозяйства; создание различных производств в сельских районах для предотвращения оттока населения; борьбу с оползнями, укрепление склонов с использованием полиэтиленовых и полипропиленовых сеток и гофрированных полотен с покрытиями из нетканых материалов; террасирование склонов; восстановление дернового покрова на участках его нарушения и т.д.

Предлагаемые меры будут способствовать ослаблению и предотвращению развития процесса опустынивания территории Армении при их комплексном применении.

* Приведены данные Института гидроэкологии и икhtiологии НАН РА.

Выводы. Негативные процессы, способствующие опустыниванию земель, усилились в Армении в последние 15–20 лет, что связано не только с активизацией геодинамической обстановки в регионе, но и с неблагоприятными социально-экономическими условиями в стране. Налицо множество индикаторов этого процесса, что и подтверждает достоверность наших утверждений о его развитии. Для разрешения проблем, связанных с процессом опустынивания, необходим комплекс защитных и профилактических мероприятий, осуществление которых возможно только при участии правительственных структур и принятии специальных законов, направленных на защиту окружающей среды и предотвращение развития опасных экзогенных процессов.

Кафедра картографии и геоморфологии

Поступила 23.06.2004

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаев А.Г., Дроздов Н.Н., Зонн И.С., Фрейкин З.Г. Пустыни. М.: Мысль, 1986, 318с.
2. Зонн И.С., Орловский Н.С. Опустынивание: стратегия борьбы. Ашхабад: Ылым, 1984, 318с.
3. **Boynagryan V.R.** – Abst. of papers of the XXII Confer. ... on Land degradation and desertification. Santiniketan, West Bengal, India, 2001, p. 60.
4. **Бойнагрян В.Р.** – Геоморфология, 1990, № 4, с. 49–57.
5. **Бойнагрян В.Р.** Проблемы геоморфологии и геологии Кавказа и Предкавказья. Краснодар, 2001, с. 129–138.
6. **Арзуманян В., Агаларян Э., Степанян В., Дургарян К.** – Сб. науч. трудов конф., посвящ. 90-летию ... акад. А.Г. Назарова. Гюмри, 1998, с. 211–217.
7. **Мкртчян Р.С., Сафарян Д.Л.** – Матер. конфер.: Биогеогр. и экологич. аспекты процесса опустынивания в аридных и семиаридных регионах. Ер., 2000, с. 14–16.
8. **Бабаев А.Г.** Геоинформационные и геоэкологические исследования в странах СНГ. М.: ГЕОС, 1999, с. 83–90.

Վ. Ռ. ԲՈՅՆԱԳՐՅԱՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ՏԱՐԱԾՔԻ ԱՆԱՊԱՏԱՅՈՒՄԸ (ՀԱՐՅԻ ԷՈՒԹՅՈՒՆԸ, ԳՈՐԾՈՆՆԵՐԸ, ԻՆԴԻԿԱՏՈՐՆԵՐԸ, ՊԱԵՏՊԱՆԱԿԱՆ ՄԻՋՈՅԱՌՈՒՄՆԵՐԸ)

Ամփոփում

Դիտարկելով Հայաստանի Հանրապետության տարածքի անապատացման պրոցեսի զարգացման փաստերն ու ինդիկատորները, նշում ենք միջոցառումներ, որոնք կարող են թուլացնել այդ բացասական երևույթները:

Եզրակացվում է, որ անապատացման երևույթը Հայաստանի Հանրապետության տարածքում ուժեղացել է վերջին 15–20 տարում՝ պայմանավորված տարածաշրջանում գեոդինամիկական վիճակի ակտիվացմամբ և ոչ բարենպաստ սոցիալ-տնտեսական պայմաններով, ինչպես նաև վտանգավոր ջրաօդերևութաբանական երևույթների կտրուկ փոփոխությամբ և դրանց հաճախականության մեծացմամբ, ինչը հետևանք է համամոլորակային կլիմայական փոփոխությունների:

DESERTIFICATION OF THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF
ARMENIA (PROBLEM-DESCRIPTION, FACTORS, INDICATORS,
PROTECTIVE MEASURES)

Summary

Factors and indicators of the process of desertification in the territory of Armenia are examined; protective measures, which can weaken this negative process, are marked. It's concluded that the process of desertification in the territory of Armenia increased during the last 15-20 years in connection with the activation of geodynamic situation in the region and with unfavorable social-economic conditions as well as sharp changing of dangerous hydrometeorological phenomena and increase of their frequency, connected with the planetary changes of climate.

УДК 519.95

А.О.АПИНЯН, И.Э.ДАНИЕЛЯН

ОБ ОДНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В настоящем сообщении предложена динамическая модель задачи принятия решений по борьбе с загрязнением окружающей среды отходами промышленных предприятий. Минимизируется расстояние между текущим и конечным состояниями загрязнения в классе управлений. Используется метод случайного поиска.

1⁰. Модель. В настоящем сообщении предлагается модель принятия решений по борьбе с загрязнением окружающей среды промышленными предприятиями.

Определим переменные, зависящие от времени $t \in [t_0, T]$, изменяющиеся в заранее заданных конечных пределах.

Q_1, Q_2, Q_3 – количества выбрасываемых сернистого ангидрида, окислов азота и окиси углерода соответственно; G – промышленный валовой продукт; P, P_1 – население страны (региона), занятое в промышленности население соответственно; I, I_1 – инвестиции в основной капитал и для борьбы с загрязнением соответственно.

Модель формализуется на основе тождества Кая (см. [1–3]):

$$\Delta(Q_i) = \Delta(Q_i/I) + \Delta(I/G) + \Delta(G/P_1) + \Delta(P_1/P) + \Delta(P), \quad i=1,2,3, \quad (1)$$

где через $\Delta(\cdot)$ обозначено процентное изменение величины.

2⁰. Уравнения. Определим параметры:

$\sigma = (I_1/I)$ – доля инвестиций для борьбы с загрязнением относительно I ;

$\lambda = (G/P_1)$ – производительность в секторе промышленности;

$\varepsilon = (P_1/P)$ – доля занятости населения в промышленности относительно P ;

$\rho = (G/P)$ – величина промышленного производства на душу населения.

Введем также следующие параметры ($i=1,2,3$):

$\xi_i = (I_1/Q_i)$ – доля инвестиций для борьбы с загрязнением относительно Q_i ;

$\mu_i = (Q_i/P_1)$ – доля загрязнения веществом Q_i на единицу трудовых сил;

$\Phi_i = (Q_i / G)$ – доля загрязнения веществом Q_i на единицу произведенного валового продукта.

Преобразованием (1) получаем систему уравнений:

$$Q_i \left(1 - \frac{\xi_i \Phi_i}{\sigma} \right) = \left(\frac{\sigma}{\xi_i} - \frac{\tau}{\xi_i \Phi_i} \right) I + \left(\frac{\mu_i}{\lambda} - \Phi_i \right) G + \left(\frac{1}{\varepsilon} - \mu_i \right) P_i - \dot{P} \Phi_i \rho \quad i=1,2,3. \quad (2)$$

В (2) точка над переменной P означает производную по времени. В момент t_0 значения переменных и параметров заданы и в обозначениях приобретают дополнительный нижний индекс 0.

3°. **Задача.** Сформулируем задачу динамической оптимизации. Определим вектор *управляющих* переменных $\varphi(t) = (\varphi_1(t), \varphi_2(t), \dots, \varphi_{13}(t))$, $t \in [t_0, T]$, где при $i=1,2,3$ $\varphi_i = \Phi_i$, $\varphi_4 = \sigma$, $\varphi_{4+i} = \xi_i$, $\varphi_8 = \tau$, $\varphi_9 = \lambda$, $\varphi_{10} = \varepsilon$, $\varphi_{11} = \rho$, $\varphi_{11+i} = \mu_i$.

Пусть $\bar{S} = (\bar{I}, \bar{G}, \bar{P}_1)$ – точка в трехмерном евклидовом пространстве, определяющая «желаемое» состояние вектора промышленности, а $d(\cdot, \cdot)$ – евклидово расстояние. Введем критерий оптимальности

$$d(S(t), \bar{S}) \rightarrow \min, \quad (3)$$

где $S(t) = (I(t), G(t), P_1(t))$ – текущее состояние вектора промышленности, а минимум берется по всем управлениям

$$\varphi_i \in [a_i, b_i], \quad i = \overline{1,13}. \quad (4)$$

4°. **Решение.** Для решения задачи (2)–(4) применим метод случайного поиска с возвратом [2]. Определим векторы случайных чисел $\Gamma = (\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_{13})$ и длин рабочего шага $q = (q_1, q_2, \dots, q_{13})$. Пусть на k -ом шаге найдены значения

$$Q_i(t_k), I(t_k), G(t_k), P_1(t_k), P(t_k), \varphi_j(t_k), \quad i=1,2,3, \quad j = \overline{1,13}.$$

Определим $(k+1)$ -й шаг следующим образом:

$$\Delta \varphi_j(t_{k+1}) = \begin{cases} \gamma_j q_j, & \text{если в (2) } \varphi_j(t_{k+1}) = \varphi_j(t_k) + \Delta \varphi_j(t_{k+1}), j = \overline{1,13}, \text{ имеет} \\ & \text{решение } Q_i(t_{k+1}), I(t_{k+1}), G(t_{k+1}), P_1(t_{k+1}), P(t_{k+1}), \\ & i=1,2,3, \text{ и выполнено условие } d(S(t_{k+1}), \bar{S}) \leq d(S(t_k), \bar{S}); \\ -\Delta \varphi_j(t_k) & \text{– в противном случае.} \end{cases}$$

Оценку скорости алгоритма случайного поиска можно получить из [4].

В самом деле, число выборок случайного поиска $K = \left(\frac{1}{\Delta} \right)^2 \ln \left(\frac{1}{1 - P_\Delta} \right)$ при вероятности P_Δ того, что найденное оптимальное положение с точностью Δ соответствует истинному положению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Matsuoka Y., Kainuma M., Morita T. – Energy policy, 1995, v. 23, № 4/5, p. 357–371.
2. Matsuoka Y., Kawashima Y., Kainuma M., Morita T. – Integrating Science, Economics and Policy, Laxenburg, Austria, 2000, p.331–347.
3. Мхитарян В.А., Аракелян А.А. Проектирование системы для экономического мониторинга и управления лесными ландшафтами. Ер.: Ноян Тапан, 1997.
4. Растрингин Л.А. Статистическая методика поиска. М.: Наука, 1968.

Ա. Հ. ԱՓԻՆՅԱՆ, Ի. Է. ԴԱՆԻԵԼՅԱՆ

ՇՐՋԱԿԱ ՄԻՋԱՎԱՅՐԻ ՊԱՀՊԱՆՄԱՆ ԽՆԴԻ ՄԵԿ ԴԻՆԱՄԻԿ ՍՈՂԵԼԻ ՄԱՍԻՆ

Ամփոփում

Մտաջարկված է շրջակա միջավայրի պահպանման մի դինամիկ մոդել: Սահմանված են մակրոտնտեսական գործոններ հանդիսացող կառավարումները և դրանց հիման վրա մշակված է դինամիկ օպտիմալացման խնդրի մոդելը: Բերված է այդ խնդրի լուծման ալգորիթմը:

A. H. APINYAN, I. E. DANIELYAN

A DYNAMIC MODEL OF THE ENVIRONMENT PROTECTION PROBLEM

Summary

A dynamic model of the environment protection problem is introduced. The system of control variables representing macroeconomic factors is determined. The dynamic optimization model of this problem is presented and the solution algorithm is developed.

Ճիգիկա

УДК 577.3

Յու. Ս. ԲԱԲԱՅԱՆ, Վ. Պ. ԶԱԼԱՆԹԱՐՅԱՆ, Ս. Ն. ՀԱԿՈԲՅԱՆ, Հ. Ե. ՍՆԳՐՅԱՆ,
Ա. Ը. ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ

**ՑԱՐԻ ԻՆՏԵՆՍԻՎՈՒԹՅԱՆ ՄԻԼԻՄԵՏՐԱՅԻՆ ԷԼԵԿՏՐՈՍՏԱԳՆԻՍԱԿԱՆ
ԱԼԻՔՆԵՐԻ ԱՉԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԴՆԹ ՄՈԼԵԿՈՒԼԻ
ՋԵՐՄԱԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ**

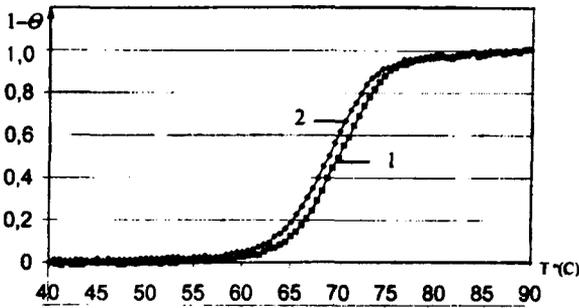
Միլիմետրային էլեկտրամագնիսական (ՄՄԷՄ) ալիքների ազդեցությունը կենդանի օրգանիզմի վրա ուսումնասիրվում է մոտ 30 տարի: Գոյություն ունեն բազմաթիվ ակնարկային աշխատանքներ (օր., [1–3]), որոնք վերաբերում են տարբեր հաճախության ցածր ինտենսիվության ՄՄԷՄ ալիքների ոչ ջերմային ազդեցությանը նորմալ և պաթոլոգիական հյուսվածքների վրա: Չնայած այս ասպարեզում գոյություն ունեցող աշխատանքների բազմազանությանը, ներկայումս գոյություն չունի ձևավորված, գիտականորեն ապացուցված տեսակետ, որով հնարավոր լինի բացատրել փորձնական արդյունքները: Համաձայն ընդունված մոտեցման՝ ՄՄԷՄ ալիքները կլանվում են ջրի մոլեկուլների կողմից, որով և պայմանավորված է նրանց ազդեցությունը կենսահամակարգերի վրա: Չնայած գրականության բազմազանությանը՝ կարելի է նկատել, որ ԴՆԹ մոլեկուլի վրա ՄՄԷՄ ալիքի ոչ ջերմային ազդեցությանը նվիրված աշխատանքներ գոյություն չունեն:

Հետազոտության մեթոդիկան: Օգտագործվել է առնետի լյարդից անջատված ԴՆԹ: Պատրաստվել է ԴՆԹ-ի լուծույթ 0,1 SSC բուֆերում, pH 7,2 (1SSC=0,15M NaCl+0,015M Na-ի ցիտրատ): Վերցվել է այդ լուծույթից 2,5 մլ և հատուկ ապակե անոթով ճառագայթվել ՄՄԷՄ ալիքով (նմուշի հաստությունը ~1 մմ է): Իբրև ճառագայթման աղբյուր ծառայում է Դ4–142 զեներատորը, որի էլքում միացվում է կոնսձև ճառագայթիչ այեհավաք: Նմուշների ճառագայթումը կատարվել է 64,5 ԳՀց հաճախությամբ, սենյակային ջերմաստիճանում: Մարիչը լրիվ բացած՝ զեներատորի ճառագայթման հզորության հոսքի խտությունը նմուշի վրա կազմել է ~50 մկՎտ/սմ²: Մարքի ազդանշանի հաճախության կայունությունը ±0,05% է:

ԴՆԹ-ի կլանման սպեկտրը և հալման կորերը ստացվել են UNICAM SP 8–100 սպեկտրոֆոտոմետրի միջոցով: Հալման կորերը ստացվել են 260 նմ երկարության ալիքով ճառագայթած ԴՆԹ-ի լուծույթի կլանման սպեկտրի գրանցման միջոցով, ջերմաստիճանը 0,3 սառ/րոպ արագությամբ անընդհատ բարձրացնելով: Յուրաքանչյուր նմուշի հալման կորը ստացվել է 8–10 անգամ, որոշվել են հալման պարամետրերը և միջինացվել:

Ստացված արդյունքները և քննարկումը: Չափման համար պատրաստված ԴՆԹ-ի ջրային լուծույթները ճառագայթվել են 30, 40, 60 և 90 լույս տևողությամբ: Փորձերը ցույց են տալիս, որ ՄՄԷՄ ալիքներով ճառագայթելիս ԴՆԹ-ի լուծույթի pH-ը համարյա չի փոփոխվում: Ստացվել են չճառագայթված և ճառագայթված ԴՆԹ-ի հալման կորերը, որոշվել են բնութագրող պարամետրերը (հալման ջերմաստիճան՝ T_m և միջակայք՝ ΔT): Հալման կորերը գրանցվել են անմիջապես ճառագայթումից հետո, ինչպես նաև ճառագայթումից 10 և 24 ժամ հետո: Ինչպես ցույց են

տվել փորձերը, հալման կորերի տեսքը, հալման ջերմաստիճանի և միջակայքի արժեքները կախված չեն նշված ժամանակամիջոցներից: Ճառագայթման տևողությունից կախված ԴՆԹ մոլեկուլի ջերմակայունությունը աճում է: Մինչև 60 րոպե ճառագայթելու դեպքում T_m -ը աճում է $\sim 1,5^\circ\text{C}$ -ով: Չճառագայթված ԴՆԹ-ի $T_m=69,1\pm 0,1(^\circ\text{C})$, $\Delta T=7,2\pm 0,1(^\circ\text{C})$, իսկ 90 րոպե ճառագայթելուց հետո $T_m=70,3\pm 0,1(^\circ\text{C})$, $\Delta T=7,3\pm 0,1(^\circ\text{C})$: Նկարում բերված են ԴՆԹ-ի հալման կորերը: ՄՄԷՄ ալիքով ճառագայթված ԴՆԹ-ի հալման կորը (1) համարյա զուգահեռ չճառագայթվածին (2) տեղաշարժվում է դեպի բարձր ջերմաստիճանային տիրույթը: Ընդհանրացնելով գրականության տվյալները [2-



ՄՄԷՄ ալիքով ճառագայթված (1) և չճառագայթված (2) ԴՆԹ-ների հալման կորերը: θ -ն ԴՆԹ-ի պարուրականության աստիճանն է:

4] և մեր փորձարարական արդյունքները, կարող ենք ենթադրել, որ ՄՄԷՄ ալիքների ազդեցության հետևանքով ԴՆԹ մոլեկուլի ջերմակայունության աճը, հավանաբար, պայմանավորված է Na-ի իոնների հետ կապված ջրի մոլեկուլների թվի նվազմամբ, որի հետևանքով այդ իոնները ավելի էֆեկտիվ են կայունացնում ԴՆԹ մոլեկուլի կրկնակի պարույրը:

ԵՊՀ, ԵՊՀ Իջևանի մասնաճյուղ

Ստացվել է 24.01.2005

Գ Ր Ա Վ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

1. Քալանթարյան Վ.Պ. – ԵՊՀ Գիտական տեղեկագիր, 2002, № 3, էջ 72–84:
2. Петросян В.Н., Синицын Н.Н., Елкин В.А., Девятков Н.Д., Гуляев Ю.В., Бецкий О.В., Лисенкова Л.А., Гуляев А.Н. – Биомедицинская радиоэлектроника, 2001, № 5–6, с. 62–114.
3. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. Радио и связь. М., 1991, 168 с.
4. Гапеев А.Б., Якушина В.С., Чемерис Н.К., Фесенко Е.Е. – ДАН, 1999, т. 369, № 3.

Ю. С. БАБАЯН, В. П. КАЛАНТАРЯН, С. Н. АКОПЯН, А. Е. СЫГРЯН, А. Ш. МАРКАРЯН

ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНЫХ МИЛЛИМЕТРОВЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН НА ТЕПЛОСТАБИЛЬНОСТЬ МОЛЕКУЛ ДНК

Резюме

Под действием миллиметровых волн низкой интенсивности в течение 90 минут увеличивается теплостабильность ДНК на $1,5^\circ\text{C}$. Предполагается, что это явление обусловлено изменением свойств связанной воды и дегидратацией ионов Na в молекулах ДНК.

Յու. Ս. БАБАЯՆ, Վ. Ս. ԿԱԼԱՆՏԱՐՅԱՆ, Ս. Ն. ԱԿՕՍՅԱՆ, Ա. Ե. ՍՆԳՐՅԱՆ, Ա. Տ. ՄԱՐԿԱՐՅԱՆ

INFLUENCE OF MILLIMETRIC ELECTROMAGNETIC WAVES ON HEAT STABILITY OF DNA MOLECULES

Summary

DNA heat stability is increasing on $1,5^\circ\text{C}$ under the action of weak intensity millimetric waves during 1,5 hours. It is supposed, that the augmentation of DNA heat stability is caused by change of bound water properties, dehydration of Na ions.

Химия

УДК 542.61+535.2+549.27+668.814

Н. О. ГЕОКЧЯН, М. Ж. ГЕГЧЯН, Дж. А. МИКАЕЛЯН,
А. А. ЕГИАЗАРЯН, А. Г. ХАЧАТРЯН

ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ХЛОРИДНОГО КОМПЛЕКСА РОДИЯ(III) С ОСНОВНЫМ КРАСИТЕЛЕМ ТИАЗИНОВОГО РЯДА ДИМЕТИЛТИОНИНОМ ЭКСТРАКЦИОННО-АБСОРБЦИОМЕТРИ- ЧЕСКИМ МЕТОДОМ В СОЛЯНОКИСЛОЙ СРЕДЕ

Изучено взаимодействие тетрахлорродиата(III) с органическим основным красителем тиазинового ряда – диметилтионином, т.е. Азуром I (Аз. I) в солянокислой среде. Образующийся ионный ассоциат (ИА) экстрагируется бинарной смесью дихлорэтан–четыреххлористый углерод в объемном соотношении 1:1 (по 2,5мл). Установлены оптимальные условия образования ИА и его экстракции в органическую фазу для кислотной водной фазы, концентрация красителя, диапазон определяемых содержаний родия(III) и избирательность экстракции. Определен состав образующегося ИА.

В последние годы появился ряд работ [1–3] по экстракционно-абсорбциометрическому определению микрограммовых количеств платиновых металлов и золота с основными красителями. Следует отметить, что таких методов, в частности для определения микрограммовых количеств родия, в литературе не так много. Поэтому поиск новых чувствительных и селективных реагентов на родий(III) весьма актуален.

Цель настоящей работы – разработать новый экстракционно-абсорбциометрический метод определения микроколичеств родия(III) с тиазиновым красителем диметилтионином Азур I (Аз. I), который ранее для этой цели не применялся. Основным красителем Аз. I был уже применен для экстракционно-абсорбциометрического определения микрограммовых количеств золота(III) в хлористо-водородной и бромисто-водородной средах [1, 2], а также осмия в хлористо-водородной среде [3].

Экспериментальная часть. Стандартный раствор гексахлорродиата(III) готовили растворением навески $RhCl_3 \cdot 4H_2O$ в 6M HCl, нагревая раствор около 2ч до $110^\circ C$. Разбавляя исходный раствор, получали рабочие растворы родия(III) необходимой концентрации. Водный раствор красителя Аз. I готовили растворением точной навески препарата марки ч.д.а. в соответствующем объеме дистиллированной воды.

Разбавленные растворы HCl готовили соответствующим разбавлением фиксаля HCl (0,1N), а концентрированные растворы HCl – из имеющихся

в продаже, концентрацию проверяли аэрометром.

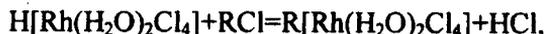
Использованные органические растворители были квалификации х.ч. и ч.д.а. и дополнительной очистке не подвергались. В качестве экстрагентов были применены и бинарные смеси растворителей. Равновесные значения рН водной фазы контролировали при помощи рН-метра рН-121 со стеклянным электродом. Оптическую плотность (ОП) водных растворов, органических экстрактов и их спектры поглощения измеряли на спектрофотометре СФ-16.

Из большого числа органических растворителей, а также их бинарных смесей, опробованных для извлечения образующегося тройного соединения, наиболее эффективной оказалась бинарная смесь дихлорэтана (ДХЭ) с четыреххлористым углеродом (CCl_4) в объемном соотношении 1:1 (по 2,5мл), обеспечивающая минимальные фоновые значения ОП ($\text{ОП}_{\text{хол}}=0,06$). Объемное соотношение водной и органической фаз – 2:1 (10мл+5мл соответственно). После экстракции наблюдалось осаждение ИА между двумя фазами в твердом состоянии. После разделения фаз полученный осадок флотировался на стенках и дне делительной воронки. Осадок ИА хорошо растворяется в ацетоне, оптимальное количество которого – 3,0мл. Значит, в качестве экстрагента далее целесообразно применять тринарную смесь ДХЭ+ CCl_4 +ацетон (2,5мл+2,5мл+3мл соответственно). После растворения осадка в 3,0мл ацетона и перед измерением ОП экстрактов добавлялось еще 2,0мл ацетона, чтобы обеспечить требуемое объемное соотношение водной и органической фаз 2:1. Были сняты спектры поглощения органических экстрактов образующегося ИА, «холостых» экстрактов и водного раствора красителя. Во всех случаях максимум светопоглощения наблюдался при одной и той же длине волны $\lambda=620\text{нм}$.

Для определения оптимальных условий экстракции была изучена зависимость ОП экстрактов ИА от кислотности водной фазы в интервале от рН 4,0 до 5,0 моль/л по НСІ. Было установлено, что максимальные и постоянные значения ОП экстрактов ИА наблюдаются в широком интервале кислотностей рН 1,0–2,0 и 0,5–3,0N по НСІ. Но, исходя из практических целей, в дальнейшем экстракцию проводили при рН 1,0 по НСІ. Максимальное и постоянное значение ОП ИА получается при добавлении 1,0–1,4мл 0,05%-го раствора Аз. I.

Образующийся ИА количественно извлекается в органическую фазу однократной экстракцией. Экстракционное равновесие создается в течение 1мин. Фактор извлечения $R=94\%$. ОП экстрактов ИА тетрахлорродиата(III) с Аз. I сохраняется в течение 40мин. Диапазон определяемых содержаний родиата(III) с Аз. I составляет 5,48–43,8мкг/10мл. На основании данных калибровочного графика рассчитан средний молярный коэффициент поглощения $\bar{\epsilon}_{620} = 1,3 \cdot 10^4 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$. Предел обнаружения рассчитан по 3S-критерию, $C_{\text{min}}=0,03\text{мкг/мл}$. Для определения стехиометрического соотношения реагирующих компонентов были использованы данные, полученные из кривой насыщения реагента (метод Асмуса) [4]. Функция прямолинейна при $n=1$. Следовательно, мольное соотношение компонентов в образующемся ИА (тетрахлорродиата к катиону Аз. I) равно 1:1. Эти данные совпадают с литературными, т.к. комплексный анион $[\text{RhCl}_6]^{3-}$ подвергается аквафикации при концент-

рации иона $[H^+]$ меньше $6M$ [5–10]. В результате процессов аквазации, гидролиза и анионирования реакция взаимодействия и образования ИА идет по уравнению



где RCl – молекула Аз. I. Следовательно, в установленных оптимальных условиях экстракции существует $[Rh(H_2O)_2Cl_4]^-$ -форма, а мольное соотношение компонентов в образующемся ИА $[Rh(H_2O)_2Cl_4]^- : [Az.I]^+ = 1:1$.

В установленных оптимальных условиях было изучено влияние посторонних и сопутствующих элементов на избирательность экстракции ИА родия(III) с Аз. I. Определению родия(III) при его концентрации $43,8 \text{ мкг}/10 \text{ мл}$ не мешают 10^4 -кратные количества $Al(III)$ и $Sn(II)$, 10^3 -кратные количества $Co(II)$, $Mg(II)$, $Ni(II)$, $Cu(II)$, $Cd(II)$, а из анионов – $C_2O_4^{2-}$ и 10^2 -кратные количества $Zn(II)$.

Определению мешают $Au(III)$, $Pt(IV)$, $Pd(II)$, $Os(IV)$ и $Fe(III)$.

Математическая обработка результатов приведена в таблице.

$$n=5, P=0,95, t_a=2,78, \lambda=620 \text{ нм}$$

Содержание родия, мкг		$S = \sqrt{\frac{\sum(A_i - \bar{A})^2 + \dots}{(n-1)}}$	Доверительный интервал, $\bar{A} \pm t_a \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$	Коэффициент вариации, $\omega = \frac{S}{\bar{A}} \cdot 100\%$
введено	найдено			
A	\bar{A}			
0,275 0,28 0,29 0,3 0,275	0,284	0,01083	$0,284 \pm 0,0134$	3,81

Проведенная работа показывает, что диметилтионин можно рассматривать как новый основной краситель при экстракционно-абсорбциометрическом определении микрограммовых количеств платиновых и благородных металлов.

Кафедра аналитической химии

Поступило 26.01.2005

ЛИТЕРАТУРА

1. Тараян В.М., Микаелян Дж.А. – Арм. хим. ж., 1969, XXII, № 4, с. 308–311.
2. Тараян В.М., Микаелян Дж.А. – Арм. хим. ж., 1970, т. 23, № 4, с. 338–342.
3. Геокчан Н.О., Микаелян Дж.А., Егизарян А.А., Хачатрян А.Г. – Ученые записки ЕГУ, 2002, № 1, с. 63–66.
4. Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотометрическим и спектрофотометрическим методам анализа. 2-ое изд. Л.: Химия, 1968, с. 187.
5. Ледерер М. – Жур. неорг. хим., 1958, № 3, с. 1799.
6. Yergensen С.К. – Acta Chem. Scand., 1956, v. 10, p. 500, 518.
7. McNevin W., McKay W. – Anal. Chem., 1957, v. 29, p. 12–20.
8. Preetz W., Blasius E.Z. – Anorg. Algem. Chem., 1964, v. 332, p. 140.
9. Van Loon J. – J. Page Canad. J. Chem., 1961, v. 44, p. 515.
10. Robb W. – G.M.J. Am. Chem. Soc., 1965, v. 87, p. 4472.

ՌՈԴԻՈՒՄ(III)-Ի ՔԼՈՐԻԴԱՅԻՆ ԿՈՄՊԼԵՔՍԻ ԵՎ ԹԻԱԶԻՆԱՅԻՆ
ՇԱՐՔԻ ՀԻՄՆԱՅԻՆ ՆԵՐԿԱՆՅՈՒԹ ԴԻՄԵԹԻԼԹԻՈՆԻՆԻ
ՓՈԽԱԶԳԵՑՈՒԹՅԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ԱՂԱԹԹՎԱՅԻՆ
ՄԻՋԱՎԱՅՐՈՒՄ ԷՔՍՏՐԱԿՑԻՈՆ-ԱԲՍՈՐԲՑԻՈՄԵՏՐԻԿ ԵՂԱՆԱԿՈՎ

Ամփոփում

Հետազոտված է ռոդիում(III)-ի փոխազդեցությունը թիազինային շարքի հիմնային ներկանյութ դիմեթիլթիոնինի հետ: Որոշված և հաստատված են իոնական ասոցիատի առաջացման և լուծահանման օպտիմալ պայմանները՝ միջավայրի թթվությունը, ներկանյութի կոնցենտրացիան, լուսակլամման հիմնական օրենքին ենթարկվելու սահմանները, իոնական ասոցիատի բաղադրությունը և այլն: Կալիբրման կորի հիման վրա դուրս է բերվել մարման մոլային գործակցի միջին արժեքը:

Մաքեմատիկական ստատիստիկայի եղանակով դուրս է բերվել վարիացիայի գործակիցը:

N. O. GEOKCHYAN, M. J. GEGCHYAN, J. A. MICKAELYAN,
A. A. EGHIAZARYAN, H.G. KHACHATRYAN

INTERACTION OF CHLORRHODIAT(III) COMPLEX WITH THIAZINE
RAW DYE DIMETHYLTHIONINE IN HYDROCHLORIC ACID BY
EXTRACTION-ABSORBCIOMETRIC METHOD

Summary

An interaction between rhodium(III) chlorice acidocomplex and thiazine raw organic basic dye dimethylthionine was studied. Compound forming in the system is extracted by dichloroethane-carbon tetrachloride (2,5+2,5ml) binary mixture. Maximal light absorbance (extinction) for extracts of forming compound as well as for blind extracts is observed at 620nm wavelength.

At the optimal acidity conditions (pH 1,0 by hydrochloric acid) rhodium(III) is extracted almost quantitatively (R=94%) to the organic solvent phase by means of single extraction during 1 minute. The shaking optimal quantity of dimethylthionine is secured by the addition of 1,0-1,4ml of 0,05% solution of the dye. Dichlorethane-carbon tetrachloride - acetone extracts of coloured compound submit to the photometry main law in the range of rhodium(III) content in aqueous phase 5,48-43,8mg/10ml.

The molar coefficient of extinction is $\bar{\epsilon}_{620} = 1,3 \cdot 10^4 l \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$. $C_{min} = 0,03 mgRh/ml$. The influence of a series of interfering and accompanying elements on the determination of the rhodium(III) has been studied. An extraction-absorptiometric method for determination of rhodium by dimethylthionine has been elaborated.

Химия

УДК 547.435; 615.40:54

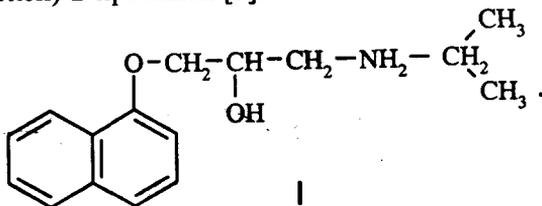
Э. А. АДАМЯН

II. СИНТЕЗ НОВЫХ 1-НАФТОКСИ-3-ЗАМЕЩЕННЫХ АМИНОПРОПАНОЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ АМИНОКИСЛОТНЫЙ ФРАГМЕНТ *

Взаимодействием 1,2-эпокси-3-нафтоксипропана с рядом α - и β -аминокислот синтезированы соответствующие 1-нафтокси-3-замещенные аминопропанолаы. С этой целью аминокислоты были переведены в их натриевые соли.

β -Адреноблокаторы являются одними из основных средств фармако-терапии наиболее распространенных заболеваний сердечно-сосудистой системы: ишемической болезни сердца, различных видов артериальной гипертензии, аритмий [1, 2]. Этот класс соединений находит широкое применение в качестве лекарственных средств, которые в настоящее время занимают прочное место в современной медицине.

Самым старым и наиболее используемым β -адреноблокатором, широко вошедшим в медицинскую практику, стал пропранолол (I) – 1-(изопропил-амино)-3-(1-нафтокси)-2-пропанол [3]:



На основе принципа модификации химической структуры молекулы основного агониста β -адренорецепторов – изопропилнорадреналина – ранее нами был синтезирован ряд β -адреноблокаторов путем введения в структуру пропранолола фармакофорных аминных фрагментов [4, 5].

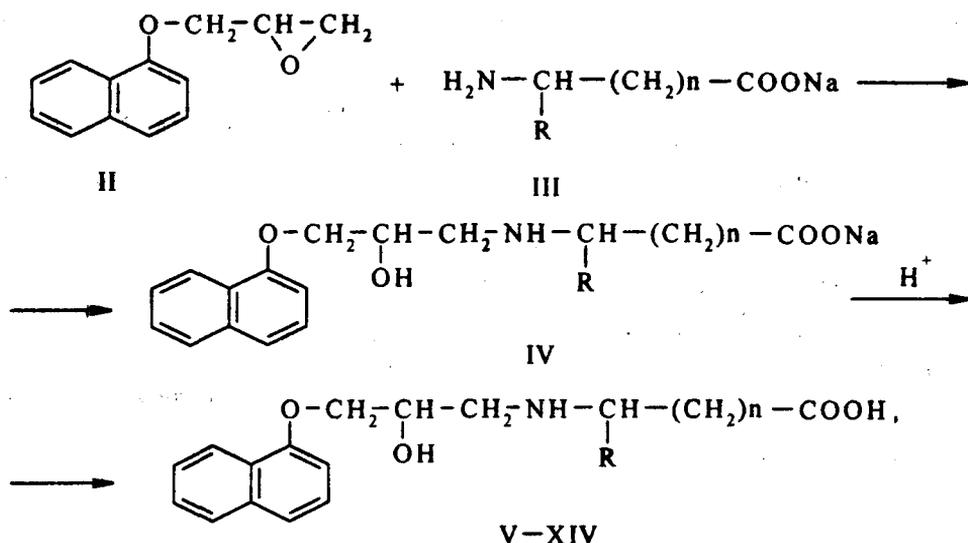
Данная работа преследует цель – введение в структуру пропранолола фрагментов α - и β -аминокислот. Введение родственного организму аминокислотного фрагмента в структуру традиционно известных адреноблокаторов могло бы привести к соединениям с большей активностью и продолжительностью действия.

Аминокислоты, в частности, не реагируют с эпоксидами, т.к. являются внутренними солями. С целью осуществления взаимодействия 1,2-эпокси-3-нафтоксипропана (II) [6] с рядом α - и β -аминокислот, последние были пере-

* Сообщение I см. в [5].

ведены в их натриевые соли (III), которые легко присоединяются по эпоксидному кольцу, согласно правилу Красуского. Подкисление полученных натриевых солей (IV) приводит к целевым N-(3-нафтокси-2-гидроксипропил) аминокислотам (V–XIV). Независимо от того, взята ли исходная аминокислота или в виде рацемата, или одного из оптически активных изомеров, продукт реакции получается в виде смеси D-, L-изомеров.

Синтез искомых соединений осуществлен по следующей схеме:



V. R—H, n=0
 VI. R—H, n=1
 VII. R—iC₃H₇, n=0

VIII. R—CH₃, n=0
 IX, X. R—iC₄H₉, n=0
 XI. R—C₃H₇S, n=0

XII. R—COOH, n=1
 XIII. R—CH₂—C₆H₅, n=0
 XIV. R—C₄H₉, n=0

Экспериментальная часть. Спектры ЯМР ¹H сняты на приборе Mercury-300 Varian NMR с рабочей частотой 300 МГц (ДМСО). ТСХ проводили на пластинках Silufol UV-254. Проявитель — пары йода.

N-(3-Нафтокси-2-гидроксипропил)аминоуксусная кислота (V). К 0,38г (0,005моль) глицина добавляют раствор 0,2г (0,005моль) NaOH в 5мл H₂O. К полученному раствору добавляют 1г (0,005моль) 1,2-эпокси-3-нафтоксипропана в 10мл этанола. Смесь кипятят 5 часов, а после отгонки этанола остаток растворяют в 10мл воды и нейтрализуют разбавленной уксусной кислотой. Выпавший осадок фильтруют, промывают водой и перекристаллизовывают из этанола. Получают 1,2г (87,3%) соединения V с T_{пл}=177–179°C.

Соединения VI–XIV получены аналогично V.

VIII. Спектр ЯМР ¹H (ДМСО), δ, м.д.: 2,8–3,1 м (2H, N—CH₂—CH); 3,35 с (2H, N—CH₂—COOH); 3,7 с (2H, N—CH₂—Ph); 3,8–4,1 м (2H, OCH₂); 4,0–4,3 м (1H, CH); 4,8–5,8 уш.с (2H, 2OH); 6,8–8,25 м (7H, Ar—H).

XIV. Спектр ЯМР ¹H (ДМСО), δ, м.д.: 0,89–0,94 м (CH₂—CHMe₂); 1,16–1,32 м (CH₂—CH—Me₂); 1,56 м (CH₂—CHMe₂); 1,67–1,78 м (CH₂—CHMe₂); 2,83 д (NCH₂, J=5,7); 3,09 дд (NCH₂, J₁=10,0, J₂=5,7); 3,88 т (NCH, J=5,2); 4,16 м (OCH₂); 5,06 м (OH); 6,88, 7,31–7,50, 7,78, 8,23–8,30 м (7ArH).

Соединение	Брутто-формула	Хим. выход, %	$T_{пл}, ^\circ C$	Найдено, %				Вычислено, %			
				C	H	N	S	C	H	N	S
V	$C_{15}H_{17}NO_4$	87,3	177–179	65,57	6,11	5,23	–	65,43	6,24	5,09	–
VI	$C_{16}H_{19}NO_4$	83,0	127–129	66,58	6,75	4,71	–	66,41	6,63	4,84	–
VII	$C_{18}H_{23}NO_4$	69,4	194–196	68,21	7,19	4,52	–	68,10	7,32	4,41	–
VIII	$C_{16}H_{19}NO_4$	86,5	115–118	66,61	6,79	4,68	–	66,41	6,63	4,84	–
IX	$C_{19}H_{25}NO_4$	93,6	124–126	68,71	7,49	4,38	–	68,84	7,62	4,22	–
X	$C_{19}H_{25}NO_4$	90,6	213–215	68,97	7,81	4,19	–	68,84	7,62	4,23	–
XI	$C_{18}H_{23}NSO_4$	74,5	179–181	61,89	6,51	3,91	9,31	62,04	6,38	4,02	9,20
XII	$C_{17}H_{19}NO_6$	87,1	199–201	61,38	5,89	4,41	–	61,24	5,76	4,20	–
XIII	$C_{22}H_{23}NO_4$	71,2	205–207	72,45	6,21	3,95	–	72,36	6,36	3,83	–
XIV	$C_{19}H_{25}NO_4$	73,7	230–232	68,95	7,79	4,11	–	68,84	7,62	4,23	–

Кафедра фармацевтической химии

Поступило 28.10.2004

ЛИТЕРАТУРА

1. Brodde O.E. – *Pharmacol. Rev.*, 1991, v. 43, p. 203.
2. Борисова Л.Н., Глазман О.М., Исмаилов Ш.И. – *Хим. фарм. ж.*, 1989, т. 1, с. 41.
3. Пат. 3337628 (1967). США, С.А. 1965, v. 63, № 6933.
4. Вартамян Р.С., Адамян Э.А., Шейранян М.А. – *Хим. ж. Армении*, 2003, т. 56, № 3, с. 87.
5. Адамян Э.А., Шейранян М.А., Гюльбудагян А.Л., Сагнян А.С., Аветисян А.А. – *Хим. ж. Армении*, 2004, т. 57, № 3, с.56.
6. McKillop A., Fiaud J. C., Hug R.P. – *Tetrahedron*, 1974, v. 30, p. 1379.

Է. Ա. ԱԴԱՄՅԱՆ

II. ԱՄԻՆԱԹԹՎԱՅԻՆ ՖՐԱԳՄԵՆՏ ՊԱՐՈՒՆԱԿՈՂ ՆՈՐ 1-ՆԱՎԹՕՐԵՍԻ-3-ՏԵՂԱԿԱԼՎԱԾ ԱՄԻՆԱՊՐՈՊԱՆՈԼՆԵՐԻ ՍԻՆԹԵԶԸ

Ամփոփում

1,2-Էպօքսի-3-նավթօքսիպրոպանի և որոշ α - և β -ամինաթթուների փոխազդեցությամբ սինթեզվել են համապատասխան 1-նավթօքսի-3-տեղակալված ամինապրոպանոլները: Այդ նպատակով ամինաթթուները վերածվել են նատրիումական աղերի, և ռեակցիան հեշտ ընթանում է համաձայն Կրասուսկու կանոնի:

E. A. ADAMYAN

II. SYNTHESIS OF 1-NAPHTHOXY-3-SUTURATED AMINAPROPANOLES, WHICH CONTAIN FRAGMENT OF AMINOACIDS

Summary

As a continuation of our investigations in the field of creation of potential β -adrenoblokera, the method for realization of interaction of 1,2-epoxy-3-naphthoxypropane with some α - and β -aminoacids has been developed and proposed.

In particular the aminoacids don't react with epoxides, as they are in the form of internal salts. For the purpose of realization the interaction with some α - and β -aminoacids, they were transformed into their sodium salt, which easily interact with an epoxides according to Krasusky's rule. As a result N-(naphthoxy-2-hydroxypropyl) aminoacids were obtained.

УДК 575.114.4

Н. Г. АЗАРЯН

КАРТИРОВАНИЕ ГЕНОВ НЕСОВМЕСТИМОСТИ (*inc*) ПЛАЗМИДЫ R906

Локализация генов несовместимости (*inc*) на карте плазмиды R906 осуществлена на основании проявления P-1 специфичной несовместимости ее различными делеционными и рекомбинантными производными. Анализ кинетики сегрегации этих плазмид при их совмещении в одной клетке в результате реципрокной трансформации или конъюгации с IncP-1 плазмидами R751 и R702 позволил точно картировать *inc* гены на ДНК R906.

Сопоставление полученных данных с рестрикционными картами производных плазмид позволило локализовать *inc* гены на участке ДНК с координатами 24,6–25,7 тысяч пар оснований (т.п.о.).

Успехи молекулярной биологии во многом обусловлены разработкой и конструированием все более совершенных векторных молекул, способных реплицироваться в различных бактериях-хозяевах, что позволяет изучать экспрессию клонированных генов в этих организмах [1, 2].

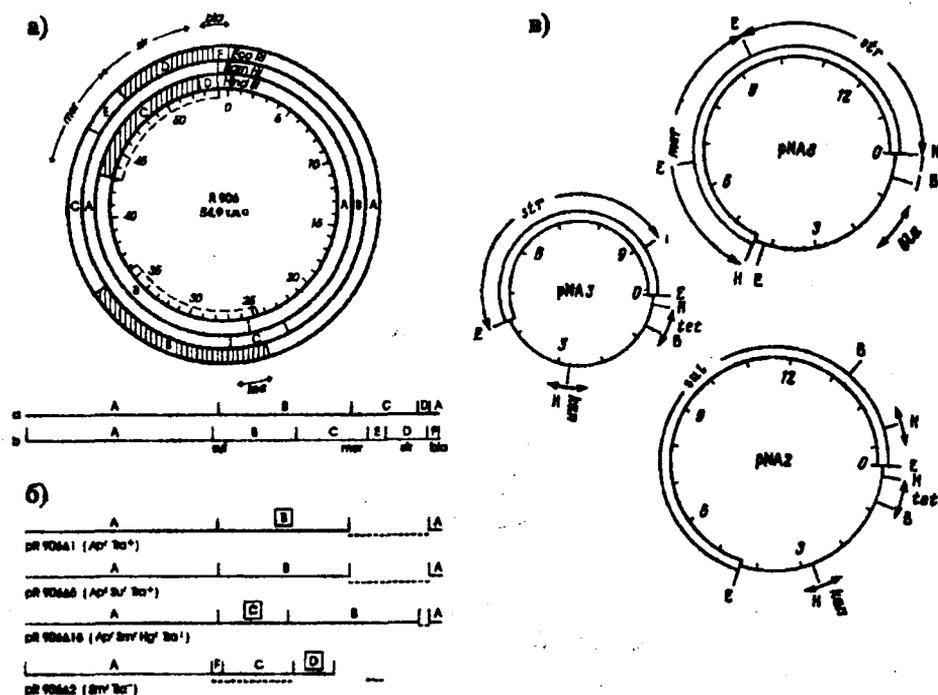
Плазмиды P-1 группы несовместимости уникальны по способности определять собственный конъюгационный перенос в филогенетически отдаленные виды грамотрицательных бактерий. Генетическое картирование их жизненно важных генов, к которым относятся гены репликации и связанные с ними гены, ответственные за феномен несовместимости, отражающий невозможность сосуществования в одной клетке двух родственных плазмид [3], позволит сконструировать на основе P-1 плазмид векторные молекулы, способные преодолевать защитные барьеры отдаленных видов.

Целью настоящей работы являлось изучение несовместимости, проявляемой различными делеционными и рекомбинантными производными IncP-1 плазмиды R906 (Ap Sm Su Hg) [4] по отношению к родственным репликонам – Inc P-1 плазмидам R702(Km Tc Sm Su) и R751(Tp) – и картирование *inc* генов.

Наличие генов несовместимости *inc* в производных плазмиды R906 проявлялось при изучении кинетики сегрегации таковых с Inc P-1 плазмидами R702 и R751 при их совмещении в трансформантах, отобранных на селективных средах, содержащих 2 антибиотика, устойчивость к которым определяли донорная и резидентная плазмиды.

Полученные результаты показали, что делеционные производные pR906Δ1, pR906Δ2, pR906Δ5, pR906Δ18 проявляют разную степень несов-

местимости. Наибольшую – pR906Δ5 плазида, которая отличается от pR906Δ1 только инверсией Hind-111-C фрагмента [3], что понижает степень несовместимости. Это указывает на расположение генов *inc* в районе Hind-111 сайта с координатами 25,7 т.п.о., который разделяет два Hind-111 фрагмента (см. рисунок).



Физическая и генетическая карты плазмиды R906 (а), ее делеционных (б) и рекомбинантных (в) производных. На карте плазмиды R906 заштрихованы клонированные участки ДНК, пунктиром отмечены делетированные фрагменты.

Делеционный мутант pR906Δ18 проявляет такую же несовместимость, как и pR906Δ1, но отличается от нее длиной молекулы, составом и расположением Hind-111 фрагментов. Внедрение Hind-111-C фрагмента между Hind-111-A и Hind-111-B также прерывает последовательность нуклеотидов в районе 25,7 т.п.о. Наименьшую степень несовместимости проявляет делеционная плазида pR906Δ2, у которой отсутствует EcoR-B фрагмент, перекрывающий Hind-111-B фрагмент, в частности в области 25,7 т.п.о.

Сравнение рестрикционных карт показывает, что мутантные плазмиды pR906Δ1, pR906Δ5 и pR906Δ2 имеют общие участки ДНК родительской плазмиды с координатами 0–24,6 т.п.о. и 35,7–42,4 т.п.о. Потеря в плазмиде pR906Δ2 участка 24,6–25,2 т.п.о. приводит к отсутствию проявления несовместимости, что позволяет локализовать *inc* гены в данном районе.

Для проверки этого исследовали проявление P-1 специфической несовместимости рекомбинантными производными плазмиды R906 – pNA2, pNA3, pNA8, которые содержат различные рестрикционные фрагменты, клонированные в составе плазмид pTK16 и pBR322 [4] (см. рисунок).

Плазмиды pNA8 и pNA2 не проявляют P-1 специфической несовместимости, т.е. на клонированных в их составе Hind-III-C и EcoR-D фрагментах соответственно отсутствуют гены inc. Зато рекомбинантная плаزمида pNA3, содержащая EcoRI фрагмент, проявляет высокую степень несовместимости. Значит, гены inc можно локализовать в районе ДНК плазмиды R906, имеющей координаты 24,6–25,7 т.п.о.

Кафедра генетики и цитологии

Поступило 13.04.2004

ЛИТЕРАТУРА

1. Olsen R.H., Debusscher G., McCombie W.R. – J. Bacteriol., 1982, v. 150, № 1, p. 60.
2. Cohen S.N. – J. Science, 1997, v. 275, p.769.
3. Cabello F., Timmis K., Cohen S.N. – Nature, 1976, v. 259, p. 285–290.
4. Саканян В., Азарян Н., Крупенко М. – Мол. биол., 1985, т. 19, № 4, с. 964–973.

Ն. Հ. ԱԶԱՐՅԱՆ

R906 ՊԼԱԶՄԻԴԻ ԱՆՀԱՍՏԵՂԵԼԻՈՒԹՅԱՆ ԳԵՆԵՐԻ (inc) ԲԱՐՏԵԶԱՎՈՐՈՒՄ

Ամփոփում

Հիմնվելով R906 պլազմիդի դելեցիոն և ռեկոմբինացիոն ածանցյալների P-1 սպեցիֆիկ անհամատեղելիության դրսևորման վրա՝ անհամատեղելիության inc գեները տեղայնացրել ենք գենետիկական քարտեզի վրա: Դա կատարվել է վերոհիշյալ ածանցյալների և Inc P-1 R751 և R702 պլազմիդների ռեցիպրոկ տրանսֆորմացիայի և կոնյուգացիայի արդյունքում սեգրեգացիայի կինետիկայի վերլուծությամբ:

Ստացված տվյալների համադրմը ածանցյալ պլազմիդների ռեստրիկցիոն քարտեզների հետ թույլ տվեց տեղայնացնել inc գեները ԴՆԹ-ի 24,6–25,7 հազար գույգ մուկլետոսիդների տիրույթում:

N. G. AZARYAN

MAPPING OF GENES INCOMPATIBILITY (inc) OF THE R906 PLASMIDE

Summary

Localization of genes incompatibility (inc) on the DNA R906 plasmide map is fulfilled through revelation of P-1 specific incompatibility by various deletion and recombination derivatives of R906 plasmide. It has been carried out by the analyses of segregation kinetics in the case of combining the above mentioned derivatives in a cell as a result of their reciprocal transformation or conjugation with Inc P-1 plasmides R751 and R702.

It has become possible to localize inc genes on the DNA sector with 24,6–25,7kb coordinates comparing the received data with the restriction maps of the derivatives of R906 plasmide.

УДК 612.014.424+612.822.3

Г. Ю. ГРИГОРЯН, С. М. МИНАСЯН, С. Г. СААКЯН, В. П. КАЛАНТАРЯН

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КВЧ-ВОЛН НА ФОНОВУЮ ИМПУЛЬСНУЮ АКТИВНОСТЬ НЕЙРОНОВ СУПРАОПТИЧЕСКОГО ЯДРА ГИПОТАЛАМУСА КРЫС

В условиях острого эксперимента на крысах, анестезированных нембуталом (40мг/кг, внутривенно) проведены экстраклеточная регистрация и анализ фоновой импульсной активности нейронов супраоптического ядра гипоталамуса после облучения электромагнитными волнами миллиметрового диапазона. В результате были выявлены изменения фоновой импульсной активности нейронов, касающиеся преимущественно внутренней структуры зарегистрированных импульсных потоков. Показано, что существенные сдвиги в основном выражались в изменении характера следования межимпульсных интервалов. Не наблюдалось статистически значимых изменений средней частоты импульсации нейронов.

Изучение биологического действия низкоинтенсивных электромагнитных излучений (ЭМИ) важно в связи с их практическим применением в медицине при лечении и диагностике широкого спектра заболеваний [1, 2]. Многочисленные экспериментальные данные свидетельствуют о высокой чувствительности биологических объектов к воздействию ЭМИ. Наибольшей реактивностью на действие ЭМИ обладают различные структуры центральной нервной системы (ЦНС) [3, 4]. Для оценки функционального статуса ЦНС широко используются данные фоновой импульсной активности (ФИА). Особый интерес представляет исследование изменений ФИА после облучения низкоинтенсивными волнами крайневисокочастотного (КВЧ) диапазона, способными вызвать реакцию биосистемы, отличную от таковой на излучение высокой (тепловой) мощности. С учетом особой эффективности влияния КВЧ-волн на организм через биологически активные точки, а также важного значения гипоталамуса в механизмах реализации этого влияния [5] в настоящей работе проведен анализ ФИА нейронов супраоптического ядра гипоталамуса после однократного воздействия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ-диапазона.

Методика исследований. Эксперименты проводились на крысах, анестезированных нембуталом (40мг/кг, внутривенно). Методом экстраклеточной регистрации изучена ФИА 154 нейронов супраоптического ядра (СОЯ) гипоталамуса (78 нейронов – в контрольной группе крыс и 76 –

в опытной). Отведение импульсной активности осуществлялось с помощью стеклянных микроэлектродов (диаметр кончика 1мкм, сопротивление 3–5Мом), заполненных 2М раствором хлористого натрия, по координатам атласа [6]. Головы крыс опытной группы подвергались однократному электромагнитному облучению КВЧ-волнами в непрерывном режиме генерации (частота 50,3ГГц, плотность потока мощности – 0,48мВт/см², расстояние от рупора излучателя до объекта – 40см, длительность экспозиции – 40мин). Выбор этой частоты обусловлен резонансными свойствами водной составляющей биологической среды, характерными всем тканям в норме [3]. После завершения экспериментов проводился гистологический контроль локализации отводящих электродов.

С помощью специальной компьютерной программы, используемой также и другими исследователями [7], анализировались последовательные участки межимпульсных интервалов (МИ), включающие до 1200 потенциалов действия. Оценивались распределения нейронов по степени регулярности, характеру динамики следования импульсных потоков и модальности гистограмм МИ, рассчитывались средняя частота импульсации нейронов, а также коэффициент вариации МИ. По частоте разрядов ФИА исследованные нейроны подразделялись на три группы: 1 – с низкой (<10имп./с), 2 – со средней (10–30имп./с), 3 – с высокой (>30имп./с) частотой импульсации.

Для оценки достоверности изменений в распределениях МИ нейронов СОЯ гипоталамуса после влияния КВЧ-излучения использовался критерий χ^2 . Достоверность изменения статистических показателей ФИА оценивалась также по Стьюденту.

Результаты исследований и обсуждение. После облучения низкоинтенсивными волнами наблюдалось достоверное изменение распределения нейронов по степени регулярности ФИА ($p<0,01$). Результаты исследований ФИА показали, что после облучения число нестационарных нейронов увеличивалось до 15,8% при 9,0% в норме. Анализ аутокоррелограмм зарегистрированных нейронов СОЯ гипоталамуса показал преобладание нерегулярной активности стационарных нейронов. При этом число нейронов с нерегулярным типом активности по сравнению с контролем (79,5%) уменьшалось в 1,7 раза, а количество нейронов с промежуточным по степени регулярности характером импульсации после облучения возрастало в 2,8 раза по сравнению с контролем (11,5%). Что касается регулярных нейронов, то в норме их не было зарегистрировано; в опытной группе число регулярно разряжающихся нейронов составляло 5,3%.

Облучение приводило к достоверным изменениям в характере динамики следования МИ ($p<0,05$). Число нейронов, в импульсных потоках которых обнаруживались периодические изменения частоты разрядов в виде пачечно-групповой активности, уменьшалось в 2,1 раза по сравнению с контролем, составляющим 33,3%. В опытной группе в 2,2 раза возрастало количество фоновых активных единиц с монотонным изменением частоты разрядов, достигая 17,1%. После облучения число нейронов с локальным изменением частоты разрядов увеличилось до 63,2% при 56,6% в норме, а количество нейронов со случайным следованием МИ составляло 3,9% клеток при 2,6% в норме.

Анализ гистограмм МИ нейронов СОЯ гипоталамуса в обеих сериях экспериментов показал преобладание полимодальных нейронов. После облучения отмечалось уменьшение их числа до 68,8% по сравнению с 78,8% в норме. Значительно меньше регистрировалось моно- и бимодальных нейронов, однако после облучения их количество возросло в 1,5 раза.

Изменения значений средней частоты импульсации и коэффициента вариации МИ носили статистически недостоверный характер. Средняя частота импульсации (имп./с) и коэффициент вариации (%) МИ нейронов СОЯ гипоталамуса интактных животных составляли $22,7 \pm 1,9$ и $94,7 \pm 3,4$, а после облучения – $23,3 \pm 2,1$ и $91,2 \pm 4,5$ соответственно. Анализ распределения нейронов СОЯ гипоталамуса по частотным диапазонам показал преобладание среднечастотных клеток как в контрольной (50,7%), так и в опытной (56,3%) группе. В результате воздействия ЭМИ наблюдалось некоторое уменьшение числа низко- (20,3%) и высокочастотных клеток (23,4%) при 22,5% и 26,8% в норме соответственно.

Результаты исследований выявили изменения ФИА, касающиеся преимущественно внутренней структуры зарегистрированных импульсных потоков. Данные перестройки в основном выражались в изменении характера следования МИ и в меньшей степени касались средней частоты импульсации. Этот факт подтверждается также литературными данными [8]. Изменение активности нервных клеток могло быть вызвано усилением афферентной импульсации из областей, обладающих повышенной чувствительностью к электромагнитному воздействию [5]. Эффект после облучения животных, вероятно, обусловлен модификацией состояния медиаторных систем мозга [9]. Преобладание нейронов с нерегулярным характером импульсации в норме является следствием системного (“сетового”) эффекта при поступлении в СОЯ мощного потока разнообразной информации [10]. После КВЧ-облучения наблюдалось значительное ослабление “сетового” эффекта.

В динамической структуре импульсных потоков, зарегистрированных в обеих сериях экспериментов, преобладание нейронов с локальным изменением частоты разрядов может быть вызвано пре- и постсинаптической модуляцией тормозного (ГАМК) и возбуждательного (глутамат) входов нейрональных сигналов в СОЯ гипоталамуса [11]. Значительное уменьшение количества нейронов с пачечно-групповой активностью может свидетельствовать о седативном эффекте миллиметровых волн [2]. Модификация ФИА, отражающаяся в изменении регулярности и динамики следования МИ, свидетельствует о неспецифической реакции нервной системы на воздействие ЭМИ КВЧ-диапазона [4].

ЕГУ, Иджеванский филиал ЕГУ

Поступило 02.03.2005

ЛИТЕРАТУРА

1. Петросян В.И., Синицын Н.И., Елкин В.А., Девятков Н.Д., Гуляев Ю.В., Лисенкова Л.А., Гуляев А.И. – Биомед. радиоэлектроника, 2001. № 5–6. с. 62–114.
2. Лебедева Н.Н., Котровская Т.И. – Миллиметровые волны в биол. и мед., 2003, т. 29, № 1, с. 20–43.

3. Холодов Ю.А., Лебедева Н.Н. Реакции нервной системы человека на электромагнитные поля. М.: Наука, 1992, 135 с.
4. Лебедева Н.Н. – Биомед. радиозлектроника, 1998, № 1, с. 24–36.
5. Vorobyov V.V., Khramov R.N. – Am. J. Chin. Med., 2002, v. 30, № 1, p.29–35.
6. Paxinos G., Watson Ch. The Rat Brain in Stereotaxic Coordinates. Academic press, 1986, p. 150.
7. Худавердян Д.Н., Асратян А.А., Вартересян И.В., Ханбабян М.В., Саркисян Р.Ш., Мушегян Г. Х. – Нейрофизиология, 2002, т. 32, № 4, с. 308–313.
8. Чиженкова Р.А. – Рад. биология. Радиозкология, 2001, т. 41, № 6, с. 700–705.
9. Lai H., Carino M.A., Horita A., Guy A.W. – Pharmacol. Biochem. Behav., 1989, v. 33, № 1, p. 131–138.
10. Bhumbra G.S., Dyball R.E. – J. Physiol., 2004, v. 555, № 1, p. 281–296.
11. Shibuya I., Kabashima N., Ibrahim N., Setiadji S., Yamashita H. – Exp. Physiol., 2000, № 85, p. 145–151.

Գ. ՅՈՒ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Ս. Մ. ՄԻՆԱՍՅԱՆ, Ս. Գ. ՍԱԿԱԿՅԱՆ, Վ. Պ. ԶԱԼԱՆԹԱՐՅԱՆ

ԳԲՀ ԷԼԵԿՏՐՈՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԱԼԻԹՆԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ
ԱՌՆԵՏՆԵՐԻ ԵՆԹԱՏԵՍԱԹՄԻ ՎԵՐՏԵՍՈՂԱԿԱՆ ԿՈՐԻՉԻ
ՆԵՅՐՈՆՆԵՐԻ ՖՈՆԱՅԻՆ ԻՄՊՈՒՆԿՄԱՆ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ

Ամփոփում

Էլեկտրամագնիսական միլիմետրային ալիքների ազդեցությունից հետո սուր փորձի պայմաններում կատարվել են նեմբուտալով անզգայացրած (40 մգ/կգ, ներորովայնային) առնետների ենթատեսաքմբի վերտեսողական կորիզի նեյրոնների ֆոնային իմպուլսային ակտիվության արտաբջջային գրանցում և վերլուծություն: Արդյունքում բացահայտվել են ֆոնային իմպուլսային ակտիվության փոփոխություններ, որոնք առավելապես վերաբերում են գրանցված իմպուլսային հոսքերի ներքին կառուցվածքին: Պարզվել է, որ էական շեղումներ տեղի են ունենում միջիմպուլսային ինտերվալների ընթացքի բնույթում, իսկ նեյրոնային ակտիվության միջին հաճախության փոփոխությունները վիճակագրորեն հավաստի չեն:

G. Yu. GRIGORYAN, S. M. MINASSIAN, S. G. SAHAKYAN, V. P. KALANTARYAN

THE INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC EHF WAVES ON THE BACKGROUND IMPULSE ACTIVITY OF SUPRAOPTIC NUCLEUS NEURONS OF HYPOTHALAMUS OF RATS

Summary

In conditions of acute experiment on rats anaesthetized by nembutal (40 mg/kg, interperitonally) the registration and analysis of background impulse activity of supraoptic nucleus' neurons of rats' hypothalamus in norm and after electromagnetic irradiation of extremely high frequency on organism were carried out. Changes of neurons background impulse activity mainly related to internal structure of recorded impulse flows were revealed.

It was shown that significant shifts generally are observed in the character of dynamics of neuronal current flows. Statistically significant changes of average frequency of neuronal impulsation were not observed.

УДК 612. 821

А. Ю. СТЕПАНЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ГЕНДЕРНЫХ РАЗЛИЧИЙ В ПРОСТРАНСТВЕННО-ОРИЕНТИРОВОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Исследовались корреляционная связь между половой принадлежностью, показателями невербального IQ, креативности и эффективностью решения пространственно-образной задачи лабиринтного типа, а также нейрофизиологические основы гендерных различий в осуществлении пространственно-ориентировочной деятельности. Показано, что достоверное доминирующее влияние на эффективность выполнения лабиринтной задачи оказывают пол испытуемых и величина IQ. Выявлены гендерные различия в механизмах обеспечения решения пространственных задач: у испытуемых мужчин обнаружена сопряженная активация затылочной, теменной и фронтальной областей, в отличие от испытуемых женщин, которым достаточно активации только затылочной области.

Взаимоотношения между интеллектом, креативностью и успешностью деятельности, а также особенности нейрофизиологических основ ее обеспечения являются одной из самых актуальных проблем современной психологии и психофизиологии. На основании данных о том, что существует высокая корреляция между оценками по тестам способностей и различными интеллектуальными достижениями [1–3], а также данных [1, 4, 5] о половых различиях в интеллектуальных (вербальных, математических и пространственных) способностях предполагается, что успешность выполнения задачи пространственно-образного профиля будет зависеть от ряда взаимовлияющих факторов, рассмотренных в настоящей работе. Исходя из этого, была исследована корреляционная связь между половой принадлежностью, показателями невербального IQ, креативности и эффективностью решения пространственно-образной задачи лабиринтного типа, а также выявлены нейрофизиологические основы гендерных различий в осуществлении пространственно-ориентировочной деятельности.

Методика. Исследования проводились на 60 практически здоровых испытуемых с выраженной праворукостью в возрасте от 18 до 23 лет. Они предварительно выполняли тест на невербальный интеллект («Прогрессивные матрицы Равена»), по результатам которого было выделено 4 группы: I группа – женщины с низким невербальным IQ (1–5 баллов), II – женщины с высоким IQ (6–9 баллов), III – мужчины с низким IQ, IV – мужчины с высоким IQ. Испытуемые выполняли также тест на невербальную креативность (фигурная форма теста творческого мышления Торренса, краткий вариант).

Задание, предложенное каждому испытуемому, длилось 1 час и заключалось в выполнении на компьютере задачи лабиринтного характера (компьютерная игра «DOOM»). Испытуемые были заранее хорошо ознакомлены с предложенной задачей, содержание которой было следующим: необходимо было «методом проб и ошибок» найти выход из трехмерного компьютерного лабиринта, усложняющегося от уровня к уровню. С целью экспериментального изучения активности мозговых структур использовалась парадигма «пробного стимула»: регистрировались вызванные потенциалы (ВП) на зрительный стимул, не связанный с осуществляемой основной когнитивной деятельностью. Нами был проведен системный анализ внутрикорковой интегративной структуры по локализации в коре фокуса максимальной амплитуды компонентов P_{70} , N_{100} , N_{200} и P_{300} ВП. Полученные в результате тестирования и нейрофизиологического исследования данные подвергались обработке по t-критерию Стьюдента и многофакторному анализу с помощью пакета статистических программ Windows SSPS 10.0.

Результаты исследования. Проведенный нами многофакторный (MANOVA) анализ различных характеристик испытуемых (пол, возраст, величина IQ, уровень невербальной креативности) показал, что достоверное доминирующее влияние на эффективность выполнения лабиринтной задачи оказывают пол испытуемых ($F=13,35$, $p<0,001$) и величина IQ ($F=7,47$, $p<0,01$), возраст испытуемых влияет на эффективность предложенной деятельности лишь на уровне тенденции, а уровень невербальной креативности достоверного доминирующего влияния не оказывает. Обнаружено также, что средняя внутригрупповая эффективность пространственно-образной деятельности лабиринтного типа у испытуемых женского пола ниже, чем у мужчин, независимо от их невербального IQ.

Нейрофизиологическое исследование степени вовлеченности различных областей коры головного мозга в обеспечение пространственно-ориентировочной деятельности выявило, что у испытуемых I и II групп выполнение лабиринтной задачи осуществляется преимущественно за счет высокой активности затылочной области обоих полушарий. У испытуемых III группы по компонентам P_{70} и N_{100} ведущей в осуществлении предложенной деятельности также являлась затылочная область обоих полушарий, однако по компоненту P_{300} выявлено преимущественное доминирование теменной области обоих полушарий, а также сопряженная высокая активность правой фронтальной области. У испытуемых IV группы в левом полушарии максимумы амплитуд компонентов P_{70} и N_{200} после 1-го часа игры на компьютере выявлялись в теменной области, а максимумы амплитуд компонентов N_{100} и P_{300} – в затылочной области; в правом полушарии после выполнения предложенного задания доминантный очаг по компоненту P_{70} располагался в теменной области, по негативным компонентам N_{100} и N_{200} доминировала затылочная область, а по поздней положительной волне P_{300} – правая фронтальная область.

Таким образом, механизмы обеспечения решения пространственных задач у мужчин (III и IV группы) – это сопряженная активация затылочной области, обеспечивающей первичный зрительный синтез, и теменной, фронтальной областей, обеспечивающих пространственно-образную ориентиров-

կու, в отличие от женщин (I и II группы), которым достаточно активации только затылочной области. Выявленные нами гендерные различия, возможно, объясняются тем, что мужчины и женщины используют различные приемы решения лабиринтной задачи: стратегию и тактику соответственно.

Кафедра физиологии человека и животных

Поступило 14.03.2005

ЛИТЕРАТУРА

1. Дружинин В.Т. Психология общих способностей. М.: Латерна Вита, 1995
2. Крамаренко В.Ю., Никитин В.Е., Андреев Г.Г. Интеллект человека. Воронеж, 1990.
3. Трост Г. – Иностранная психология, 1999, № 3, с. 19–27.
4. Ушаков Д.В. Психология одаренности и проблема субъекта. Проблема субъекта в психологической науке (под ред. А.В. Брушлинского). М.: Академ. проект, 2000, с. 212–227.
5. Personality Psychology in Europe. V. 4. Tibbury University Press, 1993.

Ա. ՅՄ. ՄՏԵՓԱՆՅԱՆ

ՏԱՐԱԾԱ-ԿՈՂԱՆՈՐՈՇԱՅԻՆ ԳՈՐԾՈՒՆԵՈՒԹՅԱՆ ՄԵՋ ՍԵՌԵՐԻ ՏԱՐԲԵՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՆՅԱՐԴԱՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՀԻՄՔԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ամփոփում

Ուսումնասիրվել են սեռական պատկանելիության, ոչ վերբալ IQ-ի, կրեատիվության և լաբիրինթոսային տիպի տարածական խնդրի կատարման արդյունավետության միջև փոխկապակցվածությունը և տարածա-կողմնորոշային գործունեության արդյունավետության մեջ սեռերի տարբերությունների նյարդաֆիզիոլոգիական հիմքերը: Ցույց է տրված, որ լաբիրինթոսային խնդրի կատարման արդյունավետության վրա գերակշռող ազդեցություն ունեն փորձարկվողների սեռը և IQ-ի մեծությունը: Հայտնաբերված են ըստ սեռի տարբերություններ տարածական խնդիրների լուծման ապահովման մեխանիզմներում: Ի տարբերություն իգական սեռի փորձարկվողների, որոնց համար բավական է միայն ծոծրակային շրջանի ակտիվացումը, տղամարդկանց դեպքում դիտվում է ծոծրակային և զագաթային ու ճակատային շրջանների համակցված ակտիվացում:

A. Yu. STEPANYAN

RESEARCH OF NEUROPHYSIOLOGIC BASES OF GENDER DIFFERENCES IN SPATIAL ORIENTATION

Summary

The correlated interrelations between the sexual belonging, non-verbal IQ parameters, creativity and efficiency of solving the spatial-shaped task of maze-model type and the neurophysiologic bases of gender differences in efficiency of spatial orientation were studied. Authentic dominating influence of sex and non-verbal IQ size on efficiency of maze-model task performance is shown. Gender differences of mechanisms of maintenance of the spatial tasks decision are revealed: connected activation of occipital areas and parietal and frontal areas is found out in men, against tested women to whom activation of only occipital area suffices.

ՄԵԼՍ ՄՆԱՑԱԿԱՆԻ ՄԻՆԱՍՅԱՆ

Ծանր հիվանդությունից հետո, կյանքի 68-րդ տարում վախճանվեց ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների դոկտոր, ԵՊՀ-ի հոծ միջավայրի մեխանիկայի ամբիոնի ղոցեմտ, տաղանդավոր գիտնական Մելս Մնացականի Մինասյանը:



Մ. Մինասյանը ծնվել է 1937թ. սեպտեմբերի 3-ին Նախիջևան քաղաքում: 1951թ. Մինասյանների ընտանիքը տեղափոխվում է Երևան, որտեղ նա շարունակում է իր հետագա կրթությունը: 1954թ. ընդունվում է ԵՊՀ-ի ֆիզիկամաթեմատիկական ֆակուլտետ, գերազանցությամբ ավարտում է այդ ֆակուլտետի մեխանիկայի բաժինը և աշխատանքի ընդունվում տեսական մեխանիկայի ամբիոնում: 1961–1964թթ. ուսանում է Մոսկվայի պետական համալսարանի մեխանիկայի ինստիտուտի ասպիրանտուրայում, որն ավարտելուց հետո աշխատանքի է անցնում ԵՊՀ-ի առաձգականության և պլաստիկության տեսության ամբիոնում, 1978թ.-ից հոծ միջավայրի մեխանիկայի ամբիոնի ղոցեմտ է: 1978–1980թթ. Մ. Մինասյանը եղել է մեխանիկամաթեմատիկական ֆակուլտետի դեկանի տեղակալ, 1982–1992թթ. զբաղեցրել է ԵՊՀ-ի գիտքարտուղարի պաշտոնը՝ մեծապես նպաստելով համալսարանական կրթության ու գիտության զարգացմանը:

Մ. Մինասյանի մահը ծանր կորուստ է մեխանիկայի հայկական դպրոցի համար: Նա հոծ միջավայրի մեխանիկայի խոշոր մասնագետ էր: Մեծ է նրա գիտական վաստակը առաձգականության, առաձգամածուցիկության, մազնիսաառաձգականության տեսությունների, գազի գերձայնային հոսքում սալերի, թաղանթների ֆլաթերային տատանումների խիստ արդիական հարցերի ուսումնասիրման բնագավառներում: Մ. Մինասյանի դոկտորական ատենախոսությունը, որը նա փայլուն պաշտպանեց 2004թ., նվիրված էր ֆիզիկորեն ակտիվ դեֆորմացվող միջավայրերում ոչ զծային ալիքների և տատանումների ուսումնասիրությանը:

Տարբեր բնույթի ոչ զծային ալիքների ու տատանումների հետազոտությունների արդյունքների ընդհանրացումը հանգեցրեց այդ պրոցեսների համար ընդհանուր մաթեմատիկական մեթոդների կառուցման: Իրեն հատուկ խորաթափանցությամբ օգտագործելով հոծ միջավայրի մեխանիկայի, դիֆերենցիալ հավասարումների ու ֆիզիկայի տարբեր ոլորտների փոխկապակցվածությունը՝ Մ. Մինասյանը ստացել է բազմաթիվ գիտական արդյունքներ, որոնք ամփոփվել են ավելի քան 70 գիտական աշխատություններում ու ուսումնական ձեռնարկներում:

Մ. Մինասյանը մեծ ավանդ ուներ հայրենական գիտության զարգացման, երիտասարդ գիտնականների պատրաստման գործում, հմուտ մանկավարժ էր, հոգատար ու բարյացակամ: Նա մտավորական հայի իսկական կերպար էր, հայրենասեր, ու բարձր ինտելեկտի տեր:

Մեծ գիտնականի ու քաղաքացու, ազնիվ ու սիրված մարդու՝ Մելս Մնացականի Մինասյանի հիշատակը միշտ վառ կմնա բոլոր նրան ճանաչողների սրտերում:

*ԵՊՀ ռեկտորատ, մեխանիկայի ֆակուլտետ,
հոծ միջավայրի մեխանիկայի ամբիոն*

СОДЕРЖАНИЕ

Р.М. Мартirosян – Журналу «Ученые записки» Ереванского государственного университета 80 лет	3
--	---

МАТЕМАТИКА

В.С. Атабекян – О пространствах с операцией предела	5
А.Г. Матевосян – Дифференциальная игра сближения с несколькими целевыми множествами для стохастических линейных систем	11
О.С. Микаелян, Р.В. Хачатрян – Оптимальная траектория в игре с частичной кооперацией	17

ИНФОРМАТИКА

С.М. Саядян – Сравнение некоторых систем доказательств интуиционистской логики	25
---	----

МЕХАНИКА

В.Р. Барсегян, Г.С. Члингарян – Об одной задаче оптимального управления движением материальной точки с переменной массой в гравитационном поле	31
---	----

ФИЗИКА

А.Е. Бябаян – О природе возрастания нелинейного оптического отклика от шероховатой поверхности	40
Е.Г. Заргарян, А.И. Ваганян, Н.П. Арутюнян, Э.В. Агабабян, К.Г. Бегоян, Э.А. Мугнецян, А.Р. Оганесян – Исследование влияния фторирования на сверхпроводящие свойства $YBa_2Cu_3O_y$	46
А.М. Ростомян – Исследования рентгеновских асимметричных ВВВ-интерферометров	52
В.М. Аракелян, В.Э. Галстян – Получение и исследование электрофизических и фотоэлектрохимических твердых растворов $Fe_2O_3-Nb_2O_5$	59

ХИМИЯ

Г.В. Акопян, Р.А. Карамян, С.К. Григорян, М.Л. Ерицян – Взаимодействия метилольных производных мочевины с солями $Co(II)$ и $Ni(II)$	66
А.Р. Мкртчян, Г.Г. Дарбинян, Г.Н. Шапошникова, А.Г. Хачатрян – Амперометрическое определение палладия(II) N,N -дифенил- и N,N' -дифенилтиомочевинами	71
А.А. Пивазян – Синтез и превращения безз-замещенных 4-гидрокси-3-(2-хлорпроп-2-енил)-2-метилхинолинов	75
Э.Г. Месропян, А.А. Аветисян, А.С. Галстян – Синтез производных бензотриазола	80

БИОЛОГИЯ

А.С. Мкртчян – Скрининговое изучение некоторых количественных aberrаций у больных острым миелоидным лейкозом методом Fish в интерфазных клетках.....	84
М.Л. Геворкян, М.А. Давтян – О некоторых особенностях флуоресценции аргиназы.....	90
Э.А. Манташян – К вопросу извлечения свободных внутриклеточных аминокислот винных дрожжей при многократном экстрагировании этанолом.....	95
Е.Н. Щербакова, Т.Б. Карягина, Ю.Г. Попов – Синтез нафтохинонов в изолированной культуре <i>Alkanna orientalis</i>	100
Ц.И. Адамян, С.М. Минасян, Э.С. Геворкян, К.Р. Оганесян, К.А. Киракосян – Характер изменения показателей периферической крови в динамике воздействия вибрации.....	106
С.Г. Нанагюлян, А.Л. Сирунян – Виды съедобных грибов Национального парка «Севан» и буферной зоны и закономерности их развития.....	111

ГЕОЛОГИЯ

К.А. Багдасарян – Рациональная плотность разведочной сети и переоценка промышленной ценности Арманисского золото-полиметаллического месторождения.....	116
М.К. Аршакян – Редкие металлы в гидроминеральных ресурсах РА и перспективы их промышленного освоения.....	123

ГЕОГРАФИЯ

В.Р. Бойнагрян – Опустынивание территории Республики Армения (постановка вопроса, факторы, индикаторы, защитные мероприятия).....	129
---	-----

СООБЩЕНИЯ

А.О. Апинян, И.Э. Даниелян – Об одной динамической модели охраны окружающей среды.....	139
Ю.С. Бабаян, В.П. Калантарян, С.Н. Акопян, А.Е. Сигрян, А.Ш. Маркарян – Влияние низкоинтенсивных миллиметровых электромагнитных волн на термостабильность молекул ДНК.....	142
Н.О. Геокчян, М.Ж. Гегчян, Дж.А. Микаелян, А.А. Егнязариан, А.Г. Хачатрян – Изучение взаимодействия хлоридного комплекса родия(II) с основным красителем тиазинового ряда диметилтионином экстракционно-абсорбциометрическим методом в солянокислой среде.....	144
Э.А. Адамян – II. Синтез новых 1-нафтокси-3-замещенных аминпропанолов, содержащих аминокислотный фрагмент.....	148
Н.Г. Азарян – Картирование генов несовместимости (inc) плазмиды R906.....	151
Г.Ю. Григорян, С.М. Минасян, С.Г. Саакян, В.П.Калантарян – Влияние электромагнитных КВЧ-волн на фоновую импульсную активность нейронов супраоптического ядра гипоталамуса крыс.....	154
А.Ю. Степанян – Исследование нейрофизиологических основ гендерных различий в пространственно-ориентировочной деятельности.....	158

Мелс Мнацаканович Минасян.....	161
--------------------------------	-----

CONTENTS

R.M. Martirosyan – Yerevan State University journal of «Scientific Publications» is 80 3

MATHEMATICS

V.S. Atabekian – Spaces with limit operation	5
A.G. Matevosyan – Differential game of rapprochement with several target sets for stochastic linear systems	11
O.S. Mikaelyan, R.V. Khachatryan – The optimal trajectory in partial-cooperative games	17

INFORMATICS

S.M. Sayadyan – Comparison of several proof systems of intuitionistic propositional logic	25
---	----

MECHANICS

V.R. Barseghyan, G.S. Chlingaryan – About one task of optimal control of variable-mass particle motion in gravitational field	31
---	----

PHYSICS

A.E. Babayan – About the nature of the enhancement of the nonlinear optical response from rough surface	40
Y.M. Zargaryan, A.I. Vahanyan, N.P. Harutyunyan, E.G. Aghababyan, K.H. Begoyan, E.A. Mughnetsyan, H.R. Hovhannisyanyan – The effect of doping on the superconductivity of the $YBa_2Cu_3O_7$	46
A.M. Rostomyan – Investigation of X-ray asymmetric BBB-interferometers	52
V.M. Arakelyan, V.E. Galstyan – Synthesis of solid compounds of $Fe_2O_3-Nb_2$ and investigation of their electrophysical and photoelectrochemical properties	59

CHEMISTRY

G.V. Hakobyan, R.A. Karamyan, S.K. Grigoryan, M.L. Yeritsyan – Interactions of methylol derivatives of urea with Co(II) and Ni(II) salts	66
A.R. Mkrtchyan, G.G. Darbinyan, G.N. Shaposhnikova, H.G. Khachatryan – Amperometric determination of palladium(II) by N,N-diphenyl- and N,N'-diphenylthioureas	71
A.A. Pivazyan – Synthesis and conversions of benz-substituted 4-hydroxy-3-(2-chloroprop-2-enyl)-2-methylquinolines	75
E.G. Mesropyan, A.A. Avetisyan, A.S. Galstyan – Synthesis of derivatives of benzotriazole	80

BIOLOGY

H.S. Mkrtchyan – Screening investigation of some numerical aberrations at patients with acute myeloid leukemia by Fish method in interphase cells	84
M.L. Gevorgyan, M.A. Davtyan – About some peculiarities of arginase fluorescence.....	90
E.A. Mantachian – On the extraction of intracellular free amino acids of wine yeast at multiple treatment by ethanol	95
E.N. Shcherbakova, T.B. Karyagina, Yu.G. Popov – Synthesis of naphthoquinones in the isolated culture of <i>Alkanna orientalis</i>	100
Ts.I. Adamyan, S.M. Minasyan, E.S. Gevorkyan, K.R. Oganesyanyan, K.H. Kirakosyan – Changes of peripheral blood indexes enduring influence of longterm vibration.....	106
S.G. Nanagulyan, A.L. Sirunyan – The species of edible mushrooms of «Sevan» National park with buffer zone and peculiarities of their development.....	111

GEOLOGY

K.A. Bagdasaryan – Optimal density of exploration network and industrial value of auriferous-polymetallic deposit of Armanis.....	116
M.K. Arshakyan – Rare metals in hidromineral resources of Armenia and perspectives of their application in industry.....	123

GEOGRAPHY

V.R. Boynagryan – Desertification of the territory of the Republic of Armenia (problem-description, factors, indicators, protective measures)	129
--	-----

COMMUNICATIONS

A.H. Apinyan, I.E. Danielyan – A dynamic model of the environment protection problem.....	139
Yu.S. Babayan, V.P. Kalantaryan, S.N. Hakobyan, H.E. Sngryan, A.Sh. Markaryan – Influence of millimetric electromagnetic waves on heat stability of DNA molecules.....	142
N.O. Geokchyan, M.J. Gegchyan, J.A. Mickaelyan, A.A. Eghiazaryan, H.G. Khachatryan – Interaction of chlorrhodiat(III) complex with thiazine raw dye dimethylthionine in hydrochloric acid by extraction-absorbciometric method.....	144
E.A. Adamyan – II. Synthesis of 1-naphthoxy-3-saturated aminapropanoles, which contain fragment of aminoacids.....	148
N.G. Azaryan – Mapping of genes incompatibility (inc) of the R906 plasmide.....	151
G.Yu. Grigoryan, S.M. Minassian, S.G. Sahakyan, V.P. Kalantaryan – The influence of electromagnetic ENF waves on the background impulse activity of supraoptic nucleus neurons of hypothalamus of rats	154
A.Yu. Stepanyan – Research of neurophysiologic bases of gender differences in spatial orientation.....	158
Mels Minasyan	161

ԿԱՆՈՆՆԵՐ ՀԵՐԻՆԱԿՆԵՐԻ ՀԱՍԱՐ

1. «Գիտական տեղեկագիր» հանդեսում հրատարակվում են Երևանի պետական համալսարանում կատարված տեսական ու փորձարարական բնույթի օրինակալ հոդվածներ, հաղորդումներ ու նամակներ՝ մաթեմատիկայի, ինֆորմատիկայի, մեխանիկայի, ֆիզիկայի, ռադիոֆիզիկայի, բիոբայի, կենսաբանության, երկրաբանության և ֆիզիկական աշխարհագրության բնագավառներից, ինչպես նաև ակնարկային հոդվածներ՝ պատվիրված խմբագրության կողմից:
2. Ընդունվում են գիտական նոր հրատարակությունների, մենագրությունների և դասագրքերի, ԵՊՀ մասնակցությամբ կայացած գիտաժողովների և գիտական դպրոցների, ինչպես նաև համալսարանում աշխատող անվանի գիտնականների հոբելյանների մասին համառոտ նյութեր:
3. Բնագրերը ներկայացվում են երկու օրինակով, համակարգչային շարվածքով՝ «Word» ծրագրով (հայերեն տեքստը՝ Times Armenian, ռուսերենը՝ Times New Roman տառատեսակներով)՝ հայերեն կամ ռուսերեն, ռուսերեն կամ հայերեն և անգլերեն ամփոփումներով: Բոլոր երեք լեզուներով հեղինակների ազգանունները և հոդվածի վերնագիրը գրել գլխատառերով: Տեքստը շարել 12 pt-ով, 1,5 ինտերվալով՝ աջ և ձախ կողմերում պահպանելով 3 սմ դաշտ: Վերին ձախ անկյունում գրվում է ՄԴԿ-ն, հաջորդ տողում հեղինակների անվանատառերն ու ազգանունները, այնուհետև հոդվածի վերնագիրը: Դրան հետևում է հոդվածի համառոտ ամփոփումը: Այն պետք է համապատասխանի հայերեն և անգլերեն ամփոփումներին, որտեղ պետք է շարադրված լինեն աշխատանքի գլխավոր արդյունքները՝ առանց գրական հղումների, 100 բառից ոչ ավելի ծավալով:
4. Հոդվածի ծավալը աղյուսակներով չպետք է գերազանցի 10 էջը, հաղորդմանը՝ 4, նամակինը՝ 2:
5. Հոդվածները ձևակերպվում են հստակ ենթաբաժիններով: *Ներածության* կամ *խնդրի դրվածքը*, որտեղ պետք է հիմնավորվի տվյալ հետազոտության անհրաժեշտությունն ու հրատապությունը, *Հետազոտության մեթոդիկան* և *Եզրակացություն*, որտեղ հստակ ձևակերպվում են ստացված արդյունքները և հետևությունները: Կարող են լինել այլ ենթավերնագրեր՝ պայմանավորված տվյալ աշխատանքի առանձնահատկություններով:
6. Բոլոր բանաձևերը շարել «Equation» ծրագրով:
7. Հղումները պետք է լինեն քննարկվող խնդրի հետ առնչվող ժամանակակից հրատարակումների վրա: Դրանք բերվում են բնագրի լեզվով ըստ հանդիպման հերթականության, կարգային համարը նշվում է քառակուսի փակագծերում ([1], [2-5]): Հոդվածի վերջում նույն հաջորդականությամբ բերվում է գրականության ցուցակը՝ կարգային համարը, հեղինակների ազգանուններն ու անվանատառերը: Պարբերական հրատարակությունների համար այնուհետև հաջորդում է ամսագրի ընդունված կրճատ անվանումը առանց չակերտների, հրատարակման փակակնը, հատորի ու թողարկման համարները, հերթական համարը, էջը, գրքերի դեպքում՝ վերնագիրը, հրատարակման վայրը, հրատարակչությունը, փակակնը: Չհրատարակված աշխատանքի վերաբերյալ (բացի դիտերտագիայից) գրականության մեջ նշել չի թույլատրվում:
8. Մինչև յոթ նյութը աղյուսակի և նկարի ձևով ներկայացնել չի թույլատրվում:
9. Թույլատրվում է 5-ից ոչ ավելի նկար, որոնք իրենց բացատրություններով պետք է ներկայացնել առանձին File-ով:
10. Հոդվածի տեքստի վերջում՝ ձախ կողմում, նշվում է այն ամբիոնը կամ լաբորատորիան, որտեղ կատարվել է աշխատանքը:
11. Հոդվածը ստորագրվում է բոլոր հեղինակների կողմից:
12. Խմբագրությունը հեղինակին տալիս է առաջին սրբագրությունը, որտեղ ուղղման ենթակա են տպագրության սխալները:
13. Խմբագրությունը հեղինակներին ձրի տրամադրում է հանդեսի 1- օրինակ և հոդվածի 5 առանձնատիպ:

