

ԵՐԵՎԱՆԻ  
ՊԵՏԱԿԱՆ  
ՀԱՍՏԱՏՈՒՄ



ЕРЕВАНСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

ԳԻՏԱԿԱՆ  
ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ

3.2006

ԵՐԵՎԱՆ ◆ ЕРЕВАН

ISSN 0132-0173

Հրատարակում է 1925 թ.-ից (1967 թ.-ից՝ պարբերաբր):

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

## ԽՄԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈԼԵԳԻ

ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ Ռ.Մ. (զիս. խմբագիր), ԽԱՎԱՏՐՅԱՆ Հ.Գ. (զիս. խմբագրի տեղակալ),  
ԸՄՐԱՎԵՐԵՑՄԱՆ Լ.Թ. (պատքանուող)

ԲՈՅԱԿԱԳՐՅԱՆ Վ.Ռ., ԴԱՎԻԵԼՅԱՆ Է.Ա., ԽԱՎԱՏՐՅԱՆ Հ.Գ., ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ Ս.Գ.,  
ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ Լ.Լ., ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ Ը.Ա., ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ Ռ.Մ., ԾՈՒՔՈՒՅՅԱՆ Ս.Կ.,  
ԸՈՒԲՐՅԱՆ Է.Վ., ՊԵՏՐՈՎԱՆ Ս.Գ., ՄԱՐԳԱՆՅԱՆ Հ.Հ., ՄԱՐԳԱՆՅԱՆ Ս.Վ.

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ԱՐՈՒԹՅԱՆ Բ.Մ. (глав. редактор), ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Ա.Գ. (зам. глав. редактора),  
ՇԱՐԱՄԲԵՅԱՆ Լ.Տ. (отв. секретарь)

ԱՐՈՒԹՅԱՆ Ծ.Գ., ԲՈՅՆԱԳՐՅԱՆ Վ.Բ., ԴԱНИԵԼՅԱՆ Է.Ա., ՄԱՐԿԱՐՅԱՆ Ռ.Ա.,  
ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ Բ.Մ., ՕՍԻԼՅԱՆ Լ.Լ., ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ Ծ.Գ., ՍԱՐԿԻՍՅԱՆ Օ.Ա.,  
ՍԱՐԿԻՍՅԱՆ Ծ.Վ., ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Ի.Գ., ՉՈԲԱՐՅԱՆ Է.Վ., ՇՈԿՈՒՐՅԱՆ Ծ.Կ.

Երևանի համալսարանի հրատարակության  
Издательство Ереванского университета

© ԵՊՀ Գիտական տեղեկագիր, բնական գիտություններ, 2006  
© Ученые записки ЕГУ, естественные науки, 2006

Ստորագրված է տպագրության 27.10.2006 թ.  
Подписано к печати 27.10.2006 г.

Ֆորմատ 70×100 1/16:Տպ. 10մմ.=պայմ. 14մմ.: Պատվեր 176:  
Տպարանակ 150: Գրացման համարը 258:  
Формат 70×100 1/16. 10 печ.л.=14 усл.л. Заказ 176.  
Тираж 150. Регистрационный номер 258.

Տպագրված է ԵՊՀ օպերատոր պոլիգրաֆիայի ստորագրամունքում:

Երևան-25, Ալ. Մանուկյան, 1:

Напечатано в подразделении оперативной полиграфии ЕГУ.  
Ереван-25, Ал. Манукян, 1.

## ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

### ԱԿՆԱՐԿԱՅԻՆ ՀՈԴՎԱԾՆԵՐ

Հ.Հ. Սարգսյան, Մ.Վ. Գրիգորյան, Մ.Ա. Գրիգորյան, Է.Խ. Խարազյան, Ա.Ա. Ավանեսյան –ՀՀ Շիրակի մկվածքի հնարավոր նախազագարելության հեռանկարները .....	3
---	---

### ՍԱԹԵՍՍԱՏԻԿԱ

Հ.Ա. Ասարյան, Ի.Գ. Խաչարյան – Կորուսեգիր-ղը Ֆրիզի հավասարման լուծումը ցրման հակադարձ խնդիրի մեթոդով.....	16
Գ.Հ. Սահակյան – Երկպարամետրանց մատրիցային հավասարման բնութագրի հավասարման մասին .....	21

### ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Վ.Մ. Բեկրեկյան, Մ.Վ. Բեկրեկյան – Մակերևութային էլեկտրաառաճական սահիքի ալիքներ պյուզուակտիվ շերտ-կիսատրածություն համակարգում .....	25
--	----

### ՖԻԶԻԿԱ

Գ.Ա. Կարապետյան – Ներմուծված ակտիվության մերուդակ ֆուտոմիջուկային ունակցիաների երերի որոշումը .....	31
Ա.Ռ. Բալաբեկյան – $C_u$ թիրախից ստացված հետհարկածային միջուկների կինեմատիկական բնութագրերի համեմատումը տեսական հաշվարկների հետ .....	36
Լ.Ռ. Ալբյան, Գ.Վ. Անանյան, Վ.Ի. Վարդանյան, Ե.Բ. Դայան – ԴՆԹ-ի հետ պոր- ֆիրիների փոխազդեցության վրա նրանց կողմնային խնդերի ազդեցությունը .....	40
Վ.Ի. Վարդանյան – Կրկնակի պարույրի քայլայման դեպքում ԴՆԹ-ի շղթաների բաժնեմանը խոչընդոտող երկու տիպի հակառակությային միացությունների մասին .....	46

### ԶԻՍԻԱ

Ն.Մ. Բեյլերյան, Փ.Գ. Մինասյան, Զ.Հ. Շշմարիխյան – Ջրային լուծույթում կալիու- մի պերսուլֆատով հարուցված ակրիլամիդի պոլիմերացման տարրական ակ- տերի արագության հաստատունների մասին .....	51
Ա.Լ. Զատիկյան – Դիէթիլսուլֆօքսիդ-ջուր մոլեկուլային կոմպլեքսների տեսական ուսումնասիրությունը .....	58
Մ.Հ. Սարգսյան, Կ.Ս. Սարգսյան, Ը.Ս. Մանուկյան – Հարթ պլատինին էլեկտրոդի վրա վինիլիմիդացողի տրրման հիմնական օրինաչփությունները .....	62
Ժ.Մ. Ալուտամյան, Մ.Ա. Սկրտչյան – Անալիզին էքստրակցիոն-ֆուտոմետրիկ որո- շումը դրահանակի կանաչով դեղանյութերում .....	67

## ԿԵՆՍԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

<b>Ն.Փ. Ղազարյան, Վ.Վ. Գրիգորյան, Մ.Ա. Սարգսյան, Ը.Ս. Զատյան – Խնձորենու այգիների բաց շաղանակագույն և գորշ կիսանապատային հողերի ամռնիակ գոյացնող բակտերիաների բանակությունը միջատասպան բյուրեղառաջաց-նող բակտերիաների ներսությունից հետո</b>	71
<b>Ն.Ս. Հակոբյան, Մ.Ա. Կարապետյան, Ն.Ցոլ. Արամյան, Վ.Վ. Բաղրամյան, Ռ.Ս. Հարությունյան – Կապույտ թժի ազդեցությունը երկարավոր ուղեղի ցանցանման գոյացության ներունեւրի էլեկտրական ակտիվության վրա թրվածային անքավարության պայմաններում</b>	78
<b>Հ.Ջ. Աղարարյան, Վ.Հ. Գրիգորյան, Ն.Դ. Հարությունյան, Ա.Ցոլ. Սահմանյան, Լ.Ս. Ստեփանյան – Ստեղծագործական գործունեության ազդեցությունը սրտի դիրմի ցուցանիշների վրա</b>	84
<b>Ա.Գ. Դավիթյան – <i>Darevskia dahli</i> (ընտ. <i>Lacertidae</i>) կրասօնին մոլխաների (GATA), պարունակող լոկուսների ալելային բազմաձևության ուսումնասիրում</b>	90
<b>Հ.Մ. Կարաքեչչյան, Զ.Գ. Էլրակյան, Ի.Ա. Նավասարդյան – Կլիմայական գոր-ծոնի գնահատականը թերթատվության վրա</b>	94

## ԵՐԿՐԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

<b>Ո.Ս. Մինասյան, Վ.Պ. Վարդանյան – Երկրաֆիզիկական մերոլիների կիրառման արդյունավետությունը ջրաերկրաբանական և ինժեներաերկրաբանական խնդիրների լուծման համար</b>	98
<b>Ս.Հ. Հայրոյան – Ուղյան գործոնի ազդեցությունը կավային գետնահողերով լայնցերի և կառույցների կայունության վրա</b>	106
<b>Գ.Ա. Մինասյան – Չողի (Սոտքի) ոսկու հանքավայրի հողերի էկոլոգիական վիճակի գնահատումը</b>	113

## ԱԾԽԱՐՀԱԳՐՈՒԹՅՈՒՆ

<b>Բ.Պ. Մնացականյան, Լ.Ա. Շիլնգարյան, Վ.Ա. Աղարարյան, Բ.Գ. Զաքարյան – Հայաստանի գետային հողի ջրաբանական բնութագրերն ըստ ակազանային կառավարման տարածների</b>	122
<b>Գ.Ս. Մանասյան – Մարդկային գործոնի դերի գնահատումը Շիրակի ռելիքառա-ջացման (մորֆոգենեզի) և էկոլոգիական իրավիճակի ձևավորման գործընթա-ցում</b>	130

## ՀԱՂՈՐԴՈՒՄՆԵՐ

<b>Լ.Ռ. Նուբրեկյան – Քեյլի թերթներ Դէ Մորգանի հանրահաշվմերի համար</b>	136
<b>Ի.Գ. Խաչատրյան – Բազմությունների ներզգայական տեսության պարագործմերի մասին</b>	139
<b>Հ.Գ. Բաղդալյան, Խ.Մ. Ղազարյան – Լիուտրով հեղուկրյուրեղական համակարգե-րում դրմենային սահմանների հաստությունների ուսումնասիրումը</b>	142
<b>Ն.Օ. Գյոլշյան, Մ.Ժ. Գյոլշյան, Ա.Ա. Եղիազարյան, Զ.Գ. Խա-չատրյան – Պենտայոդապլատիմատ(IV)-ի փոխազդեցությունը թիազինային շարքի ներկանյութ թիոնինի հետ ծծմբաթթվային միջավայրում</b>	146
<b>Ա.Ս. Հակոբյան, Հ.Հ. Փանոսյան, Ի.Լ. Բագրիկյան – Հայաստանի տարրեր շրջան-ների մածնի մերանների կարնաթթվային մանրէների անշատումն ու ուսումնա-սիրությունը</b>	149

Անվանի գիտնականը և վաստակաշատ մանկավարժը (Կենսաբանական գիտու-թյունների դոկտոր, պրոֆեսոր Յուրի Գեորգի Պոպովի 70-ամյակի առթիվ)..... 153

Երկրաբանություն

УДК 553.44

Հ. Հ. ՄԱՐԳԱՅԱՆ, Ս. Վ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Մ. Ա. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Է. Խ. ԽԱՐԱՁՅԱՆ,  
Ա. Ս. ԱՎԱՆԵՍՅԱՆ

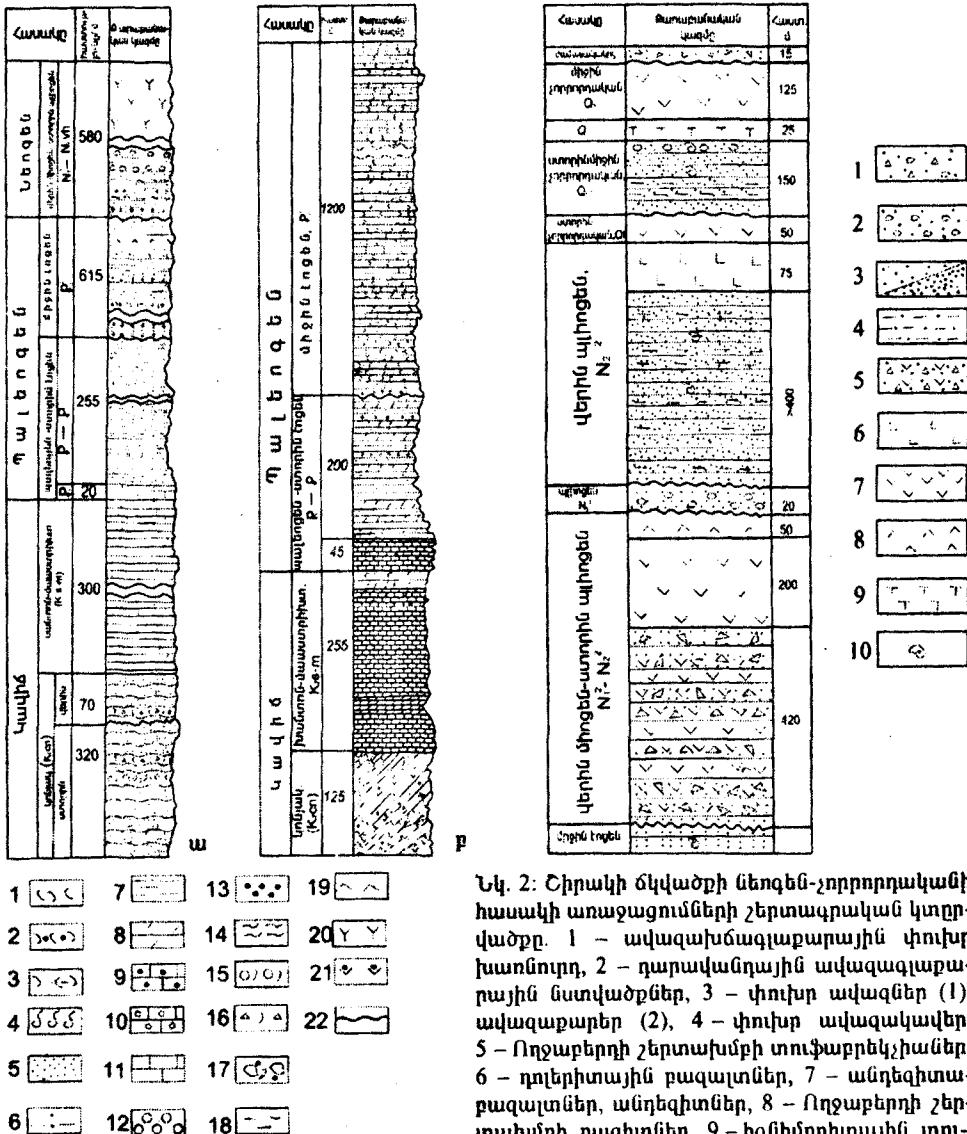
**ՀՀ ՇԻՐԱԿԻ ԾԿՎԱԾՔԻ ՀՆԱՐԱՎՈՐ ՆԱՎԹԱԳԱԶԱԲԵՐՈՒԹՅԱՆ  
ՀԵՌԱՆԿԱՐՆԵՐԸ**

Շիրակի ճկվածքի սահմաններում նավթագազաբերության ուղղակի նշաններ՝ նավթի մակերևութային ելքեր (սովորաբար ջղի հետ), արմատական ապարների նավթով կամ մածուցիկ ու պինդ բիտումներով հագեցված ելքեր, այրվող գազի ելքեր, հայտնի չեն: Միայն տեղական մամուլում դեռևս 1903թ. հրատարակվել են «Շիրակի նավթարանը» ընդհանուր անունով 3 փոքր հոդվածներ, կարճատև ժամանակահատվածներում Ախուրյան գետի ու դրա որոշ վտակների ջրերի վրա նավթի փառերի առկայության ու գազի պղպջակների անջատման մասին, իսկ վերջերս էլ ոչ հավաստի տեղեկություններ ստացվեցին ճկվածքի արևմտյան շարունակությունում (Կարսի ճկվածք) տեղակայված նավթարեր հրատանցրերի մասին:

2005թ. ՀՀ կառավարության որոշմամբ Շիրակի ճկվածքի սահմաններում իրականացվեցին համայիր երկրաբանական, երկրաբիմիական և երկրաֆիզիկական ուսումնասիրություններ՝ ճկվածքի հնարավոր նավթագազաբերության հեռանկարների գնահատման նախադրյալների պարզաբանման նպատակով:

Շիրակի ճկվածքը տեղաբաշխված է Աևան-Շիրակի սինկլինորիդումի հարավարևմտյան եզրամասում: Այն նեղդեն-չորրորդականի միջլեռնային գրաբեն-ճկվածք է, որն արևմուտքում հանդարտ անցնում է ավելի ընդարձակ Կարսի ճկվածքին, որի հիմքի առավելագույն խորությունը հասնում է 4–5 կմ: Շիրակի ճկվածքի կտրվածքում առանձնացվում են երեք կառուցվածքային հարկեր [1–5]: Ստորին հարկը ներկայացված է մոտ 4 կմ հաստության վերին կավճի-պալեոգենի նատվածքների նաև կածածքային ու հրաբխածին-նստվածքային ապարներից բաղկացած ծալքավոր համալիրով, որը շերտագրական խոշոր ընդմիջումով և անկյունային աններդաշնակությամբ ծածկվում է միջին հարկը ներկայացնող նեղդենի մեղմաքեր (մինչև  $10\text{--}14^{\circ}$ ) հրաբխաբեկորային ու լավային ապարներով՝ նիմշև 500–600 մ հաստությամբ (նկ. 1): Վերին կառուցվածքային հարկը՝ նույնականացնալու անհնարինակությամբ, սակայն հորիզոնականին մոտ տեղադրմամբ, կազմված է վերին պլիոցեն-պլեյստոցենի դոլ-

իրտային բազալտների հոսքերից, լճային ավազակավային փուխր նատվածքներից (մինչև 400 մ), ստորին-միջին պլեյստոցենի լճագետային կավազազային, մանրահատիկ և կոպտաբեկորավոր գոյացություններից, իզմինքրիտային տուֆերից և անդեզիտաբազալտային ծածկոցներից (200–250 մ) (Նկ. 2):



Նկ. 2: Շիրակի ճկվածքի նեղանես-շրբորդականի հասակի առաջացումների շերտագրական կտրվածքը. 1 – ավազակավազալտաբազալտ, 2 – դարավանդային ավազակավազարային նատվածքներ, 3 – փուխր ավազներ (1), ավազարայեր (2), 4 – փուխր ավազակավեր, 5 – Ողջաբերդի շերտախմբի տուֆարբեկչիաններ, 6 – դուրիտային բազալտներ, 7 – անդեզիտաբազալտներ, 8 – Ողջաբերդի շերտախմբի դաշիտներ, 9 – իզմինքրիտային տուֆեր, 10 – բրածո ֆատնայի մնացորդներ:

Նկ. 1: «Կարմրաբար» (ա) և «Կրաշեն» (բ) հեմակետային կտրվածքները: 1 – տուֆեր, 2 – տուֆավազավարաբեր, 3 – տուֆավազավարաբեր, 4 – սիլիցիտներ, 5 – ավազարաբեր, 6 – ալերոլիթներ, 7 – արգիլիտներ, 8 – մերգելներ, 9 – ավազային կրաքարեր, 10 – օրգանածին կրաքարեր, 11 – պելիտամորֆ կրաքարեր, 12 – կոնգլոմերատներ, 13 – խճաքարեր, գրավելիքներ, 14 – կամք, 15 – տուֆալունգումերատներ, 16 – տուֆարբեկչիաններ, 17 – ագլոմերատներ, տուֆակոնգլումերատներ, տուֆարբեկչիաններ (Ողջաբերդի տիպի), 18 – լիգնիտների ու գորշ ածխի նրբաշերտեր, 19 – անդեզիտներ, 20 – դաշիտներ, ողողացիտներ, 21 – նշարաբային բազալտներ, 22 – աններդաշնակ սահմաններ:

Նավթագազաբերության տեսակետից որոշակի հետաքրքրություն են ներկայացնում միայն ստորին կառուցվածքային հարկի գոյացությունները, որոնք ծկվածքի կենտրոնական մասերում տեղադրված են 1–5կմ խորություն-ներում, իսկ երկրի մակերեսին մերկանում են միայն դրա հյուսիսային եզրում՝ Ծիրակի լեռնաշղթայի ողջ երկարությամբ։ Ծիրակի ծկվածքում նավթագազաբերության նախադրյալների բացահայտման նպատակով կատարված համարի երկարաբանական, երկրաքիմիական, երկրաֆիզիկական ուսումնասիրությունները տվել են հետևյալ արդյունքները։

Հնարավոր նավթաբեր շերտախմբեր։ Երկրաբանական ուսումնասիրությունների հիմնական նպատակը հնարավոր նավթագազաբեր շերտախմբերի առանձնացումը և դրանց հնարավոր նավթագազաբերության առանձնահատկությունների՝ շերտագրական ստորաբաժանումների հաստությունների, փոխհարաբերությունների, բիտումարանական և ծակոտկենության (տարրողունակության) հատկանիշների, հնարավոր նավթային ծուղակների (անտիկինալների, խզվածքների, աններդաշնակությունների մակերևույթների) բացահայտումն ու բնութագրումն էր։ Այդ կապակցությամբ կատարվել են 1:25000 մասշտաբի երկրաբանական քարտեզագրական աշխատանքներ և կազմվել են մի շարք հենակետային շերտագրական կտրվածքներ։ Որպես հնարավոր նավթագազարունակ շերտախմբեր առանձնացվել են վերին կավճի կոնյակի, պալեոցեն-ստորին էոցենի և միջին էոցենի ստորին մասերի կտրվածքները։ Դրանք կազմող շերտախմբերը ունեն նավթաբեր շերտախմբերին բնորոշ որոշ առանձնահատկություններ։ Այս առաջացումները ունեն բավկանին լայն տարածում, մերկանում են Ծիրակի լեռնաշղթայում և ըստ հորատման տվյալների՝ նաև ճկվածքի սահմաններում, որտեղ յուրաքանչյուրի հաստությունը կազմում է 200–500 մ։ Բաղկացած են ավազաքարագրավելիքային, տուֆավազաքարային, ալերոլիքամերգելային, արգիլիքային, մասսամբ կրաքարային ապարներից, որոնք ներառում են հավաքիչ (կոլեկտորական) հատկանիշներ ունեցող մինչև 20–25 մ հաստության հորիզոններ և ծածկանին (էկրանին) բնորոշ միջջորմացիոն կավամերգելային և նրբահատիկ տուֆավալերոլիքային շերտեր։ Նշված շերտախմբերը որոշ դեպքերում ներփակում են հրաբիսածին ապարների, սերպենտինիտների և հիպերբազիտների ոչ մեծ մարմիններ։ Հարկ է նշել, որ այսպիսի ներփակվածքները բնորոշ են նաև որոշ նավթաբեր շերտախմբերին։ Կոնյակի տերրիգեն-կարբոնատային ապարները վերընթաց կտրվածքում ներդաշնակորեն ծածկվում են սանտոնի-մասսատրիխուտի կարբոնատային շերտախմբով, որն էլ իր հերթին նույնպես աստիճանական անցումներով կապված է պալեոցեն-ստորին էոցենի տերրիգեն-կարբոնատային ֆլիշային շերտախմբերի հետ։ Ավելի վեր փոքր շերտագրական աններդաշնակությամբ տեղադրված են միջին էոցենի տուֆանատվածքային ապարները (Ակ. 1)։ Ըստ որում, շերտախմբերի այսպիսի շերտագրական փոխհարաբերությունը և հատկապես վերին կավիճ-միջին էոցենի ժամանակահատվածում նստվածքակուտակման գգալի ընդմիջումների, խոր ողողամաշնան հատույթի բացակայությունը բավականին բարենպաստ են ածխաջրածինների պահպանման համար։

Քիտումարանական նախադրյալներ։ Ծիրակի ճկվածքի հնարավոր նավթագազաբերության կարևոր նախադրյալներից են բնական մերկացումներում հնարավոր նավթագարունակ շերտախմբերի ապարների բիտում-

բանական ուսումնասիրությունները: Այդ նպատակով Հայաստանի ճարտարագիտական համալսարանի բիուստարանական լաբորատորիայում ուսումնասիրվել են կոնյակի, սանտոն-մասստրիխտի, պալեոցեն-ստորին և միջին եղենի ստորին մասերի կտրվածքներից վերցված 45 նմուշներ:

### Աղյուսակ 1

#### Բիուստարանական տարրալուծության արդյունքները

№	Նմուշի լաբորա տոր թիվը	Նմուշի դաշտային թիվը և հասակը	Նմուշի կազմը	Նմուշի վերցնելու տեղը	W, %		K, %		
					W <sup>L</sup>	W <sup>ա</sup>	ը <sup>ա</sup>	ը <sup>L</sup>	ը <sup>ր</sup>
1	236	A-2/3 P <sup>1</sup> -P <sup>1</sup> <sub>2</sub>	ալերոլիթ	գ. Լուսաղբյուր	3,85	2,57	1,12	1,105	1,15
2	241	A-13 P <sub>1</sub>	մերգել	գ. Կրաշեն	0,32	0,27	1,00	1,00	1,00
3	244	A-17/1 K <sub>2</sub> cp-m <sub>2</sub>	օրգ.կրաքար	գ. Մ. Սարիար	0,20	0,14	1,46	1,46	1,46
4	245	A-16/2 K <sub>2</sub> cn <sub>2</sub>	արգիլիթ	գ. Մ. Սարիար	0,48	0,35	1,48	1,48	1,48
5	246	A-16/3 K <sub>2</sub> cn <sub>2</sub>	արգիլիթ	գ. Մ. Սարիար	3,79	2,22	1,05	1,03	1,07
6	247	A-29 P <sub>2</sub> <sup>2</sup>	ալերոլիթ	կ-ն Զաջուռ	4,78	3,47	1,75	1,73	1,81
7	250	A-2/4 P <sup>1</sup> -P <sup>1</sup> <sub>2</sub>	ալերոլիթ	գ. Լուսաղբյուր	2,28	1,64	1,19	1,18	1,22
8	251	A-2/5 P <sup>1</sup> -P <sup>1</sup> <sub>2</sub>	կրաքար	գ. Լուսաղբյուր	2,60	1,40	1,28	1,26	1,30
9	258	A-4/7 P <sup>1</sup>	ալերոլիթ	գ. Լուսաղբյուր	1,41	1,08	0,66	0,66	1,67
10	259	A-6/1 P <sub>2</sub> <sup>2</sup>	կրային ավազաքար	գ. Կարմրաքար	2,62	1,97	1,02	1,00	1,04
11	265	A-16/4 K <sub>2</sub> cn	արգիլիթ	գ. Մ. Սարիար	3,93	3,48	1,01	1,00	1,05
12	266	A-17 K <sub>2</sub> cn	ավազաքար	գ. Մ. Սարիար	2,06	1,43	1,31	1,30	1,33
13	267	A-23/1 K <sub>2</sub> cn	ավազաքար	գ. Կրաշեն	2,84	1,96	1,24	1,28	1,27
14	268	A-25/1 P <sub>2</sub> <sup>2</sup>	սոլֆա- ալերոլիթ	գ. Զաջուռ	3,27	2,41	1,32	1,31	1,35
15	269	A-27 N <sup>3</sup> <sub>1</sub> -N <sup>1</sup> <sub>2</sub>	սոլֆա- ալերոլիթ	գ. Լեռնուտ	1,44	1,03	1,15	1,14	1,16
16	270	A-27/1 N <sup>3</sup> <sub>1</sub> -N <sup>1</sup> <sub>2</sub>	սոլֆա- ալերոլիթ	Վորոկաչկի ձոր	1,93	1,50	1,25	1,24	1,27
17	275	A-31/2 P <sup>1</sup> -P <sup>1</sup> <sub>2</sub>	օրգ. կրաքար	գ. Հովունի	1,72	1,18	1,19	1,19	1,20
18	278	A-31/5 P <sup>1</sup> -P <sup>1</sup> <sub>2</sub>	ալերոլիթ	գ. Հովունի	1,53	1,10	1,55	1,55	1,55
19	279	A-31/6 P <sup>1</sup> -P <sup>1</sup> <sub>2</sub>	ալերոլիթ	գ. Հովունի	2,00	1,61	1,33	1,33	1,35
20	281	A-36 P <sub>2</sub> <sup>2</sup>	ավազաքար	գ. Թերի	4,04	3,66	1,03	1,02	1,07

W<sup>L</sup> – լաբորատոր նմուշի խոնավությունը, W<sup>ա</sup> – անախտիկ նմուշի խոնավությունը, B<sup>ա</sup> – բիտումի պարունակությունը անախտիկ նմուշում, B<sup>L</sup> – բիտումի պարունակությունը լաբորատոր նմուշում, B<sup>ր</sup> – բիտումի պարունակությունը հաշված քացարձակ չոր նմուշի համար:

Ինչպես երևում է աղյ. 1-ից, բիոտումապարունակության, գուցե նաև հնարավոր նավազագագարերության տեսակետից որոշակի հետաքրքրություն էն ներկայացնում կոնյակի կարբոնատային (բացարձակ չոր նմուշում բնական բիոտումների պարունակությունը 0,87–1,48%), պալեոցեն-ստորին էոցենի ավազաքարային, ալկրոլիթամերգելային (0,60–1,35%) և միջին էոցենի ստորին մասի ավազաքարարավերոլիթային (0,54–1,07%) պարբերությամբ բոլոր շերտախմբերում երկրաբանական կտրվածքները ունեն նավքարեր շերտախմբերին բնորոշ որոշ հատկանիշներ: Դրանք բավականին հզոր են, բաղկացած են տերրիգեն-կարբոնատային շերտախոխվող ապարներից, ունեն զգալի տարածում, ներառում են հավաքիչ հատկություններ ունեցող և ֆլուիդամերժ հորիզոններ: Անհրաժեշտ է նշել, որ ապարների բոլոր նմուշները վերցված են Ծիրակի ճկվածքի հյուսիսային և հյուսիսարևելյան եզրամասերի արմատական ապարների բնական մերկացումներից, որտեղ բիոտումները երկար ժամանակ ենթարկվել են կենսարիմիական և քիմիական օրսիդացման: Այդ առումով չի բացառվում բիոտումների պարունակության նկատելի ավելացում Ծիրակի ճկվածքի ավելի մեծ խորության համապատասխան ապարներում:

Նավքի հնարավոր հավաքիները (կրիեկտորները): Որևէ տարածքի նավքագագարերության հեռանկարների պարզաբանման մեջ որոշակի դեր ունեն այդ տարածքի երկրաբանական կառուցվածքի ապարախմբերում նավքի ու զազի հավաքիների բացահայտումը և նրանց հիմնական պարամետրերի՝ բափանցելիության ու տարրողունակության որոշումը: Տարրողունակությունը պայմանավորված է ապարի ծակոտկենությամբ, ճեղքավորությամբ, խոռոչավորությամբ: Կարենոր նշանակություն ունի նաև ապարի բափանցելիությունը, որը կախված է ապարի ծակոտկենային կանալների չափերից, ծովովածությունից և ճեղքավորությունից: Նշված համեմատաբար հեռանկարային շերտախմբերի պարբերի մի շարք ֆիզիկական հատկությունների ուսումնասիրությունները կատարվել են ԵՊՀ երկրաբանական ֆակուլտետի ճարտարագիտական երկրաբանության և ջրաերկրաբանության լաբորատորիայում: Աղյ. 2-ում բերվել են միայն այն նմուշների մասին տվյալները, որոնցում ծակոտկենությունը 10%-ից բարձր է: Այդ տվյալները առավելապես բնորոշում են ապարի տարրողունակությունը՝ ծակոտիների, ճեղքավորվածության և այլ դատարկությունների գումարային ծավալը: Այս գումարային ծակոտկենությունը կոնյակի հասակի ավազաքարերում միջինը 11,5% է, սանտոն-մասսատրիխտի կրաքարերում՝ մինչև 32,7, պալեոցեն-ստորին էոցենի մերգելներում, ալկրոլիթներում, ավազաքարերում մինչև 17,6, միջին էոցենի ավազաքարերում, տուֆերում, ալկրոլիթներում՝ մինչև 20,8%:

Այսպիսով, ըստ նախնական տվյալների, հավաքիչ հատկություններ ունեն այն նույն ապարախմբերը, որոնցում նշվել են նաև բիոտումների համեմատաբար բարձր պարունակությունները: Դրանք են՝ կոնյակի, պալեոցեն-ստորին էոցենի և միջին էոցենի ստորին մասի բեկորային, բեկորամերգելային և մասամբ ճեղքավորված, ջարդուտված կրաքարային ապարները: Սակայն նշված առաջացումների հավաքիչ հատկությունների ավելի լիարժեք պարզաբանման համար անհրաժեշտ է կատարել նաև մանրամասն քարաբանական ուսումնասիրություններ, քանզի այդ հատկությունները զգալիորեն կախված են նաև ապարի հատիկաշափական կազմից, տեսակավորումից,

թեկորմների մշակվածությունից և բնկորային հատիկների դասավորվածությունից:

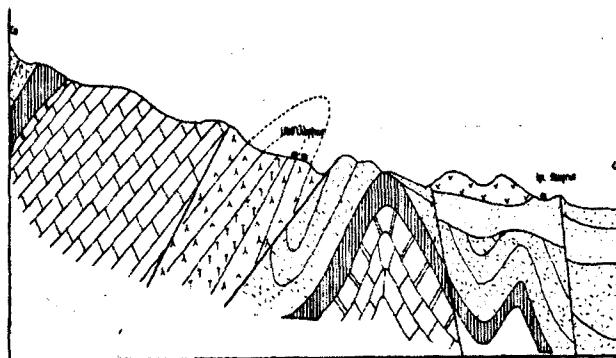
**Աղյուսակ 2**

**Ապարաների ֆիզիկական հատկությունների ցուցանիշները**

№	Դաշտային №	Ապարի հասակը	Ապարի անվանումը	Միներալային մասնիկների խտությունը, գ/սմ <sup>3</sup>	Ապարների			
					Խտությունը, գ/սմ <sup>3</sup>	ծակոտենության գործակիցը	ծակոտկնությունը, %	ջրակալման գործ..,%
1	A 2/1	P <sup>1</sup> -P <sup>1</sup> <sub>2</sub>	ալկողիթ	2,69	2,36	0,139	12,0	3,5
2	A 2/4	P <sup>1</sup> -P <sup>1</sup> <sub>2</sub>	ալկողիթ	2,80	2,37	0,181	15,3	2,7
3	A 2/5	P <sup>1</sup> -P <sup>1</sup> <sub>2</sub>	կրային ավագաքար	2,82	2,49	0,133	11,7	2,9
4	A 4/2	K <sub>2</sub> o-m	կրաքար	2,78	2,49	0,116	10,4	2,4
5	A 6/1	P <sub>2</sub>	ալկողիթ	2,61	2,29	0,139	12,3	5,0
6	A 6/4	P <sub>2</sub>	տոփաալեռոլիթ	2,54	2,01	0,264	20,8	6,3
7	A 7/1	P <sub>2</sub>	ավագաքար	2,56	2,14	0,187	15,7	4,3
8	A 7/2	P <sub>2</sub>	ալկողիթ	2,77	2,20	0,259	20,6	3,5
9	A 8/3	P <sup>1</sup> -P <sup>1</sup> <sub>2</sub>	մերգել	2,72	2,40	0,133	14,7	1,2
10	13/2	P <sub>1</sub>	մերգել	2,86	2,55	0,122	10,8	0,2
11	13/3	P <sub>1</sub>	մերգել	2,86	2,48	0,153	13,3	2,0
12	A 17	K <sub>2</sub> cn	ավագաքար	2,51	2,22	0,131	11,5	2,9
13	A 26/1	N <sup>3</sup> -N <sup>1</sup> <sub>2</sub>	ալկողիթ	2,51	2,61	0,559	35,8	11,1
14	A 27	N <sup>3</sup> -N <sup>1</sup> <sub>2</sub>	տոփաավագաքար	2,63	2,06	0,276	21,7	6,0
15	A 27/1	N <sup>3</sup> -N <sup>1</sup> <sub>2</sub>	տոփաալեռոլիթ	2,60	2,06	0,262	20,7	7,7
16	A 27/2	N <sup>3</sup> -N <sup>1</sup> <sub>2</sub>	ալկողիթ	2,68	1,95	0,374	27,2	9,8
17	A 28/2	N <sup>3</sup> -N <sup>1</sup> <sub>2</sub>	տոփաավագաքար	2,55	1,69	0,509	33,7	15,0
18	28/2	N <sup>3</sup> -N <sup>1</sup> <sub>2</sub>	տոփաավագաքար	2,62	1,69	0,550	35,5	14,3
19	28/3	N <sup>3</sup> -N <sup>1</sup> <sub>2</sub>	տոփաավագաքար	2,54	1,53	0,660	39,7	20,5
20	A 31	K <sup>2</sup> m	օրգանածին կրաքար	2,77	2,07	0,34	32,7	7,9
21	A 31/1	ρ <sup>1</sup> -ρ <sup>1</sup> <sub>2</sub>	ալկողիթ	2,76	2,37	0,174	14,8	3,5
22	A 31/3	ρ <sup>1</sup> -ρ <sup>1</sup> <sub>2</sub>	ալկողիթ	2,76	2,42	0,140	12,3	2,6
23	A 31/5	ρ <sup>1</sup> -ρ <sup>1</sup> <sub>2</sub>	կրային մանրահատիկավոր ավագաքար	2,78	2,29	0,213	17,6	3,7
24	A 31/6	P <sup>1</sup> -P <sup>1</sup> <sub>2</sub>	մանրահատիկավոր ավագաքար	2,77	2,45	0,131	11,5	0,6
25	A 34/1	ρ <sup>1</sup> -ρ <sup>1</sup> <sub>2</sub>	մանրահատիկավոր ավագաքար	2,72	2,44	0,115	10,3	2,3
26	A 35	ρ <sup>2</sup> <sub>2</sub>	տոփ	2,83	2,38	0,189	15,9	2,1
27	A 36	ρ <sup>2</sup> <sub>2</sub>	ավագաքար	2,53	2,22	0,139	12,2	1,1

**Հնարավոր ծուղակների առկայությունը:** Նավագազարերության նախադրյալների պարզաբանման գործում կարևոր տեղ է գրավում տվյալ տարածքի երկրաբանական կառուցվածքում նավթի ծուղակների առկայությունը:

**թյունը:** Նավթապարունակ կառուցվածքներում ծուղակները բաղկացած են լինում հավաքիչից և էկրանից կամ ծածկանից: Ծիրակի ճկվածքի սահմաններում նավթի հնարավոր ծուղակները, հավանաբար, կապված են վերին կավճի ու պալեոգենի ծալքավոր համալիրի հետ, որը կազմում է մինչեւգենյան ծալքավոր հիմքը և քողարկված է նեղան-չորրորդական նստվածքների մոտ 1 կմ հաստության ծածկոցի տակ: Այստեղ առանձին լոկալ կառուցվածքների մասին երկրաբանական տվյալները բացակայում են: Այս հարցի պարզաբանմանը ինչ-որ չափով օգնում են ճկվածքում կատարված երկրաֆիզիկական աշխատանքների արդյունքների երկրաբանական մեջնարանումը, ինչպես նաև ճկվածքի եզրամասում՝ Ծիրակի լեռնաշղթայում, լայնորեն տարածված վերին կավճի ու պալեոգենի ծալքավոր կառույցների ու խզվածքային խախտումների բնույթի, չափերի, ձևաբանության և տարածական տեղաբաշխման ուսումնասիրությունը:



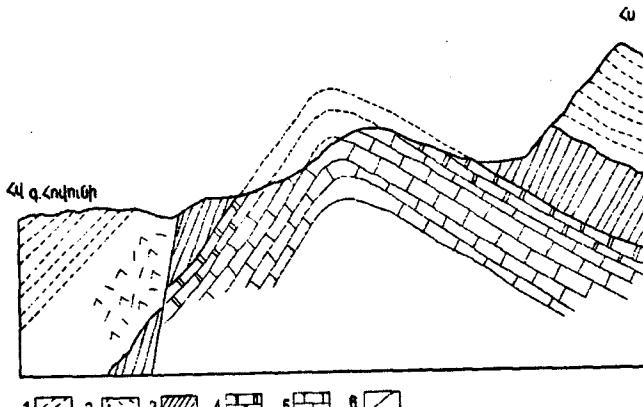
Նկ. 3: Ծիրակի լեռնաշղթայի հարավային լանջի սխեմատիկ երկրաբանական կտրվածքը  
Սեծ Սարիար գյուղի մոտ:

Նշված ուսումնասիրությունները վկայում են այն մասին, որ համապատասխան ծածկանի առկայության դեպքում Ծիրակի ճկվածքի սահմաններում նավթի հնարավոր կառուցվածքներ ու ծուղակներ կարող են լինել վերին կավճի ու պալեոգենի նստվածքներից կազմված բրախիանտիկինալները (հովունու տիպի), դեպքի ճկվածքը անկող ֆլեքսուրաները, ինչպես նաև վարնետքների և վերնետք-վրաշարժերի էկրանացած գոնաները: Որոշ դեր կարող են խաղալ նաև շերտագրական աններդաշնակությունների մակերևույթները:

Ծիրակի լեռնաշղթայի հարավային լանջերին հայտնի են լայնական տարածման երեք բրախիանտիկինալ ծալքեր՝ Կրաշենի, Հովունու և Կարմրաքարի (նկ. 3, 4): Առաջին երկուսը ավելի խոշոր են և, հավանաբար, նույն գծանման-աղեղնածե ծալքի հողակապի ալիքավորման հետևանք են: Կարմրաքարի անտիկլինալը տեղաբաշխված է Կրաշեն-Հովունի անտիկլինալային գծից 2,5 կմ դեպքի հարավ: Կրաշենի ու Կարմրաքարի ծալքերը նկատելի թերված են դեպքի հարավ՝ հյուսիսային համեմատաբար մեղմաքեր (20–35°) և հարավային զարիքավի (40–60°) խզումներով կտրատված թևերով: Դրանց հակառակ՝ Հովունու անտիկլինալը ուղիղ (նկ. 4) համաչափ ծալք է: Այս ծալքի

- 1 – գլաքարախառնուրդ (վ. պինգեն), 2 – ալիոցենի հասակի անդեգիտներ, 3 – Ռոջարերի շերտախմբի ածխարեր տուֆանստվածքային ապարներ (ս.պինգեն), 4 – միջին լոցենի հրաբխանստվածքային շերտախումբ, 5 – պալեոցեն-սուսուրին լոցենի ֆիշածն շերտախումբ, 6 – ապանցենի գորշավարդագույն մերգելմեր, կրաքարեր, 7 – վերին կավճի (սանտոն-մաաստրիխտ) կրաքարեր, մերգելմեր, 8 – տերրիգեն-կարբոնատային ապարներ (կոնյակի), 9 – սերպենտինիտներ, 10 – խզվածքներ:

հարավային թևի հնարավոր խզման գրտին չի մերկանում, այն, հավանաբար, քաղված է Ծիրակի ճվածքի նեղենի նատվածքների ծածկոցի տակ: Ծվարկված բրախիանտիկիլինալային ծալքերի շափերն են (ըստ դրանց միջուկներում մերկացած կավճի ապարների ելուստների): Երկարությունը՝ 5–15 կմ, լայնությունը՝ 2–4 կմ: Անտիկիլինալային շարքից հյուսիս Ծիրակի լեռնաշղթայի ջրաժանը և հյուսիսային լանջերը ունեն սինկիլինալային կառուցվածք:



Նկ. 4: Ծիրակի լեռնաշղթայի հարավային լանջի սինկիլինալային կտրվածքը Հովումի գյուղի մոտ:

Ել ավելի հյուսիս հաջորդ լայնական տարածման զծանման-աղեղնածև այի-քավորված հողակապերով անտիկիլինալային ծալքը ձգվում է Ծիրակի լեռնաշղթայի հյուսիսային ստորոտների երկարությամբ, որտեղ դրա առանցքային մասը քաղված է Անասիայի սարահարքի վերին պլիոցենի դրերիտային լավաների հզոր ծածկոցի տակ: Այսպիսով, հարևան անտիկիլինալային գրտիների առանցքները իրարից հեռու են ընդամենը 7–8 կմ-ով: Ելենով այս տվյալներից պետք է ենթադրել, որ դեպի հարավ Ծիրակի ճվածքի սահմաններում կարող են լինել կավճի և պալեոգենի ապարներով ձևավորված ևս առնվազն 2 այդախի լայնականի ուղղությամբ ձգված անտիկիլինալային ալիքավորված հողակապով գրտիներ, որոնցից յուրաքանչյուրում կարելի է ենթադրել մի քանի նմանատիպ բրախիանտիկիլինալային գոյությունը: Նավթային ծուղակները կարող են կապված լինել հենց այդպիսի ծալքերի գագաթների, թերեւ և պերիկիլինալ մասերի հետ: Այստեղ պետք է ենթադրել, որ էկրանավորող շերտեր կարող են հանդիսանալ վերին կավճի աֆանիտային կրաքարամերգելային ապարները և մասամբ՝ միջին էոցենի կտրվածքի միջին մասի նրբահատիկ տուֆավալերությներն ու տուֆամերգելները: Նավթի կուտակման համար հնարավոր ծուղակներ կարող են հանդիսանալ նաև խոշոր աններդաշնակությունների (հատկապես անկյունային) մակերևույթները: Սակայն այդպիսի կավճակապատկերների կտրվածքներում չեն դիտարկվում: Այստեղ այդ կարգի մակերևույթը գոյություն ունի միայն նեղենի հրաբխածին բեկորային հաստվածքի և միջին էոցենի առաջացումների միջև:

**Երկրաքիմիական նախադրյալներ:** Նավթի ու գազի հանքավայրերի դրունման ու գնահատման երկրաքիմիական մեթոդները դեռևս գտնվում են կայացման փուլում, այդ պատճառով որոնողագնահատողական աշխատանքներում դրանց կիրառումը, որպես կանոն, կրում է նաև փորձարարամե-

1 – միջին էոցենի շերտավոր տուֆավազարեր, տուֆեր, տուֆաւալվոլովերներ, 2 – միջին էոցենի հիդրոքերմալ փոփոխված անեղիտաղացիտներ, ռիոդացիտներ, 3 – պալեոցենի-ստորին էոցենի ֆիշած շերտախումբ, 4 – պալեոցենի գորշավարդագույն մերգեններ, կրաքարեր, 5 – վերին կավճի (սանտոն-մասատիբիտ) կրաքարեր, մերգելներ, 6 – խզվածքներ:

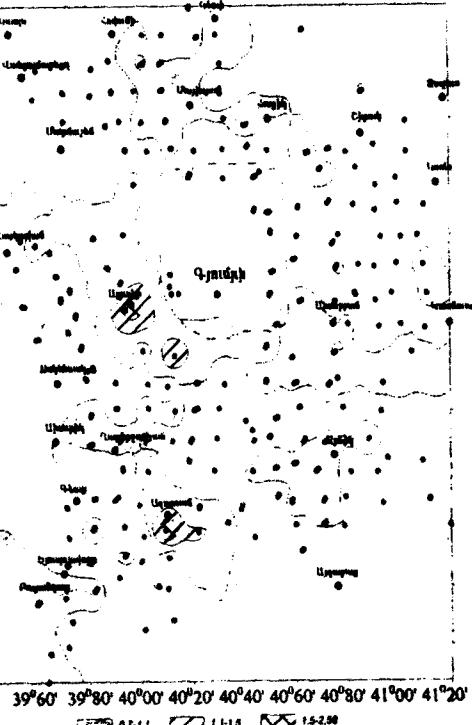
թորական բնույթ: Առանձին դեպքերում որոնողազնահատողական աշխատանքների փորձարարամեթոդական փուլը կարող է ներառել սկզբունքը նոր մեթոդների մշակում և հետագա կիրառում: Ըստ էության ածխաջրածնների հանքավայրերի որոնման ու գնահատման այդպիսի նոր մեթոդ է հանդիսանում նավթագազային հանքավայրերն ուղեկցող մուլտիպլիկատային լիքոներկրաքիմիական պսակների մշակումը մի շարք հայտնի հանքավայրերի երկրաքիմիական մոդելացման հիման վրա: Մշակվել է նոր մեթոդիկա՝ նավթի ու գազի հանքավայրերի հայտնաբերում և գնահատում այդ հանքավայրերը շրջապատող տարրերի ինդիկատորների ներկրման և դուրսկրման մուլտիպլիկատային լիքոներկրաքիմիական պսակների առանձնահատկությունների հիման վրա:

**Ծիրակի ճկվածքում կատարված երկրաքիմիական աշխատանքներն ընդգրկել են համալիր ուսումնասիրություններ՝ ինչպես ավանդական գազաերկրաքիմիական, այնպես էլ նույագույն լիքոներկրաքիմիական:**

Այս աշխատանքների հետևանքով ստացվել են հետևյալ հիմնական արդյունքները: Ընկածքի տարածքում ածխաջրածնների (նկ. 5), ինչպես նաև յոդի (նկ. 6) անկանոնությունների լայն տարածումը դրական հայտնիք է, որը վկայում է ոսումնասիրվող տարածքի սահմաններում նավթագազագոյացման գործընթացների արտահայտման մասին: Ապակյանված (դեսորբված) մեթանի քարտեզի վրա ածխաջրածնային գազերը առաջացնում են պարզորոշ օղակաձև անկանոնություններ, որոնց առավելագույն կուտակման դաշտերով ֆիքսում են տեկտոնական կառույցները:

Ածխաջրածնային հումքի երկրաքիմիական որոնումների փորձը ցույց է տալիս, որ նավթագազային կուտակումները սո-

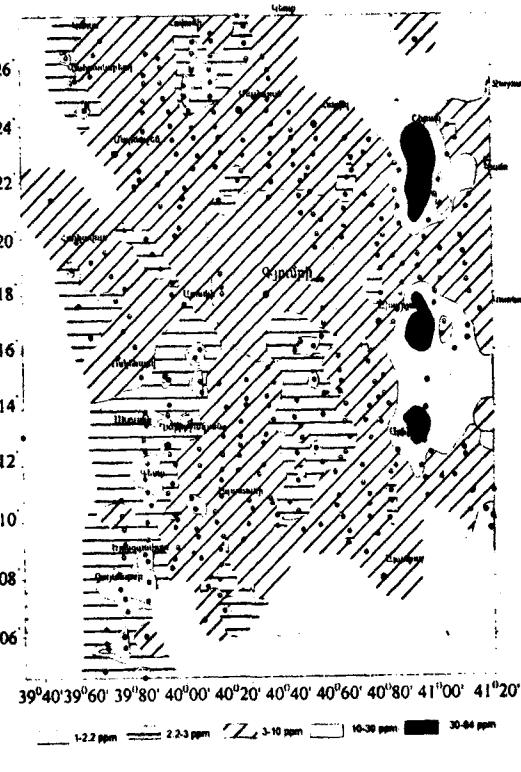
Նկ. 5: Ապակյանված մեթանի անկանոնությունների քարտեզը:



փորաբար հարում են վերը նշված առավելագույն հակադրության օղակաձև անկանոնություններին, իսկ իրենք ֆիքսում են միջին ուժգնության ածխաջրածնային անկանոնություններով: Հաշվի առնելով այդ՝ ածխաջրածնների կուտակումների հայտնաբերման համար Ծիրակի ճկվածքում առավել հեռանկարային պետք է համարել օղակաձև կառուցվածքի կենտրոնական (ներքին) մասը, ինչպես նաև ձևածքի այն մասը, որը հարում է օղակաձև կառուցվածքին արևմուտքից և հյուսիս-արևմուտքից: Բացի այդպիսի ընդհանուր գնահատումներից, հողերում ածխաջրածնային գազերի, ինչպես և յոդի որո-

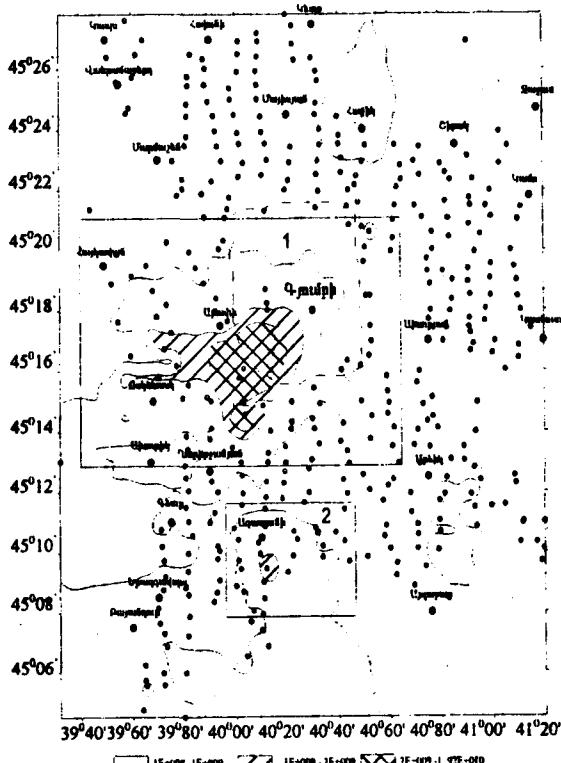
շումների արդյունքները անբավարար են ածխաջրածինների կոնկրետ հեռանկարային տեղամասերի տեղայնացման համար այն պատճառով, որ դրանք առաջացել են լայն գրման բաղադրամասերով, որոնք որոշակի ցուցանիշներ են ինչպես խորքում թաքնված հանքակուտակումների (սովորաբար միջին ուժգնության անկանոնություններ), այնպես էլ տեկտոնական խախտումների զոնաների: Վերջինները, որպես կանոն, ունեն առավելագույն ուժգնություն, դրանով իսկ ճնշելով առաջին (արդյունավետ) խմբի գործնականորեն առավել ուժգին անկանոնությունները և, հետևաբար, էապես դժվարացնելով դրանց իդենտիֆիկացումը և գնահատումը: Որոնողական աշխատանքների այդ բարդ հարցի լուծմանը էական օգնություն կարող է ցույց տալ մուլտիպլիկատույին լիբոներկրաքիմիական պսակների մեթոդը: Այդ առումով տվյալ թեմայի կատարման շրջանակներում պարզվել է, որ նշված պսակները զարգանում են բացառապես վերարդյունավետ ապարներում և այդ պատճառով կարող են օգտագործվել ածխաջրածնային թաքնված կուտակումների հեռանկարային տեղամասերի ֆիքսման համար: Նման դիտարկումների արդյունքում Շիրակի ճկվածքի սահմաններում առանձնացվել են երկու անկանոնություններ: Դրանցից առաջինը (նկ. 7), ըստ երկրաքիմիական տվյալների, առավել հեռանկարային է և արժանի է ավելի մանրամասն ուսումնասիրության: Այդ անկանոնությունը (1) իր զգայի մասով տեղաբաշխված է քաղաքաշինական տարածքում (Գյումրի քաղաքի հարավային ծայրամաս), որի պատճառով էլ նմուշարկված է նոր ցանցով: Այդ բացը կարելի է լրացնել հետագայում 1 կմ<sup>2</sup> տարածքում մինչև 10 մ խորության 1-2 կարճամտրած հորբատանցքներից նոր երկրաքիմիական նմուշարկումներով: Սա հենարավորություն կտա էապես բարձրացնելու հայտնաբերված անկանոնությունների նավթագազաքերության հեռանկարների զնահատման հուսալիությունը՝ շնորհիվ այն հանգամնքի, որ նախօրոք հանվում է մակերևությային վերնածին փոփոխությունների ազդեցությունը լիբոներկրաքիմիական անկանոնությունների վրա:

Մյուս հեռանկարային շրջանը, ինչպես երևում է նկ. 7-ից (2), լիկ եղագծված է, բայց հարավում և հարավ-արևելքում՝ պայմանականորեն: Այդ կապակցությամբ այս երկրորդ անկանոնության համար առաջարկվում է ենթահոդային փոփիր ապարների լրանմուշարկում, լրաեզրագծում, լիբոներկրա-



Նկ. 6: Յոյի անկանոնությունների քարտեզը:  
Նկ. 6: Յոյի անկանոնությունների քարտեզը:  
Նման դիտարկումների արդյունքում կարող են օգտագործվել ածխաջրածնային թաքնված կուտակումների հեռանկարային տեղամասերի ֆիքսման համար: Նման դիտարկումների արդյունքում Շիրակի ճկվածքի սահմաններում առանձնացվել են երկու անկանոնություններ: Դրանցից առաջինը (նկ. 7), ըստ երկրաքիմիական տվյալների, առավել հեռանկարային է և արժանի է ավելի մանրամասն ուսումնասիրության: Այդ անկանոնությունը (1) իր զգայի մասով տեղաբաշխված է քաղաքաշինական տարածքում (Գյումրի քաղաքի հարավային ծայրամաս), որի պատճառով էլ նմուշարկված է նոր ցանցով: Այդ բացը կարելի է լրացնել հետագայում 1 կմ<sup>2</sup> տարածքում մինչև 10 մ խորության 1-2 կարճամտրած հորբատանցքներից նոր երկրաքիմիական նմուշարկումներով: Սա հենարավորություն կտա էապես բարձրացնելու հայտնաբերված անկանոնությունների նավթագազաքերության հեռանկարների զնահատման հուսալիությունը՝ շնորհիվ այն հանգամնքի, որ նախօրոք հանվում է մակերևությային վերնածին փոփոխությունների ազդեցությունը լիբոներկրաքիմիական անկանոնությունների վրա:

Քիմիական անկանոնությունների գնահատում և վերը նշված ցանցով հետազա կարձամետրած հորատանցքերի անցում: Բացահայտված և հեռանկարյային համարվող երկու մոլուստիպիկատային անկանոնությունների մանրամասն նմուշահանման հետ միաժամանակ նաև մանրամասն լիրուրկարգիմիական նմուշահանում (կարճամետրած հորատմամբ) նաև այն տեղամասերում, որոնք համարվում երկրաբանական, երկրաֆիզիկական վերլուծության արդյունքների հիման վրա ուսումնասիրվող տարածքում համարվում են հեռանկարային:



Նկ. 7: Մի շարք միկրոտարրերի (B, P, Ag, Mo, Ba, Zn) լիրուրկարգիմիական բարտեզք:

Նեյսմիկ աշխատանքների ընթացքում կազմվել են 5 ժամանակային ալրոֆիլներ (մկվածքի լայնությամբ և երկարությամբ), առանձնացվել են 4 սեյսմիկ հորիզոններ՝ կապված վերին ալիոցեն-չորրորդականի և վերին միոցենի ապարների հետ, ինչպես նաև միջին էոցենի և վերին կավճի գոյացությունների առաստաղի հետ: Երկրաֆիզիկական տվյալներով արձանագրված է երկրակեղեղի նատվածքային շերտերի հաստությունների աճ մկվածքի արևելքից արևմուտք և հարավից հյուսիս ուղղություններով, մկվածքի հյուսիսային և հարավային մասերում բացահայտված են խորքային խզվածքների լայնական գոնաներ: Սեյսմիկ ալիքների անդրադառնությը առավել լավ արտահայտված է էոցենի մակերեսությից, ստացված տվյալները համընկնում են Լենինական-35 և Ախուրիկ-1 հորատանցքերի կտրվածքների տվյալների հետ: Սեյսմիկ արոֆիլների անդրադառնությունն ընդգրկել են մինչև 3 կմ խորությունները, որոնք բավարար չեն խորքային կառուցվածքի բացահայտման համար, քանզի կավիճ-պալեոգենի ծալքավոր համակարգը ընդգրկում է մինչև 4-5 կմ խորությունները: Ծկվածքի կենտրոնական ամենախոր հատվածում անջատված է հյուսիսարևելյան ուղղության ներ սինկլինալ ծալք, իսկ հարավային բարձրացված տեղամասում, որը համընկնում է երկրաբիմիական անկանոնությունների հետ, էոցենի առաստաղի անդրադառնությունով:

նշմարվում են մի քանի անտիկլինալանման բարձրացումներ, որոնք կարող են հանդիսանալ նավքի ծուղակներ:

Եզրակացություն: Համալիր երկրաբանական, երկրաքիմիական և երկրաֆիզիկական ուսումնասիրությունները չեն բացառում Շիրակի ճկվածքի սահմաններում 1–5 կմ խորություններում տեղադրված վերին կավիճ-պալեոգենի կտրվածքում ածխաջրածնային կուտակումների առկայությունը: Կոնյակի, պալեոցեն-սոտրին էոցենի և միջին էոցենի ստորին մասի կտրվածքներում բացահայտված են տերրիգեն, տերրիգեն-կարբոնատային և տոլֆանստվածքային ապարներից կազմված հնարավոր նավքարեր շերտախմբեր (մոտ 1200 մ մեջիանուր հաստությամբ), նավքային ծուղակներ (4–6 բրախիանտիկլինալիներ), կուտակիչ ապարների հորիզոններ (մինչև 15–20 մ հաստությամբ): Առանձնացված են երկու երկրաքիմիական անկանոնություններ Գյումրի քաղաքից արևմուտք՝ Ախուրյան գետի առափնյա մասերում, և ճկվածքի հարավարևմտյան եզրին, որոնք դիտարկվում են որպես նավքաբերության տեսակետից առավել հետաքրքրություն ունեցող տարածքներ: Առաջարկվում է այդ տարածքներում իրականացնել մանրամասն երկրաբանական, ավելի խիտ ցանցով պրոֆիլային սեյսմահետախուզական (սեյսմաշերտագրական) ուսումնասիրություններ և խորքային (10–15 մ) զազաերկրաքիմիական ու լիթոերկրաքիմիական նմուշարկում: Նշված աշխատանքները ավելի հուսալի տվյալներ կարող են տալ ընդերքում նավքի կուտակումների առկայության և դրանց հեռանկարների գնահատման համար: Ճկվածքի հյուսիսարևմտյան մասում՝ Ախուրյանի աջափնյակում, համալիր ուսումնասիրություններ կատարելու համար առաջարկվում է նոր տեղամաս:

ԵՊՀ պատմական և ռեգիոնալ երկրաբանության ամբիոն,  
ՀԳԱԱ երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտ

Մուացվել է 23.06.2006

#### ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Саркисян О.А. Палеоген Севан-Ширакского синклиниория. Еր.: Митк, 1966, 175 с.
2. Սարգսյան Հ.Հ. Հայաստանի ռեգիոնալ երկրատեսվողներ։ Եր.: ԵՊՀ հրատարակություն, 1989, 275 էջ։
3. Акопян В.Т. Биостратиграфия верхнемеловых отложений Арм. ССР. Ер.: Изд-во АН АРМ. ССР, 1978, 287 с.
4. Григорян Б.В. – Изв. НА РА, Науки о Земле, 2005, LVIII, № 1, с. 36–40.
5. Аванесян А.С., Саркисян О.А. – Ученые записки ЕГУ, 1999, № 2, с. 105–114.

О. А. САРКИСЯН, С. В. ГРИГОРЯН, М. А. ГРИГОРЯН, Э.Х. ХАРАЗЯН, А. С. АВАНЕСЯН  
ПЕРСПЕКТИВЫ ВОЗМОЖНОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ШИРАКСКОГО  
ПРОГИБА (РЕСПУБЛИКА АРМЕНИЯ)

#### Резюме

В пределах Ширакского прогиба на основании комплексных геологических, геохимических и геофизических исследований выявлены возможно нефтеносные свиты, нефтяные структурные ловушки, горизонты

коллекторов, геохимические аномалии. Указаны участки, представляющие наибольший интерес с точки зрения нефтеносности. Обсуждается также необходимость проведения на этих участках детальных исследований, в результате которых будут получены более достоверные данные для оценки перспектив нефтегазоносности Ширакского прогиба.

H. H. SARGSYAN, S. V. GRIGORYAN, M. A. GRIGORYAN, E. Kh. KHARAZYAN,  
A. S. AVANESSYAN

## PERSPECTIVES OF POSSIBLE EXISTENCE OF OIL AND GAS RESERVES IN SHIRAK DEPRESSION (REPUBLIC OF ARMENIA)

### Summary

Possibly oil consisting suites, oil bringing «traps», layers of oil collectors and some geochemical anomalies have been discovered in Shirak depression on the basis of joint geological, geochemical and geophysical investigations. In this article we have referred to areas, which might be of more interest from the point of having possible oil reserves. Besides we discuss the necessity carrying out more detailed investigations on the mentioned areas, which can result in maintaining more detailed facts for the further estimation of the perspectives of the possible existence of oil and gas reserves in Shirak depression.

*Математика*

УДК 517.984.5

А. А. АСАТՐՅԱՆ, И. Г. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

**РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ КОРТЕВЕГА-ДЕ ФРИЗА МЕТОДОМ  
ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ РАССЕЯНИЯ**

Рассматривается задача Коши для нелинейного уравнения Кортевега-де Фриза при начальном условии, заданном функцией, имеющей определенное поведение на бесконечности. Описывается построение решения этой задачи методом обратной задачи рассеяния в предположении, что оно существует и имеет в бесконечности такое же поведение, что и функция при начальном условии.

Рассмотрим уравнение Кортевега-де Фриза (описывающее движение волн в неглубокой воде)

$$\frac{\partial v}{\partial t} - 6v \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial^3 v}{\partial x^3} = 0 \quad (1)$$

относительно функции  $v(x, t)$  ( $x, t \in \mathbb{R}$ ) при условии

$$v(x, 0) = v_0(x), \quad (2)$$

где функция  $v_0(x)$  является трижды непрерывно дифференцируемой функцией и удовлетворяет соотношениям

$$v_0(x) = a^\pm + o(1) \quad (x \rightarrow \pm\infty \text{ соответственно}), \quad (3)$$

$$\int_{-\infty}^0 (1-x) |v_0(x) - a^-| dx + \int_0^\infty (1+x) |v_0(x) - a^+| dx < \infty \quad (4)$$

с некоторыми вещественными постоянными  $a^+, a^-$ .

Предположим, что задача (1), (2) имеет решение  $v(x, t)$ , которое при каждом  $t$  удовлетворяет соотношениям

$$v(x, t) = a^\pm + o(1) \quad (x \rightarrow \pm\infty \text{ соответственно}), \quad (5)$$

$$\frac{\partial v(x, t)}{\partial x} = o(1) \quad (|x| \rightarrow \infty), \quad (6)$$

$$\int_{-\infty}^0 (1-x) |v(x, t) - a^-| dx + \int_0^\infty (1+x) |v(x, t) - a^+| dx < \infty. \quad (7)$$

Кроме того, будем предполагать, что для любого  $t \in \mathbb{R}$  существуют положительные числа  $\delta, \Delta$  и функция  $f \in L^1(\mathbb{R})$  такие, что

$$|v(x, t) - a^+| \leq f(x) (|t - \tau| < \delta, x > \Delta), \quad (8)$$

$$|v(x, t) - a^-| \leq f(x) (|t - \tau| < \delta, x < -\Delta), \quad (9)$$

$$\left| \frac{\partial v(x, t)}{\partial t} \right| \leq f(x) (|t - \tau| < \delta, |x| > \Delta). \quad (10)$$

В настоящей работе описывается построение решения  $v(x, t)$  методом обратной задачи рассеяния. Для случая  $a^+ = a^- = 0$  подобные исследования были проведены в [3, 4].

Пусть  $v(x, t)$  – функция, которая имеет непрерывные частные производные  $\frac{\partial v}{\partial x}, \frac{\partial^2 v}{\partial x^2}, \frac{\partial^3 v}{\partial x^3}, \frac{\partial v}{\partial t}$  и при каждом фиксированном значении  $t$  удовлетворяет условиям (5)–(10). Обозначим  $\mu_1 = \min\{a^+, a^-\}$ ,  $\mu_2 = \max\{a^+, a^-\}$ ,  $\lambda_j^\pm(\mu) = (-1)^{j-1} \sqrt{\mu - a^\pm}$  ( $\mu \in \mathbb{C}$ ;  $j = 1, 2$ ; для корня берется главное значение).

Рассмотрим дифференциальное уравнение

$$-\frac{d^2 y}{dx^2} + v(x, t)y = \mu y \quad (11)$$

относительно функции  $y(x)$ . Как известно (см. [1, 2]), для каждого  $t \in \mathbb{R}$  и  $\mu \in \mathbb{C} \setminus \{a^+, a^-\}$  уравнение (11) имеет две фундаментальные системы решений:  $y_1^+(x, t, \mu), y_2^+(x, t, \mu)$  и  $y_1^-(x, t, \mu), y_2^-(x, t, \mu)$ , для которых при  $x \rightarrow \pm\infty$  соответственно выполняются асимптотические равенства

$$y_j^\pm(x, t, \mu) = e^{i x \lambda_j^\pm(\mu)} [1 + o(1)], \quad j = 1, 2,$$

$$\frac{\partial y_j^\pm(x, t, \mu)}{\partial x} = i \lambda_j^\pm(\mu) e^{i x \lambda_j^\pm(\mu)} [1 + o(1)], \quad j = 1, 2.$$

При этом для каждого отрезка  $[t_0, t_1] \subset \mathbb{R}$  решения  $y_j^\pm(x, t, \mu)$ ,  $j = 1, 2$ , можно выбирать так, чтобы существовали частные производные

$$\frac{\partial^{i+k} y_j^\pm(x, t, \mu)}{\partial t^i \partial x^k}, \frac{\partial^{i+k} y_j^\pm(x, t, \mu)}{\partial x^k \partial t^i} \quad (0 \leq i \leq 1, 0 \leq k \leq 2, 1 \leq i+k \leq 3),$$

которые вместе с  $y_j^\pm(x, t, \mu)$  непрерывны по совокупности переменных  $x, t$ .

Кроме того, при  $x \rightarrow \pm\infty$  справедливы асимптотические равенства

$$\frac{\partial y_j^\pm(x, t, \mu)}{\partial t} = o\left(e^{i x \lambda_j^\pm(\mu)}\right), \quad j = 1, 2.$$

Для каждого  $t \in \mathbb{R}$  обозначим через  $L_t$  действующий в  $L^2(\mathbb{R})$  самосоп-

ряженный дифференциальный оператор, порожденный дифференциальным выражением  $-\frac{d^2y}{dx^2} + v(x,t)y$  (см. [1, 2]). Согласно [1], непрерывный спектр операторов  $L$ , совпадает с полуосью  $[\mu_1, \infty)$  и, следовательно, не зависит от параметра  $t$ .

Следуя [4], стр. 288, оператор  $S_\mu : C^1(\mathbb{R} \times [t_0, t_1]) \rightarrow C(\mathbb{R} \times [t_0, t_1])$  для  $\mu \in \mathbb{C}$  определим формулой

$$S_\mu = \frac{\partial}{\partial t} - 2[v(x,t) + 2\mu] \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial v(x,t)}{\partial x}.$$

Важным свойством оператора  $S_\mu$  является то, что функции  $S_\mu y_j^+(x,t,\mu)$ ,  $j=1,2$ , по переменной  $x$  являются решениями уравнения (11) тогда и только тогда, когда функция  $v(x,t)$  удовлетворяет уравнению Кортевега–де Фриза.

*Лемма.* Если функция  $v$  удовлетворяет уравнению Кортевега–де Фриза, то точечный спектр оператора  $L$ , не зависит от параметра  $t$ .

Пусть  $v(x,t)$  – решение уравнения Кортевега–де Фриза. Согласно результатам работы [2], при вышеуказанных условиях для оператора  $L$ , вводятся правые данные рассеяния

$$\{T, N^+(t, \mu) \ (\mu \in T), S^+(t, \mu) \ (\mu \in (\mu_1, \mu_2) \cup (\mu_2, \infty))\}, \quad (12)$$

где  $T$  – точечный спектр операторов  $L$ , который в силу леммы 2 не зависит от  $t$ ,  $N^+(t, \mu)$ ,  $\mu \in T$ , – положительные постоянные, а  $S^+(t, \mu)$  – матрица рассеяния, которая является квадратной матрицей 1-го порядка при  $a^- < \mu < a^+$  и квадратной матрицей 2-го порядка при  $a^+ < \mu < a^-$  и  $\mu \in (\mu_2, \infty)$ . Отметим также, что  $S^+(t, \mu)$  – неотрицательная матрица, причем в случаях  $a^+ < \mu < a^-$  и  $\mu \in (\mu_2, \infty)$  имеем

$$S_{11}^+(t, \mu) = S_{22}^+(t, \mu) = \lambda_1'(\mu), \quad t \in \mathbb{R}, \quad (13)$$

так что в этих случаях матрица  $S^+(t, \mu)$  полностью определяется элементом  $S_{12}^+(t, \mu)$  (см. [2]).

*Теорема.* Если функция  $v(x,t)$  удовлетворяет уравнению Кортевега–де Фриза, то справедливы следующие утверждения:

1) если  $\mu \in T$ , то

$$N^+(t, \mu) = N^+(0, \mu) e^{-4(a^+ + 2\mu)|\lambda_1'(\mu)|}; \quad (14)$$

2) если  $a^- < \mu < a^+$ , то

$$S^+(t, \mu) = S^+(0, \mu) e^{-4(a^+ + 2\mu)|\lambda_1'(\mu)|}; \quad (15)$$

3) если  $a^+ < \mu < a^-$  или  $\mu \in (\mu_2, \infty)$ , то

$$S_{12}^+(t, \mu) = S_{12}^+(0, \mu) e^{-4i(a^+ + 2\mu)\lambda_1^+(\mu)t}. \quad (16)$$

Для случая  $a^+ = a^- = 0$  лемма и теорема доказаны в [4], а для общего случая доказательство аналогично. При этом важную роль играет вышесказанный факт о том, что функции  $S_\mu y_j^+(\cdot, \cdot, \mu)$ ,  $j=1, 2$ , являются решениями уравнения (11).

Для решения задачи (1), (2) сначала по заданной функции  $v_0(x) = v(x, 0)$  найдем данные рассеяния  $\{T, N^+(0, \mu), \mu \in T, S^+(0, \mu) \mid \mu \in (\mu_1, \mu_2) \cup (\mu_2, \infty)\}$  оператора  $L_0$ . Далее, по формулам (14)–(16) находим данные рассеяния (12) оператора  $L_t$ . С помощью этих данных построим функцию

$$\begin{aligned} \tilde{F}^+(x, \xi, t) = & \sum_{\mu \in T} \frac{N^+(t, \mu)}{\left| \lambda_1^+(\mu) \right|^2} \left( e^{ix\lambda_1^+(\mu)} - 1 \right) \left( e^{i\xi\lambda_1^+(\mu)} - 1 \right) + \\ & + \frac{1}{2\pi} \int_{\mu_1}^{\infty} \sum_{\nu, j=1}^{1+r^+(\mu)} \frac{S_{j\nu}^+(t, \mu)}{\lambda_\nu^+(\mu) \overline{\lambda_j^+(\mu)}} \left( e^{ix\lambda_\nu^+(\mu)} - 1 \right) \left( e^{i\xi\lambda_j^+(\mu)} - 1 \right) d\mu - \omega(x, \xi), \quad x, \xi, t \in \mathbb{R}, \end{aligned}$$

где

$$\omega(x, \xi) = \begin{cases} \min\{|x|, |\xi|\}, & x\xi \geq 0; \\ 0, & x\xi < 0; \end{cases}$$

а  $r^+(\mu)$  означает половину количества вещественных корней уравнения  $\lambda^2 + a^+ = \mu$ . Согласно результатам работы [2], существует непрерывная по совокупности переменных  $x, \xi$  производная  $F^+(x, \xi, t) = \frac{\partial^2 \tilde{F}^+(x, \xi, t)}{\partial x \partial \xi}$ . При фиксированных  $x, t \in \mathbb{R}$  рассмотрим интегральное уравнение

$$K(\xi) + F^+(x, \xi, t) + \int_x^\infty K(s) F^+(s, \xi, t) ds = 0 \quad (-\infty < x \leq \xi < \infty)$$

относительно функции  $K(\xi)$ . Это уравнение имеет единственное решение  $K^+(x, \xi, t)$  в любом из классов  $L^p(x, \infty)$ ,  $1 \leq p \leq \infty$ , и с помощью функции  $K^+(x, \xi, t)$  решение  $v(x, t)$  уравнения Кортевега–де Фриза определяется по формуле  $v(x, t) = a^+ - 2 \frac{d}{dx} K^+(x, x, t)$ , где постоянная  $a^+$ , как это следует из (3), находится по формуле  $a^+ = \lim_{x \rightarrow \infty} v_0(x)$ .

Из вышесказанного следует единственность рассматриваемого решения  $v(x, t)$ . Очевидно, вопрос существования решения задачи (1), (2) сводится

к следующему: являются ли полученные величины  $T$ ,  $N^+(t, \mu)$  ( $\mu \in T$ ),  $S^+(t, \mu)$  ( $\mu \in (\mu_1, \mu_2) \cup (\mu_2, \infty)$ ) правыми данными рассеяния для оператора  $L$ , с коэффициентом  $v(x, t)$ , удовлетворяющим условиям (5)–(10)? Однако его решение связано с определенными трудностями. Отметим, что для случая  $a^+ = a^- = 0$  подобное исследование проведено в [4].

Кафедра дифференциальных уравнений

Поступила 31.03.2006

## ЛИТЕРАТУРА

1. Петросян А.Г. – Ученые записки ЕГУ, 2003, № 3, с. 8–15.
2. Асатрян А.А. – Известия НАН Армении. Математика, 2005, т. 40, № 2, с. 15–28.
3. Gardner G., Green J., Kruskal M., Miura R. – Phys. Rev. Letters, 1967, v. 19, p. 1095–1098.
4. Марченко В.А. Операторы Штурма–Лиувилля и их приложения. Киев: Наукова думка, 1977.

Հ. Ա. ԱՍԱՏՐՅԱՆ, Ի. Գ. ԽԱՇԱՏՐՅԱՆ

ԿՈՐՏԵՎԵԳԻ–ԴԸ ՖՐԻԶԻ ՀԱՎԱՍԱՐՄԱՆ ԼՈՒԾՈՒՄԸ ՑՐՄԱՆ  
ՀԱԿԱԴՐՉ ԽՆԴՐԻ ՄԵԹՈԴՈՎ

## Ամփոփում

Կորտևեգի–դը Ֆրիզի հավասարման համար դիտարկվում է անվերջությունում որոշակի վարք ունեցող ֆունկցիայով տրվող սկզբնական պայմանով Կոչու խնդիր: Ցրման հակադրծ խնդրի մերույթ նկարագրվում է Կոչու խնդրի լուծման կառուցումը այն ենթադրությամբ, որ լուծումը գոյություն ունի և անվերջությունում օժտված է նույն վարքով, ինչով օժտված է սկզբնական պայմանում հանդես եկող ֆունկցիան:

H. A. ASATRYAN, I. G. KHACHATRYAN

## SOLUTION OF THE KORTEWEG–DE VRIEZ EQUATION BY THE METHOD OF INVERSE SCATTERING PROBLEM

### Summary

Cauchy's problem for the nonlinear Korteweg–de Vriez equation is considered with the initial condition given by function, having certain behaviour at infinity. Construction of the solution of this problem by the method of the inverse scattering problem is described provided that the solution exists and has the same behaviour at infinity, as the initial data.

*Математика*

УДК 517.948.25

Г. Г. СААКЯН

**О ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОМ УРАВНЕНИИ  
ДЛЯ ДВУПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МАТРИЧНОГО УРАВНЕНИЯ**

В работе определяется характеристическая функция для матриц, позволяющая получить удобный для исследования вид характеристического уравнения для двупараметрического матричного уравнения.

Возникающие в математической физике двупараметрические задачи представляют собой особый интерес. Основные исследования в этой области связаны с выяснением спектральных свойств задачи (см., напр., [1, 2]).

В данной работе рассматривается двупараметрическое матричное уравнение

$$Ty = \lambda Ay + \mu By, \quad (1)$$

где  $T, A$  и  $B$  – вещественные матрицы порядка  $n \times n$ ,  $y(x) = \begin{pmatrix} y_1(x) \\ y_2(x) \\ \dots \\ y_n(x) \end{pmatrix}$  –

$n$ -компонентная  $C^n$ -значная искомая вектор-функция,  $\lambda$  и  $\mu$  – комплексные параметры.

Для исследования уравнения (1) могут оказаться полезными утверждения, приводимые в нижеизлагаемых лемме и теореме.

*Определение 1.* Функция  $G(A_1, A_2, \dots, A_n)$  от матриц  $A_1, A_2, \dots, A_n$  называется  $n$ -линейной функцией ( $n$ -линейной формой), если  $G(A_1, A_2, \dots, A_n)$  есть линейная функция по каждому из аргументов  $A_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) при фиксированных остальных аргументах  $A_j$ ,  $j \neq i$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ).

Для удобства дальнейшего изложения будем пользоваться следующими обозначениями:

$$G(n(A_1 + A_2 + \dots + A_n)) = G(\underbrace{A_1 + A_2 + \dots + A_n}_{n}, \dots, A_1 + A_2 + \dots + A_n),$$

$$G(k_1 A_1, k_2 A_2, \dots, k_i A_i) = G(\underbrace{A_1, \dots, A_1}_{k_1}, \underbrace{A_2, \dots, A_2}_{k_2}, \dots, \underbrace{A_i, \dots, A_i}_{k_i}),$$

причем в случае равенства одного из чисел  $k_j$  ( $j=1, 2, \dots, i$ ) нулю будем считать, что соответствующий ему аргумент просто отсутствует (напр., под  $G(0 \cdot A_1, k_2 A_2, \dots, k_i A_i)$  будем понимать  $G(k_2 A_2, \dots, k_i A_i)$ ).

Непосредственным вычислением нетрудно убедиться в том, что верна

*Лемма. Всякую  $n$ -линейную симметричную форму  $G(A_1, A_2, \dots, A_n)$ , определенную на множестве  $n$ -мерных матриц ( $A_i \in M^{n,n}, i = 1, 2, \dots, n$ ), можно представить в виде*

$$G(A_1, A_2, \dots, A_n) = \frac{\sum_{k=1}^n \sigma_k \sum_{1 \leq i_1 < i_2 < \dots < i_k \leq n} G(n(A_{i_1} + A_{i_2} + \dots + A_{i_k}))}{n!}, \quad (2)$$

где числовые множители  $\sigma_k$  определяются из следующих рекуррентных соотношений:  $\sigma_1 = (-1)^{n-1}$ ,  $\sigma_k = -\sigma_{k-1}$  ( $k = 2, 3, \dots, n$ ).

В частности, приняв

$$G(nA) = \underbrace{G(A, A, \dots, A)}_n = \det A$$

и учитывая свойство определителей, нетрудно показать, что в качестве симметричной  $n$ -линейной формы, определенной на множестве  $n$ -мерных матриц, можно рассматривать форму

$$G(A_1, A_2, \dots, A_n) = \frac{\sum_{k=1}^n \sigma_k \sum_{1 \leq i_1 < i_2 < \dots < i_k \leq n} \det(A_{i_1} + A_{i_2} + \dots + A_{i_k})}{n!} \quad (3a)$$

или

$$G(A_1, A_2, \dots, A_n) = \frac{1}{n!} \sum \sigma \cdot (a_{i_1 j_1} \cdot a_{i_2 j_2} \cdots \cdot a_{i_n j_n}), \quad (3b)$$

где  $\sigma = \text{sign}(i_1, i_2, \dots, i_n) \cdot \text{sign}(j_1, j_2, \dots, j_n)$ ,  $i_k, j_k = 1, 2, \dots, n$ , причем элементы  $a_{i_1 j_1}, a_{i_2 j_2}, \dots, a_{i_n j_n}$  выбираются из различных матриц и строк.

Заметим, что в случае трехмерных матриц соотношения (3a) и (3b) соответственно будут иметь вид:

$$\begin{aligned} G(A, B, C) &= \\ &= \frac{\det(A + B + C) - \det(A + B) - \det(A + C) - \det(B + C) + \det A + \det B + \det C}{3!}, \end{aligned} \quad (4a)$$

$$G(A, B, C) = \quad (4b)$$

$$= \frac{1}{3!} \sum_{\substack{i, j, k=1 \\ i \neq j \neq k}}^3 \sigma(i, j, k) (a_{1i} b_{2j} c_{3k} + a_{1i} c_{2j} b_{3k} + b_{1i} a_{2j} c_{3k} + c_{1i} a_{2j} b_{3k} + b_{1i} c_{2j} a_{3k} + c_{1i} b_{2j} a_{3k}).$$

*Определение 2. Если при  $(\lambda, \mu) \in C^2$ ,  $(\lambda, \mu) \neq (0, 0)$ , уравнение (1) имеет ненулевое решение, то  $(\lambda, \mu)$  называется собственным значением уравнения*

(1), а соответствующее решение  $y(x)$  – собственной функцией уравнения (1), соответствующей собственному значению  $(\lambda, \mu)$ .

Для определения собственных значений уравнения (1) особую роль играет *характеристическое уравнение*, которое (см. [3]) можно записать в виде

$$\det(T - \lambda A - \mu B) = 0. \quad (5)$$

Имеет место

*Теорема.* Характеристическое уравнение (5) в случае  $n$ -мерных матриц  $A, B$  и  $T$  можно представить в виде

$$\sum_{\substack{m,k=0 \\ m+k \leq n}}^n (-1)^{k+m} C_n^k C_m^{n-k} \lambda^k \mu^m G(kA, mB, (n-k-m)T) = 0. \quad (6)$$

Доказательство следует из равенства

$$\det(T - \lambda A - \mu B) = G(n(T - \lambda A - \mu B)) = 0$$

и  $n$ -линейности формы  $G(A_1, A_2, \dots, A_n)$ .

В частности характеристическое уравнение (5) в случае  $A, B, T \in M^{3,3}$  запишется в виде

$$-\lambda^3 G(A, A, A) - 3\lambda^2 \mu G(A, A, B) - 3\lambda \mu^2 G(A, B, B) - \mu^3 G(B, B, B) + 3\lambda^2 G(A, A, T) + 3\mu^2 G(B, B, T) + 6\lambda \mu G(A, B, T) - 3\lambda G(A, T, T) - 3\mu G(B, T, T) + G(T, T, T) = 0,$$

где  $G(A, B, C)$  определяется соотношением (4a).

Арцахский государственный

Поступила 07.11.2005

## ЛИТЕРАТУРА

1. Binding P.A., Browne P.J. Spectral properties of two parameter eigenvalue problems, II. Proc. R. Soc. Edinburg, 1987, v. 106A, p. 39–51.
2. Browne P.J. – Ordinary and Partial Differential Equations, 1989, v. II, p. 52–60.
3. Саакян Г.Г.-Կրոպյուն և զիտովյուն Արցախում, 2005, № 1–2, с. 152–155.
4. Гельфанд И.М. Лекции по линейной алгебре. М.: Наука, 1971.
5. Edwards C.H., David E.P. Elementary Linear Algebra. New Jersey, 1988.

## Գ.Հ. ՍԱՀԱԿՅԱՆ

ԵՐԿՊԱՐԱՍԵՏՐԱՆՈՑ ՄԱՏՐԻՑԱՅԻՆ ՀԱՎԱՍԱՐՄԱՆ ԲՆՈՒԹԱԳՐԻՉ  
ՀԱՎԱՍԱՐՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

## Ամփոփում

Աշխատանքում մատրիցների համար սահմանվում է բնութագրիչ ֆունկցիա, որը թույլ է տալիս երկպարամետրանոց մատրիցային հավասարման

համար ստանալ այնպիսի քննութագրիչ հավասարում, որը հետազոտման համար հարմար տեսք կունենա:

G. H. SAHAKYAN

ABOUT CHARACTERISTIC EQUATION FOR TWO-PARAMETER  
MATRIX EQUATION

Summary

In the work one characteristic function is defined for matrix, which allows to get comfortable form to study the characteristic equation for two-parameter matrix equation.

Механика

УДК 539.3

В. М. БЕЛУБЕКЯН, М. В. БЕЛУБЕКЯН

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЭЛЕКТРОУПРУГИЕ СДВИГОВЫЕ ВОЛНЫ  
В ПЬЕЗОАКТИВНОЙ СИСТЕМЕ СЛОЙ-ПОЛУПРОСТРАНСТВО

Рассматривается пьезоактивное упругое полупространство с пьезоактивным покрытием. Материалы полупространства и слоя являются пьезоэлектриками класса бтмм с различными свойствами. Касательные напряжения между пьезоэлектриками принимаются равными нулю. Взаимодействие сдвиговых волн в слое и полупространстве обуславливается непрерывностью электрического поля на границе их раздела. Получено условие существования поверхностных волн. Установлена возможность существования двух волн типа Гулляева–Блюстейна.

1. Большое количество работ посвящено исследованию сдвиговых поверхностных электроупругих волн в системе слой–полупространство, когда материалы либо слоя, либо полупространства пьезоактивны (напр. [1, 2]). Имеются также работы, посвященные исследованию сдвиговых волн, локализованных вдоль границы двух пьезоэлектрических полупространств [3–5]. В [6] приводится решение задачи типа Лява, когда слой и полупространство состоят из различных пьезоэлектрических материалов, обладающих кубической симметрией.

В настоящей работе предполагается, что и слой, и полупространство пьезоактивны, но касательные напряжения между ними равны нулю, что приводит к возможности движения слоя относительно полупространства [7].

В прямоугольной декартовой системе координат  $(x, y, z)$  полупространство занимает область  $-\infty < x < \infty, 0 \leq y < \infty, -\infty < z < \infty$ , слой – область  $-\infty < x < \infty, -h \leq y < 0, -\infty < z < \infty$ . Предполагается, что материалы слоя и полупространства принадлежат к различным пьезоэлектрикам класса бтмм. Уравнения чисто сдвиговых волн (антиплоская задача) имеют вид [8, 9]:

$$a_i^2 \Delta w_i = \frac{\partial^2 w_i}{\partial t^2}, \quad \Delta \psi_i = 0, \quad i=1, 2. \quad (1.1)$$

Здесь  $i=1$  относится к области, занимаемой полупространством,  $i=2$  – к слою.

$$a_i^2 = \frac{\tilde{C}_{44}^{(i)}}{\rho_i}, \quad \tilde{C}_{44}^{(i)} = C_{44}^{(i)}(1 + \chi_i), \quad \chi_i = \frac{[e_{15}^{(i)}]^2}{\epsilon_i C_{44}^{(i)}}, \quad \psi_i = \phi_i - \frac{e_{15}^{(i)}}{\epsilon_i} w_i, \quad (1.2)$$

где  $w_i$  – упругие перемещения,  $\varphi_i$  – электрические потенциалы,  $C_{44}^{(i)}$  – модули сдвига,  $\chi_i$  – коэффициенты электромеханической связи полупространства и слоя,  $\psi_i$  – неизвестная потенциальная функция.

Условия контакта между слоем и полупространством задаются в виде:

$$\sigma_{23}^{(1)} = \sigma_{23}^{(2)} = 0, \quad \varphi_1 = \varphi_2, \quad D_2^{(1)} = D_2^{(2)} \quad \text{при } y = 0, \quad (1.3)$$

где  $\sigma_{23}^{(i)}$  – касательные напряжения,  $D_2^{(i)}$  – нормальные компоненты индукции электрического поля. Предполагается, что на свободной поверхности слоя имеют место условия:

$$\sigma_{23}^{(2)} = 0, \quad \varphi_2 = 0 \quad \text{при } y = -h. \quad (1.4)$$

Требуется найти решения уравнений (1.1), удовлетворяющие граничным условиям (1.3), (1.4) и следующим условиям затухания:

$$\lim_{y \rightarrow \infty} w_1 = 0, \quad \lim_{y \rightarrow \infty} \psi_1 = 0. \quad (1.5)$$

$$\text{Введем обозначения: } \eta^2 = \frac{\omega^2}{k^2 a_1^2}, \quad \theta^2 = \frac{a_1^2}{a_2^2}.$$

Общее решение уравнений (1.1) в виде гармонических волн для полупространства ( $i = 1$ ), удовлетворяющее условиям затухания (1.5), получается в виде

$$\begin{aligned} w_1 &= A_1 \exp\left(-k\sqrt{1-\eta^2} y\right) \exp i(\omega t - kx), \\ \psi_1 &= B_1 \exp(-ky) \exp i(\omega t - kx), \\ \varphi_1 &= \left[ B_1 \exp(-ky) + \frac{e_{15}^{(1)}}{\varepsilon_1} A_1 \exp\left(-k\sqrt{1-\eta^2} y\right) \right] \exp i(\omega t - kx) \end{aligned} \quad (1.6)$$

при условии

$$-1 < \eta < 1. \quad (1.7)$$

Общее же решение уравнения (1.1) для слоя ( $i = 2$ ) следующее:

$$\begin{aligned} w_2 &= \left[ A_2 \exp\left(k\sqrt{1-\theta^2\eta^2} y\right) + C_2 \exp\left(-k\sqrt{1-\theta^2\eta^2} y\right) \right] \exp i(\omega t - kx), \\ \psi_2 &= \left[ B_2 \exp(ky) + F \exp(-ky) \right] \exp i(\omega t - kx), \\ \varphi_2 &= \left[ B_2 \exp(ky) + F \exp(-ky) + \frac{e_{15}^{(2)}}{\varepsilon_2} \left[ A_2 \exp\left(k\sqrt{1-\theta^2\eta^2} y\right) + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + C_2 \exp\left(-k\sqrt{1-\theta^2\eta^2} y\right) \right] \right] \exp i(\omega t - kx). \end{aligned} \quad (1.8)$$

В (1.6)–(1.8)  $A_i$ ,  $B_i$ ,  $C_i$ ,  $F$  – произвольные постоянные.

2. Используя связи между напряжениями и индукцией электромагнитного поля с одной стороны, перемещениями и потенциалом с другой, граничные условия (1.3) и (1.4) приведем к виду

$$\tilde{C}_{44}^{(1)} \frac{\partial w_i}{\partial y} + e_{15}^{(1)} \frac{\partial \psi_i}{\partial y} = 0, \quad \varphi_1 = \varphi_2, \quad \varepsilon_1 \frac{\partial \psi_1}{\partial y} = \varepsilon_2 \frac{\partial \psi_2}{\partial y} \quad \text{при } y=0; \quad (2.1)$$

$$\tilde{C}_{44}^{(2)} \frac{\partial w_2}{\partial y} + e_{15}^{(2)} \frac{\partial \psi_2}{\partial y} = 0, \quad \varphi_2 = 0, \quad \text{при } y=-h. \quad (2.2)$$

Подстановка (1.6), (1.8) в граничные условия (2.1), (2.2) приводит к следующей системе однородных алгебраических уравнений относительно произвольных постоянных:

$$\begin{cases} \gamma_1 A_1 + \frac{e_{15}^{(1)}}{\tilde{C}_{44}^{(1)}} B_1 = 0, \\ -\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} B_1 = B_2 - F, \\ \gamma_2 (A_2 - C_2) + \frac{e_{15}^{(2)}}{\tilde{C}_{44}^{(2)}} (B_2 - F) = 0, \\ B_1 + \frac{e_{15}^{(1)}}{\varepsilon_1} A_1 = B_2 + F + \frac{e_{15}^{(2)}}{\varepsilon_2} (A_2 + C_2); \end{cases} \quad (2.3)$$

$$\begin{cases} \gamma_2 (A_2 e^{-\gamma_2 \zeta} - C_2 e^{\gamma_2 \zeta}) + \frac{e_{15}^{(2)}}{\tilde{C}_{44}^{(2)}} (B_2 e^{-\zeta} - F e^{\zeta}) = 0, \\ B_2 e^{-\zeta} + F e^{\zeta} + \frac{e_{15}^{(2)}}{\varepsilon_2} (A_2 e^{-\gamma_2 \zeta} + C_2 e^{\gamma_2 \zeta}) = 0, \end{cases} \quad (2.4)$$

где

$$\gamma_1 = \sqrt{1 - \eta^2}, \quad \gamma_2 = \sqrt{1 - \theta^2 \eta^2}, \quad \zeta = kh. \quad (2.5)$$

Из уравнений (2.3) постоянные  $A_2$  и  $C_2$  определяются посредством  $B_2$  и  $F$  следующим образом:

$$A_2 = -\frac{\varepsilon_2}{2e_{15}^{(2)}} [(1+R_1+R_2)B_2 + (1-R_1-R_2)F], \quad (2.6)$$

$$C_2 = -\frac{\varepsilon_2}{2e_{15}^{(2)}} [(1+R_1-R_2)B_2 + (1-R_1+R_2)F],$$

где

$$R_1 = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \left( 1 - \frac{\chi_1 \gamma_1^{-1}}{1 + \chi_1} \right), \quad R_2 = \frac{\chi_2 \gamma_2^{-1}}{1 + \chi_2}. \quad (2.7)$$

Подстановка (2.6) в систему (2.4) приводит к системе однородных алгебраических уравнений относительно произвольных постоянных  $B_2$  и  $F$ :

$$\begin{cases} [(1+R_1)sh\gamma_2\zeta - R_2ch\gamma_2\zeta + R_2e^{-\zeta}]B_2 + [(1-R_1)sh\gamma_2\zeta + R_2ch\gamma_2\zeta - R_2e^{\zeta}]F = 0, \\ [(1+R_1)ch\gamma_2\zeta - R_2sh\gamma_2\zeta - e^{-\zeta}]B_2 + [(1-R_1)ch\gamma_2\zeta + R_2sh\gamma_2\zeta - e^{\zeta}]F = 0. \end{cases} \quad (2.8)$$

Условие равенства нулю детерминанта системы (2.8) после некоторых преобразований приводится к виду

$$\Gamma(\eta, \zeta, \chi_i) \equiv \chi_2 \gamma_2^{-1} (1 + \chi_2)^{-1} [(ch\zeta + R_1 sh\zeta) ch\gamma_2 \zeta - R_2 sh\zeta sh\gamma_2 \zeta - 1] - \\ -(sh\zeta + R_1 ch\zeta) sh\gamma_2 \zeta + R_2 (ch\zeta ch\gamma_2 \zeta - 1) = 0. \quad (2.9)$$

3. Уравнение (2.9) в частном случае при  $\zeta \rightarrow \infty$  (волны локализованные у границы контакта двух полупространств [7]) распадается на два уравнения:

$$\Gamma_1(\eta, \infty, \chi_i) \equiv \frac{\varepsilon_2 \chi_1}{1 + \chi_1} \sqrt{1 - \theta^2 \eta^2} + \frac{\varepsilon_1 \chi_2}{1 + \chi_2} \sqrt{1 - \eta^2} - (\varepsilon_1 + \varepsilon_2) \sqrt{1 - \eta^2} \sqrt{1 - \theta^2 \eta^2} = 0, \quad (3.1)$$

$$\Gamma_2(\eta, \infty, \chi_i) \equiv \sqrt{1 - \theta^2 \eta^2} - \frac{\chi_2}{1 + \chi_2} = 0. \quad (3.2)$$

Уравнение (3.1) имеет одно действительное решение в промежутке  $0 < \eta^2 < 1$ , т.к.

$$\Gamma_1(0, \infty, \chi_i) \equiv \frac{\varepsilon_2 \chi_1}{1 + \chi_1} + \frac{\varepsilon_1 \chi_2}{1 + \chi_2} - (\varepsilon_1 + \varepsilon_2) < 0, \quad (3.3)$$

$$\Gamma_1(1, \infty, \chi_i) \equiv \frac{\varepsilon_2 \chi_1}{1 + \chi_1} \sqrt{1 - \theta^2} > 0, \quad \theta^2 < 1, \quad \frac{d\Gamma_1}{d\eta} > 0.$$

Уравнение же (3.2) имеет решение при условии

$$1 - \frac{\chi_2^2}{(1 + \chi_2)^2} < \theta^2 \leq 1. \quad (3.4)$$

В случае одинаковых материалов ( $\chi_1 = \chi_2 = \chi$ ,  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon$ ,  $\theta = 1$ ) корни уравнений одинаковые:

$$\eta^2 = 1 - \chi^2 (1 + \chi)^{-2}, \quad (3.5)$$

что совпадает с формулой для фазовой скорости волны Гуляева–Блюстейна. В длинноволновом приближении ( $\zeta^2 \ll 1$ ) уравнение (2.9) приводится к виду

$$\left[ \frac{\chi_2}{(1 + \chi_2)\gamma_2} - \gamma_2 \right] R_1 + \zeta \left[ \frac{\chi_2}{2(1 + \chi_2)\gamma_2} (1 + \gamma_2^2 - 2R_2\gamma_2) - \gamma_2 + \frac{R_2}{2} \right] = 0. \quad (3.6)$$

Если в уравнении (3.6) пренебречь также и членом со множителем  $\zeta$  ( $\zeta \ll 1$ ), то получится два корня. Первый корень

$$\eta^2 = 1 - \frac{\chi_1^2}{(1 + \chi_1)^2} \quad (3.7)$$

соответствует скорости волны Гуляева–Блюстейна для полупространства. Второй корень

$$\eta^2 = \theta^{-2} \left( 1 - \frac{\chi_2}{1 + \chi_2} \right). \quad (3.8)$$

будет удовлетворять условию затухания (1.7), если

$$\theta^2 > 1 - \frac{\chi_2}{1 + \chi_2}. \quad (3.9)$$

В частности для выполнения условия (3.9) достаточно, чтобы  $\theta_2 > 1$ , что аналогично условию существования волны Лява (материал слоя «мягче» мате-

риала полупространства). Из сравнения (3.7) и (3.8), когда слой и полупространство в частном случае из одинаковых материалов ( $\theta = 1$ ,  $\chi_1 = \chi_2$ ), следует, что волна, соответствующая корню (3.8), быстрее затухает по глубине (более локализована), чем волна Гуляева–Блюстейна.

4. Пусть слой и полупространство имеют одинаковые свойства пьезоэлектрика класса 6тип. Согласно (2.9) дисперсионное уравнение задачи при условиях

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2, \quad \chi_1 = \chi_2 = \chi, \quad \theta^2 = 1 \quad (4.1)$$

имеет вид

$$\gamma_1^2 e^\zeta s h \gamma_1 \zeta - \alpha \gamma_1 (e^\zeta c h \gamma_1 \zeta + e^{\gamma_1 \zeta} c h \zeta - 2) + \alpha^2 e^{\gamma_1 \zeta} s h \zeta = 0, \quad \alpha = \chi(1 + \chi)^{-1}. \quad (4.2)$$

$\zeta$	$\eta_1^2$	$\eta_2^2$
$\zeta \ll 1$	0,9412	0,7573
0,05	0,9464	0,7574
0,1	0,9498	0,7578
0,3	0,9609	0,7612
1,0	0,9793	0,7853
3,0	0,9872	0,8561

В таблице приводятся значения корней уравнения (4.2) с учетом (2.5) (безразмерных характеристик скоростей локализованных волн) для пьезокерамики PZT56/35 ( $\chi = 0,32$ ) в зависимости от относительной толщины слоя  $\zeta$ . Для каждого значения  $\zeta$  имеются два корня, что соответствует двум поверхностным волнам. В первой строчке приведены значения корней, полученные по приближенным формулам (3.7) и (3.8). По этим же формулам получены следующие приближенные корни: для окиси цинка ( $ZnO$ ,  $\chi = 0,111$ )  $\eta_1^2 = 0,9001$ ,  $\eta_2^2 = 0,999$ ; для сульфида кадмия ( $CdS$ ,  $\chi = 0,037$ )  $\eta_1^2 = 0,9643$ ,  $\eta_2^2 = 0,9987$ ; для титаната бария ( $BaTiO_3$ ,  $\chi = 0,479$ )  $\eta_1^2 = 0,6761$ ,  $\eta_2^2 = 0,8951$ . Для приведенных значений корней коэффициенты электромеханической связи  $\chi$  взяты из монографии [10].

Кафедра механики сплошной среды

Поступила 16.02.2006

## ЛИТЕРАТУРА

1. Даноян З.Н., Манукян Г.А. – Изв. НАН Армении. Механика, 1995, т. 48, № 3, с. 43–52.
2. Даноян З.Н. Линейные и нелинейные волны в электромагнитоупругих средах: Автореф. на соискание уч. ст. докт. физ.-мат. наук. Ер., 2005, 42 с.
3. Maerfeld C., Tournois P. – Appl. Phys. Lett., 1971, v. 19, № 4, p. 117–121.
4. Аветисян А.С., Маргарян Дж. – Изв. НАН Армении. Механика, 1994, т. 47, № 3–4, с. 31–36.
5. Li.Sh. – J. Appl. Phys., 1996, v. 80, № 9, p. 5264–5267.
6. Zakharenko A. – Journal of sound and vibration, 2005, v. 285, p. 877–886.

7. Белубекян М.В., Белубекян В.М. – Изв. НАН Армении. Механика, 1994, т. 47, № 3–4, с. 78–82.
8. Балакирев М.К., Гилинский И.А. Волны в пьезокристаллах. Новосибирск: Наука, 1982, 239 с.
9. Бардзокас Д.И., Курявицев Б.А., Сеник Н.А. Распространение волн в электроупругих средах. М.: Едиториэл УРСС, 2003, 336 с.
10. Royer D., Dieulesaint E. Elastic waves in solids. V. I, Masson, 1999, 446 p.

Վ. Մ. ԲԵԼՈՒԲԵԿՅԱՆ, Մ. Վ. ԲԵԼՈՒԲԵԿՅԱՆ

**ՍԱԿԵՐԵՎՈՒԹՅԱՆ ԷԼԵԿՏՐԱՌԱՋԱԶԳԱԿԱՆ ՍԱՀՔԻ ԱԼԻՔՆԵՐ  
ՊՅԵԶՈԱԿՏԻՎ ԾԵՐՏ-ԿԻՍԱՏՄԱՑՈՒԹՅՈՒՆ ՀԱՍԱԿԱՐԳՈՒՄ**

**Ամփոփում**

Դիտարկվում է այեզոակտիվ առաձգական կիսատարածություն պյեզոակտիվ շերտով: Կիսատարածության և շերտի նյութերը իրենցից ներկայացնում են ճոր դասի պյեզոէլեկտրիկներ, տարրեր հատկություններով: Ընդունվում է որ դրանց միջև շոշափող լարումները բացակայում են: Սահիք ալիքների փոխազդեցությունը շերտում և կիսատարածությունում պայմանավորված է նրանց եզրի վրա էլեկտրական դաշտի անընդհատությունով: Ստացված է մակերևութային ալիքների գոյության պայմանը: Ստացված է, որ կարող են գոյություն ունենալ Գուլայև–Բլյուստեյնի ալիքների տիպի երկու ալիք:

V. M. BELUBEKYAN, M. V. BELUBEKYAN

**SURFACE ELECTROELASTIC SHEAR WAVES IN A SYSTEM  
OF PIEZOACTIVE LAYER AND HALF-SPACE**

**Summary**

A piezoactive half-space with a piezoactive layer on its surface is considered. Materials of the layer and the half-space are piezoelectrics of class  $\text{6mm}$  with different properties. Shear stresses between the two piezoelectrics are taken to be zero. Interaction between shear waves in the layer and the half-space is due to continuity of electrical field on their surface. Existence condition of the surface waves is obtained. It is established, that two waves of Gulayev–Bleustain type can exist in considered system.

**Физика**

УДК 539.172.3

Г. С. КАРАПЕТЯН

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫХОДОВ ФОТОЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ МЕТОДОМ НАВЕДЕНОЙ АКТИВНОСТИ**

Получены обобщенные формулы для определения независимых выходов радиоактивных ядер, образующихся в мишнях, с использованием метода наведенной активности. Учтены разные каналы образования изотопов: непосредственно как результат реакции в ядре-мишени и как продукты распада родительского изотопа. Определены некоторые сечения осколков деления, образующихся в реакции  $\gamma^{238}U$  при максимальной энергии тормозного излучения 3,5 ГэВ.

**Введение.** При облучении мишней частицами высоких энергий в них образуются радиоактивные ядра. Изучение выходов этих остаточных радиоактивных изотопов может дать информацию о деталях структуры ядра-мишени и о механизме протекания реакции. В зависимости от поставленной задачи при изучении ядерных реакций применяются различные методики измерений. Одним из простых экспериментальных методов является метод наведенной активности [1]. Он позволяет с довольно высокой точностью определять сечения различных продуктов, образованных в мишени под действием падающих частиц. Остаточные ядра идентифицируются по характеристическому ядерному излучению – энергией излучения ( $E_\gamma$ ) и периодом полураспада ( $T_{1/2}$ ).

**Методика расчета.** Образование радиоактивного изотопа в облучаемой мишени подчиняется следующему дифференциальному уравнению:

$$\frac{dN}{dt} = N_\gamma N_{\text{ш}} \sigma - \lambda N, \quad (1)$$

где  $\lambda$  – константа радиоактивного распада ( $\lambda = 0,693/T_{1/2}$ ),  $\sigma$  – выход образования данного изотопа ( $\text{см}^2$ ),  $N_\gamma$  – число бомбардирующих частиц ( $\text{см}^2/\text{с}$ ),  $N$  – число образовавшихся ядер изотопа,  $N_{\text{ш}}$  – число ядер мишени ( $1/\text{см}^2$ ),  $N_{\text{ш}} = PN_A/SA$ , где  $P$  – вес,  $S$  – площадь,  $A$  – массовое число мишени,  $N_A$  – постоянная Авогадро.

Это уравнение легко решается, если  $N_\gamma$  не зависит от времени в течение всего периода облучения. В этом случае количество образовавшихся ядер изотопа определяется формулой:

$$N_0(t_1) = \frac{N_\gamma N_{\text{яд}} \sigma}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t_1}), \quad (2)$$

где  $t_1$  – время облучения мишени.

Число ядер образованного изотопа уменьшается по экспоненциальному закону:

$$N(t_2) = N_0(t_1) e^{-\lambda t_2}, \quad (3)$$

где  $t_2$  – время от конца облучения до начала измерений. Тогда число распадов  $\Delta N$  за время измерения  $t_3$  определяется формулой:

$$\Delta N = N_0(t_1) e^{-\lambda t_2} - N_0(t_1) e^{-\lambda(t_2+t_3)} = \frac{N_\gamma N_{\text{яд}} \sigma}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t_1}) e^{-\lambda t_2} (1 - e^{-\lambda t_3}). \quad (4)$$

Из формулы (4) получаем выход реакции

$$\sigma = \frac{\Delta N \lambda}{N_\gamma N_{\text{яд}} \kappa \epsilon \eta (1 - e^{-\lambda t_1}) e^{-\lambda t_2} (1 - e^{-\lambda t_3})}, \quad (5)$$

где учитывались также фотоэффективность детектора ( $\epsilon$ ), относительная интенсивность  $\gamma$ -перехода в исследуемом ядре ( $\eta$ ), коэффициент поглощения  $\gamma$ -лучей в материале мишени, в крышке детектора и в воздушном слое ( $k$ ).  $k = e^{-\mu x}$ , где  $\mu$  – суммарное сечение ослабления,  $x$  – толщина поглощающего слоя, через который проходят характеристические  $\gamma$ -лучи от радиоактивного образца. Величина  $\Delta N$  в (5) определяется площадью под фотопиком с вычетом соответствующего естественного фона.

Следует отметить, что (5) дает правильное значение выхода только в том случае, когда изотопы образовались прямо в результате фотоядерной реакции в ядре-мишени. Поэтому необходимо учесть и другие каналы образования изотопов, когда рассматриваемое ядро образуется как продукт распада другого радиоактивного изотопа (также образующегося при расщеплении ядра-мишени) и в то же время являющегося родительским изотопом по отношению к рассматриваемому. В этих случаях измеряемое число изотопов рассматривается как  $N = N^{(1)} + N^{(2)} + N^{(3)}$ , где  $N^{(1)}$  – число независимо образованных ядер, определяемое по (5),  $N^{(2)}$  – число ядер, образованных путем распада родительского ядра в течение периода облучения,  $N^{(3)}$  – число ядер, образованных вследствие распада ядра после облучения. В результате получается следующее уравнение:

$$\Delta N(t_3) = N_\gamma N_{\text{яд}} \kappa \epsilon \eta \left[ \sigma_A f_{AB} \frac{\lambda_A \lambda_B}{\lambda_B - \lambda_A} \left( \frac{(1 - e^{-\lambda_A t_1}) e^{-\lambda_A t_2} (1 - e^{-\lambda_A t_3})}{\lambda_A^2} - \frac{(1 - e^{-\lambda_B t_1}) e^{-\lambda_B t_2} (1 - e^{-\lambda_B t_3})}{\lambda_B^2} \right) + \sigma_B \frac{(1 - e^{-\lambda_B t_1}) e^{-\lambda_B t_2} (1 - e^{-\lambda_B t_3})}{\lambda_B} \right], \quad (6)$$

где через индексы  $A$  и  $B$  обозначены родительское и дочернее ядра соответственно, коэффициент  $f_{AB}$  определяет долю  $A$ -ядер, распадающихся в  $B$ -ядро.

В уравнении (6) значение выхода родительского изотопа  $\sigma_A$  определяется заранее. Тогда выход дочернего ядра  $\sigma_B$  определяется из следующего выражения [2]:

$$\sigma_B = \frac{\lambda_B}{\left(1 - e^{-\lambda_B t_1}\right) e^{-\lambda_B t_2} \left(1 - e^{-\lambda_B t_3}\right)} \left[ \frac{\Delta N}{N_r N_{\text{исп}} \kappa \epsilon \eta} - \sigma_A f_{AB} \frac{\lambda_A \lambda_B}{\lambda_B - \lambda_A} \times \right. \\ \left. \times \left( \frac{\left(1 - e^{-\lambda_A t_1}\right) e^{-\lambda_A t_2} \left(1 - e^{-\lambda_A t_3}\right)}{\lambda_A^2} - \frac{\left(1 - e^{-\lambda_B t_1}\right) e^{-\lambda_B t_2} \left(1 - e^{-\lambda_B t_3}\right)}{\lambda_B^2} \right) \right]. \quad (7)$$

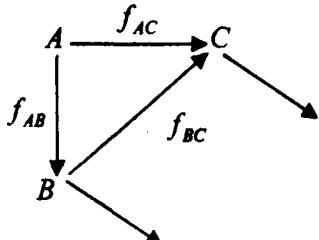


Рис. 1. Схема распада трех ядер.

Рассмотрим общую схему распада трех ядер (или трех разных состояний ядер) [3]. Например,  $A$  может обозначать изомерное состояние, а  $B$  – основное состояние исследуемого ядра (рис. 1).

Проводя аналогичные рассуждения для двух родителей, получим значение  $\Delta N(t_3)$  для  $C$ -ядра:

$$\Delta N(t_3) = N_r N_{\text{исп}} \kappa \epsilon \eta \left\{ f_{AC} \sigma_A \frac{\lambda_C}{\lambda_C - \lambda_A} e(\lambda_A) + \left( \sigma_B + \sigma_A f_{AB} \frac{\lambda_A}{\lambda_A - \lambda_B} \right) \frac{\lambda_C}{\lambda_C - \lambda_B} \times \right. \\ \times \left( f_{BC} + f_{AB} f_{BC} \frac{\lambda_C}{\lambda_C - \lambda_B} + f_{AB} f_{BC} \frac{\lambda_B}{\lambda_B - \lambda_A} \frac{\lambda_C}{\lambda_C - \lambda_B} \right) e(\lambda_B) + \\ + \left[ \sigma_C + \frac{\lambda_B}{\lambda_B - \lambda_C} \sigma_B \left( f_{BC} + f_{AB} f_{BC} \frac{\lambda_B}{\lambda_B - \lambda_C} + \right. \right. \\ \left. \left. + f_{AB} f_{BC} \frac{\lambda_A}{\lambda_A - \lambda_B} \frac{\lambda_B}{\lambda_B - \lambda_C} \right) + \sigma_A f_{AC} \frac{\lambda_A}{\lambda_A - \lambda_C} \right] e(\lambda_C) \right\}, \quad (8)$$

где для краткости записи введено обозначение

$$e(\lambda_j) = \frac{\left(1 - e^{-\lambda_j t_1}\right) e^{-\lambda_j t_2} \left(1 - e^{-\lambda_j t_3}\right)}{\lambda_j}. \quad (9)$$

Из уравнения (8) получим обобщенную формулу для определения независимого выхода  $C$ -ядра:

$$\sigma_C = \frac{1}{e(\lambda_C)} \left[ \frac{\Delta N}{N_r N_{\text{исп}} \kappa \epsilon \eta} - f_{AC} \sigma_A \frac{\lambda_C}{\lambda_C - \lambda_A} e(\lambda_A) - \left( \sigma_B + \sigma_A f_{AB} \frac{\lambda_A}{\lambda_A - \lambda_B} \right) \times \right. \\ \times \frac{\lambda_C}{\lambda_C - \lambda_B} \left( f_{BC} + f_{AB} f_{BC} \frac{\lambda_C}{\lambda_C - \lambda_B} + f_{AB} f_{BC} \frac{\lambda_B}{\lambda_B - \lambda_A} \frac{\lambda_C}{\lambda_C - \lambda_B} \right) e(\lambda_B) \left. \right] - \\ - \frac{\lambda_B}{\lambda_B - \lambda_C} \sigma_B \left( f_{BC} + f_{AB} f_{BC} \frac{\lambda_B}{\lambda_B - \lambda_C} + f_{AB} f_{BC} \frac{\lambda_A}{\lambda_A - \lambda_B} \frac{\lambda_B}{\lambda_B - \lambda_C} \right) - \sigma_A f_{AC} \frac{\lambda_A}{\lambda_A - \lambda_C}. \quad (10)$$

**Результаты расчетов.** Для примера рассмотрим цепочки распада, состоящие из двух и трех ядер, образующихся в реакции  $\gamma+^{238}U$  при максимальной энергии тормозного излучения  $E_{\gamma}^{\max} = 3,5 \text{ ГэВ}$  (рис. 2). Основные коэффициенты ( $f_{AB}, \lambda$ ), использованные при расчетах, приведены на рис. 2 и в таблице.

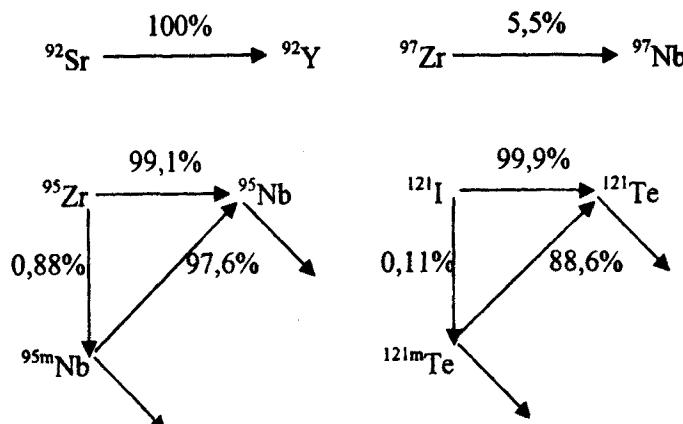


Рис. 2. Цепочки распада ядер в реакции  $\gamma+^{238}U$  при  $E_{\gamma}^{\max} = 3,5 \text{ ГэВ}$ .

*Характеристики ( $\lambda$ ) и выходы ядер ( $\sigma$ ) в реакции  $\gamma+^{238}U$  при  $E_{\gamma}^{\max} = 3,5 \text{ ГэВ}$*

Ядро	$\lambda (c^{-1})$	$\sigma (\text{мб})$
<sup>92</sup> Sr	7,103E-4	9,46±0,95
<sup>92</sup> Y	5,438E-4	2,82±0,34
<sup>95</sup> Zr	1,253E-7	12,50±1,25
<sup>95</sup> Nb	2,293E-7	1,15±0,12
<sup>95m</sup> Nb	2,222E-6	2,41±0,24
<sup>97</sup> Zr	1,139E-5	10,76±1,22
<sup>97</sup> Nb	1,602E-3	1,70±0,20
<sup>121</sup> I	9,082E-5	0,30±0,04
<sup>121</sup> Te	4,193E-6	0,54±0,08
<sup>121m</sup> Te	5,209E-8	0,64±0,10

Полученные обобщенные формулы позволяют с довольно высокой точностью определить сечения реакций при облучении мишеней частицами. Это дает уникальную возможность для исследования механизма реакций и структур ядер-мишений.

Кафедра ядерной физики

Поступила 22.05.2006

## ЛИТЕРАТУРА

- Перфилов Н.А., Ложкин О.В., Остроумов В.И. Ядерные реакции под действием частиц высоких энергий. М.: Атомиздат, 1972.

2. Адам И., Пронских В.С., Балабекян А.Р., Калинников В.Г., Мразек Я., Приемышев А.Н., Франа Я. Препринт ОИЯИ, Р10-1-2000-28, Дубна, 2000.  
 3. Адам И., Пронских В.С., Балабекян А.Р., Калинников В.Г., Мразек Я. Препринт ОИЯИ, Р15-1-2001-3, Дубна, 2001.

#### Գ. Ս. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

### ՆԵՐՄՈՒԾՎԱԾ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ՄԵԹՈԴՆ ՎՈՏՈՄԱԿԱՅԻՆ ՌԵԱԿՑԻԱՆԵՐԻ ԵԼՔԵՐԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ

#### Ամփոփում

Ներմուծված ակտիվության մեթոդով թիրախներում առաջացած ռազմիակտիվ միջուկների անկախ ելքերի որոշման համար ստացվել են ընդհանրացված բանաձևեր: Հաշվի են առնվել ինչպես ռեակցիայի արդյունքում, այնպես էլ մայրական իզոտոպի տրոհման արդյունքում առաջացած իզոտոպները: Որոշվել են բաժանման բեկորների կտրվածքները, որոնք առաջացել են  $\gamma^{238}U$  ռեակցիայում արգելակման ճառագայթման 3,5 գլվ առավելագույն էներգիայի դեպքում:

G. S. KARAPETYAN

### INVESTIGATION OF SOME PROCESSES OF PHOTONUCLEAR REACTIONS AT LOW AND INTERMEDIATE ENERGIES

#### Summary

Generalized formulae for the determination of independent yields of radioactive nuclei forming in the targets via activation method are obtained. Various channels of isotopes formations are considered: immediately as a result of the reaction in the target and as products of the precursor decay. Certain cross sections of fission fragments, which are the result of the  $\gamma^{238}U$  reaction under the bremsstrahlung maximal energy, are determined.

**Физика**

УДК 539-17

А. Р. БАЛАБЕКЯН

**СРАВНЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЯДЕР-ОТДАЧИ,  
ОБРАЗОВАННЫХ ИЗ МИШЕНИ  $^{65}\text{Cu}$ , С ТЕОРЕТИЧЕСКИМИ  
РАСЧЕТАМИ**

Кинематические характеристики ядер-отдачи, образованных при взаимодействии фотонов с максимальной энергией  $E_{\gamma, \text{max}} = 4,5 \text{ ГэВ}$  с мишенью  $^{65}\text{Cu}$ , сравнены с теоретическими расчетами, сделанными по трем разным моделям LAQGSM03 (Los-Alamos version of the Quark-Gluon String Model). Сравнение показало, что экспериментальные результаты хорошо описываются моделями LAQGSM03.S1 и LAQGSM03.G1.

**Введение.** Метод наведенной активности исследует только те остаточные ядра, которые задерживаются в мишени после облучения. Исследование этих ядер-остатков можно сделать двумя способами: а) определением сечений образования ядер; б) исследованием характеристик ядер-отдачи.

Для исследования характеристик ядер-отдачи используется экспериментальный метод «толстая мишень–толстый поглотитель». В этих экспериментах толщина мишени и поглотителей должны быть больше, чем длина пробега ядер-отдачи, чтобы они останавливались в них. Экспериментально определяют относительную долю ядер, вышедших из мишени по направлению пучка ( $F$ ) и в обратном направлении ( $B$ ):

$$F = N_F / (N_F + N_T + N_B), \quad B = N_B / (N_F + N_T + N_B),$$

где  $N_F$  – число ядер, зарегистрированных в передних поглотителях,  $N_B$  – в задних поглотителях,  $N_T$  – в мишени.

Результаты эксперимента обычно рассматриваются в рамках двухступенчатой векторной модели [1–3]. В этой модели делаются следующие предположения:

1. В первой стадии частица, взаимодействуя с ядром, образует возбужденное ядро со скоростью  $v$ , импульсом  $P$  и энергией возбуждения  $E^*$ .
2. Во второй стадии возбужденное ядро, теряя массу и энергию, приобретает форму ядер-отдачи, которые двигаются со скоростью  $V$ , имеющей распределение по величине и направлению.

Обычно в экспериментах делаются дополнительные предположения:

- Значения  $v$  и  $P$  в первой стадии постоянны и направлены вперед [4].

- Скорость во второй стадии распределена изотропно.

Результаты эксперимента зависят от отношения пробег–энергия ядер-отдачи. Последнее удобно представить в виде[2]:

$$R = kV^n, \quad (1)$$

где  $R$  – пробег ядра-отдачи в мишени, а  $k$  и  $n$  – постоянные, определяющиеся из таблиц пробег–энергия ядер в разных материалах. Для ядер, вылетающих вперед и назад, можно написать:

$$FW = R[1 + 2/3(n+2)\eta + 1/4(n+1)^2\eta^2]/4, \quad (2)$$

$$BW = R[1 - 2/3(n+2)\eta + 1/4(n+1)^2\eta^2]/4,$$

где  $\eta = v/V$ , а  $W$  – толщина мишени в  $mg/cm^2$ .

Соотношение между пробегом продуктов реакции ( $R$ ), скоростью в первой ( $v$ ) и второй ( $V$ ) стадиях можно представить в следующем виде:

$$F/B = [1 + 2/3(n+2)\eta + 1/4(n+1)^2\eta^2]/[1 - 2/3(n+2)\eta + 1/4(n+1)^2\eta^2], \quad (3)$$

$$R = 2W(B+F)/[1 + 1/4(n+1)^2\eta^2].$$

Целью настоящей работы является сравнение кинематических характеристик ядер-отдачи, образованных при взаимодействии фотонов с максимальной энергией  $E_{\gamma, \text{max}} = 4,5 \text{ ГэВ}$  с мишенью  $^{65}\text{Cu}$ , с теоретическими расчетами, сделанными по трем разным моделям LAQGSM03 (Los-Alamos version of the Quark-Gluon String Model, лос-аламосская версия кварк-глюонной струнной модели).

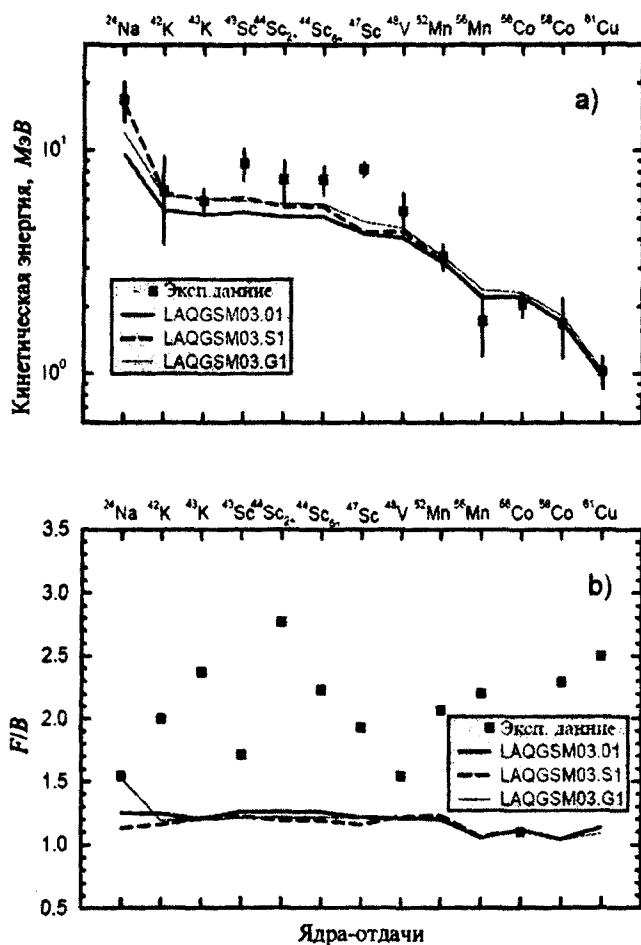
**Обсуждение экспериментальных результатов.** Методом наведенной активности были исследованы кинематические характеристики вышеописанных ядер-отдачи. Для этого использован метод «толстая мишень–толстый поглотитель» [2]. Получены пробеги, скорости и кинетические энергии некоторых ядер-отдачи, начиная с  $^{24}\text{Na}$  до  $^{64}\text{Cu}$ , результаты приведены в [5].

В настоящей работе полученные экспериментальные результаты сравниены с теоретическими расчетами для фотоядерных реакций [6], сделанными по моделям LAQGSM03.01[7], LAQGSM03.S1[8] и LAQGSM03.G1 [8].

LAQGSM03.01 – последняя усовершенствованная версия кварк-глюонной струнной модели Лос-Аламоса [9]. Эта модель описывает реакции, протекающие под действием частиц и ядер, как трехступенчатый процесс: внутриядерный каскад, выход предравновесных частиц в процессе уравновешивания возбужденного остаточного ядра, образованного во внутриядерном каскаде, и испарение частиц из составного ядра. Первая стадия реакции – внутриядерный каскад – описывается моделью, созданной в Дубне, которая в литературе известна как дубнинская каскадная модель [10]. Предравновесная стадия реакции описывается модифицированной экситонной моделью [11], развитой из каскадной экситонной модели [12]. Испарительная стадия реакции описывается обобщенной испарительной моделью (GEM2) [13], которая рассматривает испарение свыше 66 разных частиц и легких фрагментов (вплоть до  $^{28}\text{Mg}$ ).

LAQGSM03.S1 [8] – это та же самая модель, что и LAQGSM03.01, только она включает мультифрагментацию возбужденного ядра после предравновесной стадии реакции, когда энергия возбуждения выше  $2A$  (МэВ), где  $A$  – массовое число. Для описания мультифрагментации используется *статистическая модель мультифрагментации Ботвины* [14].

LAQGSM03.G1 [8] аналогична LAQGSM03.01, только она использует модель деления подобного бинарного распада GEMINI [15] и рассматривает испарение всех возможных фрагментов.



На рисунке приведены зависимости кинетической энергии (а) и  $F/B$ -отношения (б) ядер-отдачи от их массового числа при взаимодействии фотонов с  $E_{\gamma\max} = 4,5$  ГэВ с мишенью  $^{65}\text{Cu}$ . Сравнение экспериментальных данных с теоретическими расчетами [6] указывает на то, что легкие ядра ( $^{24}\text{Na}$ ) образуются в процессе фрагментации. В образование ядер-отдачи в массовой области  $24 \leq A \leq 48$ , помимо каскадно-испарительного механизма, вносят вклад и другие процессы. Расхождение экспериментальной зависимости  $F/B$ -отношения с теоретическими расчетами можно объяснить тем фактом, что

экспериментальные результаты получены в рамках двухступенчатой векторной модели с использованием толстой мишени, тогда как теоретические расчеты сделаны для тонкой мишени и без использования указанной модели.

В заключение хочу выразить благодарность С.Г. Машнику за предоставление теоретических расчетов для  $^{65}\text{Cu}$ , что дало возможность сравнить их с экспериментальными результатами.

Кафедра ядерной физики

Поступила 16.06.2006

## ЛИТЕРАТУРА

- Sugarman N., Campos M., Wielgoz K. – Phys.Rev., 1956, v. 101, p. 388.

2. Winsberg L. – Nucl. Instrum. Methods, 1978, v. 150, p. 465.
3. Winsberg L. – Phys. Rev., 1978, v. C22, p. 2116.
4. Kortelling R.G., Toren C.R., Hyde E.K. – Phys. Rev., 1973, v. C7, p. 1611.
5. Arakelyan A.A., Balabekyan A.R. et al. – Nucl. Phys., 1991, v. A534, p. 535.
6. Mashnik S.G., Gudima K.K., Baznat M.I. et al. – J. Nucl. and Radiochemical Sci., 2005, v. 6, № 2, p. A1-A19; nucl-th/0503061, 2005.
7. Mashnik S.G., Gudima K.K., Baznat M.I. et al. – LANL Report, LA-UR-05-2686, Los-Alamos, 2005.
8. Mashnik S.G., Gudima K.K., Baznat M.I. et al. – LANL Report, LA-UR-06-1764, Los-Alamos, 2006.
9. Gudima K.K., Mashnik S.G., Sierk A.J. – LANL Report, LA-UR-01-6804, Los-Alamos, 2001, <http://lib-www.lanl.gov/la-pubs/00818645.pdf>
10. Toneev V.D., Gudima K.K. – Nucl. Phys., 1983, v. A400, p. 173.
11. Mashnik S.G., Gudima K.K., Baznat M.I. et al. – LANL Report, LA-UR-05-7321, Los-Alamos, 2005.
12. Gudima K.K., Mashnik S.G., Toneev V.D. – Nucl. Phys., 1983, v. A401, p. 329.
13. Furikata S. – Nucl. Instrum. Methods, 2000, v. B171, p. 252.
14. Bondorf J.P., Botvina A.S. et al. – Phys. Rep., 1995, v. 257, p. 133.
15. Charity R.J., McMahan M.A. et al. – Nucl. Phys., 1988, v. A483, p. 371.

### Ա. Ռ. ԲԱԼԱԲԵԿՅԱՆ

**$^{65}\text{Cu}$  թիրախից ստացված ՀԵՏՀԱՐՎԱԾԱՅԻՆ ՍԻԶՈՒԿՆԵՐԻ  
ԿԻՆԵՍԱՏԻԿԱԿԱՆ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԻ ՀԱՄԵՍԱՏՈՒԾ ՏԵՍԱԿԱՆ  
ՀԱԾՎԱՐԿՆԵՐԻ ՀԵՏ**

### Ամփոփում

$^{65}\text{Cu}$  թիրախից  $E_{\gamma\max} = 4,5 \text{ GeV}$  առավելագույն էներգիայով ֆոտոնների ազդեցության տակ առաջացած հետհարվածային միջուկների կինեմատիկական բնութագրերը համեմատվել են տեսական հաշվարկների հետ՝ կատարված LAQGSM03 (Los-Alamos version of the Quark-Gluon String Model) մոդելները տարբերակներով: Համեմատումը ցույց է տվել, որ փորձարարական արժեքները լավագույն տեսքով նկարագրվում են LAQGSM03.S1 և LAQGSM03.G1 մոդելներով:

A. R. BALABEKYAN

### COMPARISON OF RECOIL PROPERTIES OF NUCLEI FORMED FROM THE TARGET $^{65}\text{Cu}$ WITH THEORETICAL CALCULATIONS

#### Summary

The recoil properties of nuclei formed from the target  $^{65}\text{Cu}$  by the photons beam with the energy  $E_{\gamma\max} = 4,5 \text{ GeV}$  were compared with the theoretical calculations made by three versions of LAQGSM03 (Los-Alamos version of the Quark-Gluon String Model) model. The comparison showed that the experimental results are the best described by the LAQGSM03.S1 and LAQGSM03.G1 models.

**Физика**

УДК 573.3:547.963.3

Л. Р. АЛОЯН, Г. В. АНАНЯН, В. И. ВАРДАНЯН, Е. Б. ДАЛЯН

**ВЛИЯНИЕ БОКОВЫХ ГРУПП ПОРФИРИНОВ НА ИХ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ДНК**

Методами спектрофотометрии и кругового дихроизма исследовано взаимодействие мезо-тетра-(3N-пиридил)порфиринов, отличающихся боковыми радикалами, с ДНК. Показано, что при низких концентрациях порфиринов все они предпочтительнее взаимодействуют с ДНК по интеркаляционному механизму. Для этого типа взаимодействия были рассчитаны константа связывания ( $K_d$ ) и число мест посадки ( $n$ ) порфиринов на ДНК по методу, предложенному Кореа с соавторами.

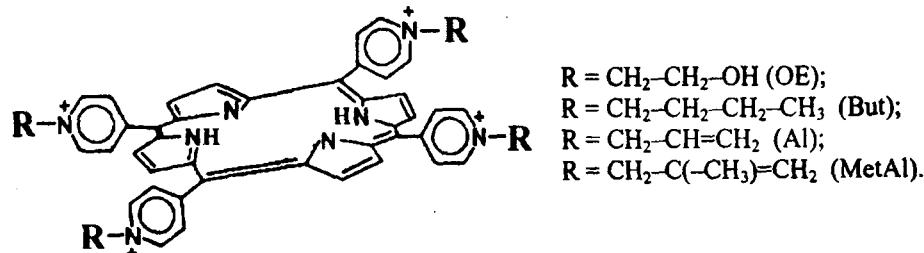
**Введение.** Изучению взаимодействия порфиринов с ДНК посвящено очень много работ (см., напр., [1–4]). Интерес вызван возможностью использования порфиринов – биологически активных веществ – в качестве противогрибковых, противовирусных и антибактериальных средств [5, 6]. Установлены механизмы их связывания с ДНК, однако все результаты и выводы, касающиеся этого взаимодействия, были получены для водорастворимого мезо-тетра-метилпиридилилпорфирина (TMRuP). В литературе очень мало работ, посвященных изучению роли боковых радикалов в механизме связывания порфиринов с ДНК. Возможно, это обусловлено тем, что имеются определенные трудности в синтезе водорастворимых порфиринов, используемых для такого рода исследований. Эта задача весьма актуальна, поскольку не исключено, что медико-биологическая активность многих порфиринов может быть обусловлена именно типом боковых радикалов на пиридиловом кольце.

В данной работе методами спектрофотометрии и кругового дихроизма (КД) исследовано взаимодействие ДНК с новыми водорастворимыми мезо-тетра-(3N-метилпиридилил)порфиринами, содержащими разные боковые радикалы (оксиэтил (OE), бутил (But), аллил (Al), металлил (MetAl)).

**Материалы и методы.** В работе был использован сверхчистый препарат высокомолекулярной ДНК тимуса теленка, выделенный в лаборатории Д.Ю. Ландо в ИБОХ АН Республики Беларусь. На схеме приведены мезо-тетра-(3N-оксиэтилпиридилил)порфирин (TOEPuP(3)), мезо-тетра-(3N-бутилпиридилил)порфирин (TButPyP(3)), мезо-тетра-(3N-аллилпиридилил)порфирин (TAIPuP(3)), мезо-тетра-(металлилпиридилил)порфирин (TMetAlPyP(3)), которые были синтезированы на кафедре фармакологической химии ЕГМУ со-

глостино методике, описанной в работе [3]. Область исследованных концентраций порфиринов –  $10^{-6}$ – $10^{-4}$  M, что в пересчете на пару нуклеотидов ДНК составляет  $0,001 < v < 1$ , где  $v = C_{\text{порф}}/C_{\text{пар основ.}}$ . Исследования проводились в буферном растворе 0,1 BPSE (1 BPSE=6 mM Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>+2 mM NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>+185 mM NaCl+1 mM EDTA), pH=7,2, ионная сила [Na<sup>+</sup>]=0,02.

Спектры титрования снимались на спектрофотометре Lambda 800 UV-VIS, а спектры КД – на дихромографе Roussel Jouan-II.



### Результаты и обсуждение.

*Спектры титрования.* Электронный спектр поглощения порфиринов характеризуется широкой малоинтенсивной полосой в УФ-области и несколькими узкими интенсивными пиками в видимой области света. Исследовать взаимодействие данных порфиринов с ДНК удобно при наблюдении за изменением максимума высокointенсивной полосы около 420 нм (пик Соре). На рис. 1 приведены спектры поглощения исследуемых комплексов при различных концентрациях ДНК, которые добавлялись к раствору порфирина неизменной концентрации малыми порциями (по 2 мкл) из маточного раствора.

Как видно из рис. 1, увеличение концентрации ДНК приводит к уменьшению интенсивности этой полосы с батохромным сдвигом. Скорее всего, этот эффект может быть следствием упорядоченной стопкообразной упаковки порфиринов на ДНК как на матрице. К такой упаковке могут приводить как интеркаляция, так и внешнее упорядоченное желобковое связывание порфиринов с ДНК. В первом случае имеют место стекинг-взаимодействия типа порфирин–основание–порфирин, во втором случае – типа порфирин–порфирин.

На спектрах титрования всех исследуемых комплексов порфирин–ДНК изобестическая точка наблюдается только при определенных значениях  $v$ . Отсутствие четкой изобестической точки свидетельствует о том, что реализуется не один тип взаимодействия. К аналогическим выводам мы приходим и при исследовании спектров КД комплексов ДНК с TButPyP(3) и TAIPyP(3).

*Спектры КД.* Известно, что для комплексов ДНК–порфирин спектры КД проявляются в виде двух полос. Первая из них в УФ-области спектра совпадает с полосой естественного КД ДНК (220–310 нм), а вторая – в видимой области (400–470 нм) – полоса индуцированного порфиринами КД (ИКД). Сами порфирины, являясь симметричными соединениями, не проявляют кругового дихроизма во всей области своих электронных переходов. Поскольку выше 310 нм ДНК прозрачна, а порфирины имеют сильную полосу поглоще-

ния в области 400–450 нм (полоса Соре), то предполагается, что полоса ИКД комплекса в видимой области обусловлена упаковкой порфиринов на ДНК.

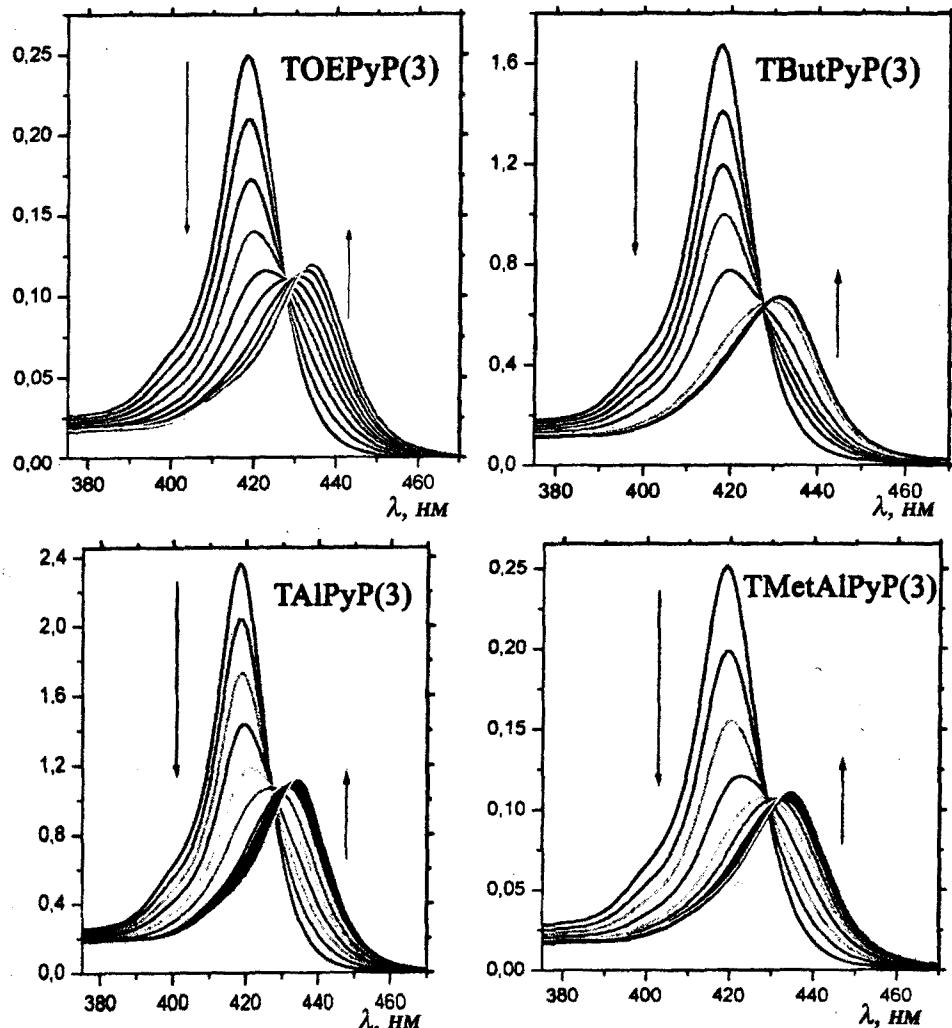


Рис. 1. Спектры поглощения комплексов порфиринов с ДНК.

На основании многочисленных экспериментов, проведенных с комплексами ТМРуР–ДНК, установлено, что знак КД-сигнала в видимой области может служить тестом для определения типа связывания порфиринов с ДНК: отрицательное значение ИКД – признак интеркаляционного связывания, а положительное – внешнего упорядоченного связывания [3, 7].

Обычно для интерпретации конформационных перестроек ДНК под воздействием того или иного лиганда исследуется изменение полосы естественного КД ДНК в УФ-области. Однако при взаимодействии с порфиринами невозможно однозначно судить о характере конформационных перестроек ДНК, поскольку исследуемые порфирины имеют собственную полосу поглощения в районе 260 нм в УФ-области и могут стать оптически активными при связывании с ДНК. Поэтому не исключено, что изменения в УФ-области

КД-спектров комплексов могут быть вызваны наличием новой индуцированной порфиринаами полосы КД, а не конформационными перестройками в молекуле ДНК.

На рис. 2 приведены КД-спектры комплексов TOEPyP(3)-ДНК и TAIPyP(3)-ДНК (КД-спектры были получены для всех исследуемых комплексов). Для комплекса с TOEPyP(3) (а также с TMetAlPyP(3)) наблюдаются отрицательные ИКД-спектры, а для комплекса с TAIPyP(3) (TButPyP(3)) отрицательное значение ИКД наблюдается только при малых относительных концентрациях порфиринов ( $\nu$ ). Дальнейшее увеличение  $\nu$  приводит к тому, что на спектрах ИКД появляется также положительная часть.

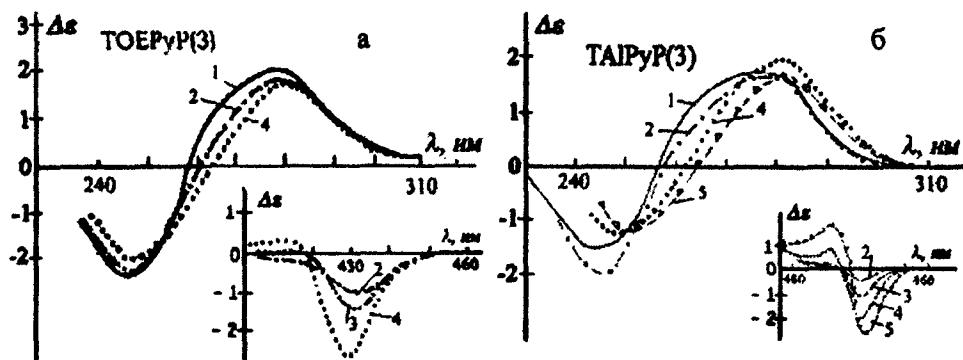


Рис. 2. Спектры КД комплексов ДНК с TOEPyP(3) и TAIPyP(3) при различных относительных концентрациях порфиринов  $\nu = C_{\text{порф.}} / C_{\text{пар основ.}}$ : а) 1 –  $\nu=0$ ; 2 – 0,08; 3 – 0,15; 4 – 0,77; б) 1 –  $\nu=0$ ; 2 – 0,07; 3 – 0,20; 4 – 0,70; 5 – 2,00.

Резюмируя вышеизложенное, можем прийти к следующему выводу: TOEPyP(3) и TMetAlPyP(3) связываются с ДНК способом интеркаляции, а для TButPyP(3) и TAIPyP(3) реализуется как интеркаляция ( $\nu \leq 0,2$ ), так и внешнее связывание при относительно высоких концентрациях порфиринов ( $\nu \geq 0,2$ ).

*Расчет параметров связывания.* Данные, полученные по титрованию порфиринов с ДНК, были использованы нами для расчетов параметров связывания при интеркаляционном способе связывания:  $K_b$  – константа связывания,  $n$  – число пар оснований, которые становятся недоступными при связывании одного порфирина. Для этого брали интервал концентраций  $\nu$ , при котором на спектрах титрования наблюдается изобистическая точка. Например, для комплекса TOEPyP(3)-ДНК изобистическая точка наблюдается при концентрациях  $\nu < 0,2$ , а для комплекса TButPyP(3)-ДНК – при  $\nu < 0,21$ .

Для нахождения  $K_b$  и  $n$  используется формула, предложенная Корреа с соавторами [8]:

$$C_f = -\frac{r}{K_b} \left[ \frac{nr-1}{nr-r-1} \right]^{-n} (nr-r-1), \quad (1)$$

где  $r$  – отношение концентрации связанных лигандов  $C_b$  к концентрации центров связывания на ДНК ( $r = C_b / C_{\text{пар основ.}}$ ), а  $C_f$  – концентрация свободных лигандов в растворе.

На рис. 3 приведена теоретически рассчитанная изотерма связывания TOEPyP(3) с ДНК, совпадающая с экспериментально полученными точками.

$K_b$  и  $n$  определялись подгонкой теоретической кривой к экспериментальным данным по методу наименьших квадратов с использованием

компьютерной программы Graphpad Prism. Результаты, полученные для всех четырех типов комплексов, приведены в таблице.

Как видно из полученных данных, удлинение цепочки углеводородного радикала на одну  $\text{CH}_2$ -группу (TButPyP(3)), наличие ОН-группы (TOEPyP(3)), а также разветвление бокового радикала с кратной связью (TMetAlPyP(3)) существенно не влияют на константы связывания этих порфиринов с ДНК. А для порфирина TAlPyP(3) (кратная связь в боковом радикале) наблюдается уменьшение константы связывания.

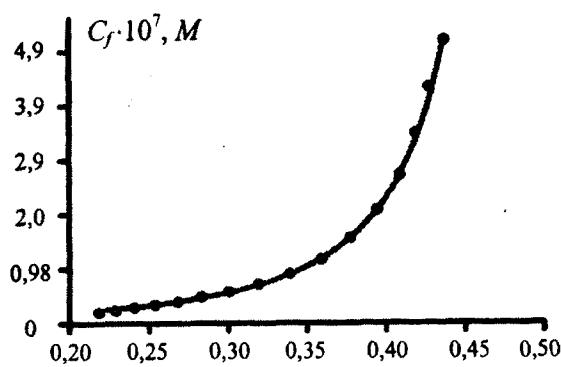


Рис. 3. Зависимость  $C_f$  от  $r$ , полученная по результатам титрования TOEPyP(3) с ДНК при  $25^\circ\text{C}$  (точки) и теоретически рассчитанная по формуле (1) (сплошная кривая).  $K_b=2,25 \cdot 10^7$  и  $n=1,96$ .

Выводы. Несмотря на наличие двух механизмов взаимодействия с ДНК, исследуемые порфирины предпочтительнее связываются интеркаляционно. Второй механизм – внешнее упорядоченное связывание – включается при более высоких относительных концентрациях порфиринов, после того как первый тип связывания достигает насыщения. Константа интеркаляционного связывания ДНК с порфирином практически не зависит от типа его бокового радикала. Исключение составляет TAlPyP(3) с кратной связью в боковом радикале, для которого наблюдается уменьшение константы связывания.

Порфирины	$n$	$K_b \cdot 10^7, M^{-1}$
TAlPyP(3)	$2,2 \pm 0,008$	$0,56 \pm 0,2$
TMetAlPyP(3)	$2,2 \pm 0,02$	$2,1 \pm 0,2$
TOEPyP(3)	$1,96 \pm 0,007$	$2,25 \pm 0,08$
TButPyP(3)	$2,6 \pm 0,01$	$2,25 \pm 0,14$

**Выводы.** Несмотря на наличие двух механизмов взаимодействия с ДНК, исследуемые порфирины предпочтительнее связываются интеркаляционно. Второй механизм – внешнее упорядоченное связывание – включается при более высоких относительных концентрациях порфиринов, после того как первый тип связывания достигает насыщения. Константа интеркаляционного связывания ДНК с порфирином практически не зависит от типа его бокового радикала. Исключение составляет TAlPyP(3) с кратной связью в боковом радикале, для которого наблюдается уменьшение константы связывания.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта ISTC # A 301.2.

Кафедра молекулярной физики

Поступила 02.03.2006

## ЛИТЕРАТУРА

- Далян Е.Б. – Биофизика, 2002, т. 47, вып. 2, с. 253–258.
- Dalyan Y.B., Haroutounian S.G., Ananyan G.V., Vardanyan V. I., Lando D.Y., Madakyan V.N., Kazaryan R.K., Messory L., Orioli P. and Benight A.S. – Journal of Biomolecular Structure & Dynamics, 2001, № 5, v. 18, p. 677–687.

3. Fiel R.J., Howard J.C., Mark E.H., Datta-Gupta N. – Nucleic Acids Res., 1979, № 6, p. 3093–3118.
4. Pasternak R.F., Gibbs E.J. – Metal Ions in Biological Systems, 1996, № 33, p. 367–397.
5. Aasanka M., Kurimura T., Toya H., Ogaki K., Kato Y. – AIDS, 1990, № 3, p. 403–404.
6. Dixon D.W., Marzilli L.G., Schinazi R.F. – Ann. NY Acad. Sci., 1990, № 616, p. 511.
7. Carvalho M.J., Datta-Gupta N., Fiel R.J. – Biochem. Biophys. Res. Commun., 1982, № 108, p. 66–73.
8. Correia J.J., Chaires J.B. – Methods in Enzymology, 1994, v. 240, p. 593–614.

Լ. Ռ. ԱԼՈՅԱՆ, Գ. Վ. ԱՆԱՆՅԱՆ, Վ. Ի. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ, Ե. Բ. ԴԱԼՅԱՆ

## ԴՆԹ-ի ՀԵՏ ՊՈՐՖԻՐԻՆԵՐԻ ՓՈԽԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ ՆՐԱՆՑ ԿՈՂՄԱՅԻՆ ԽՄԲԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ

### Ամփոփում

Սպեկտրֆոտոմետրիայի և շրջանային դիխրոիզմի մեթոդներով ուսումնասիրվել է տարբեր կողմնային խմբերով մեզո-տետրա-(3N-պիրիդիլ)պորֆիրիների փոխազդեցությունը ԴՆԹ-ի հետ: Ցույց է տրված, որ պորֆիրինի փոքր կոնցենտրացիաների դեպքում նրանց համար նախընտրելի է փոխազդեցության ինտերկալյացիոն մեխանիզմը: Այս տիպի փոխազդեցության համար հաշվարկվել են կապման հաստատունները ( $K_b$ ) և մեկ պորֆիրինի կողմից զրադեցրած հիմնային գույշերի թիվը ( $n$ ): Կորրեայի և համահեղինակների կողմից առաջարկած մեթոդը:

L. R. ALOYAN, G. V. ANANYAN, V. I. VARDANYAN, Ye. B. DALYAN

## THE INFLUENCE OF PERIPHERAL SUBSTITUENTS ON INTERACTION OF PORPHYRINS WITH DNA

### Summary

The interaction of meso-tetra-(3N-pyridyl)porphyrins with different peripheral substituents was studied by methods of spectrophotometry and circular dichroism. It was shown that for less concentration these porphyrins bind to DNA preferably via intercalation. The binding constants ( $K_b$ ) and the number of binding sites per base pairs ( $n$ ) were calculated by Correia and co-authors' method.

**Физика**

УДК 577.3

В. И. ВАРДАНЯН

**О ДВУХ ТИПАХ ПРОТИВООПУХОЛЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ,  
ПРЕПЯТСТВУЮЩИХ РАЗДЕЛЕНИЮ НИТЕЙ ДНК ПРИ РАЗРУШЕНИИ  
ДВОЙНОЙ СПИРАЛИ**

Показано, что помимо противоопухолевых препаратов, образующих межцепочечные сшивки, разделению нитей ДНК могут препятствовать также соединения, вызывающие сильную локальную стабилизацию двойной спирали. Примерами таких соединений, приведенными в данной работе, являются комплексы платины и рутения. Предложен способ определения механизма запрещения разделения цепей ДНК противоопухолевыми препаратами и другими соединениями, основанный на сопоставлении результатов компьютерного моделирования и экспериментальных данных по плавлению комплексов ДНК.

**Введение.** Многие противоопухолевые препараты реализуют свою биологическую активность путем ковалентного сшивания нитей ДНК [1]. Сшивки, препятствуя расхождению нитей ДНК, останавливают деление клеток, однако, как правило, не препятствуют полному плавлению всех пар оснований при повышении температуры. Более того, как показывают результаты рентгеноструктурного анализа и ЯМР, они обычно вызывают локальное нарушение двойной спирали ДНК [2–5].

Известно, что стабильность коротких ДНК быстро растет с увеличением их концентрации и длины цепи. Для длинных цепей концентрационная зависимость сохраняется, но ослабевает. Наши расчеты показали, что после межцепочечного сшивания температура плавления ДНК перестает зависеть от ее концентрации, но продолжает зависеть от длины цепи. Однако у сшитых ДНК эта зависимость слабее, чем у немодифицированных ДНК.

Чтобы исследовать влияние сшивок на диссоциацию нитей ДНК и процесс плавления в целом, нами была разработана теория плавления сшитых ДНК [6]. Особое внимание было удалено диссоциации цепей после полного плавления в высокотемпературной области. С помощью этой теории рассчитывались температурные зависимости доли расплавленных пар оснований (кривая плавления) и доли полностью расплавленных (диссоциированных) молекул ДНК (кривая диссоциации).

**Модель и результаты расчетов.** Для этого исследования введем понятие идеальной сшивки. Реальная межцепочечная сшивка, помимо соединения цепей ДНК, может изменить стабильность сшитых и расположенных рядом с ними пар оснований [2], а также энергию границы между спиральными и расплавленными участками, если граница локализована в области расположения сшивки. Идеальные сшивки вызывают только эффект сшивания. В результате при расчетах удается получить влияние на плавление ДНК самого эффекта сшивания без искажений, которые всегда присутствуют в реальных экспериментах.

Расчеты показали, что идеальные сшивки стабилизируют (повышают) температуру плавления ДНК. В случае коротких цепей повышение происходит в результате превращения реакции плавления из бимолекулярной в мономолекулярную из-за подавления разделения цепей. В итоге температура плавления перестает зависеть от концентрации ДНК. Для длинных цепей увеличение температуры плавления происходит в результате уменьшения энтропии расплавленных участков в частично и полностью расплавленных ДНК.

При сшивании изменяются многие свойства двойной спирали. Так, расчеты показывают, что немодифицированный случайный АТ-полимер пла-

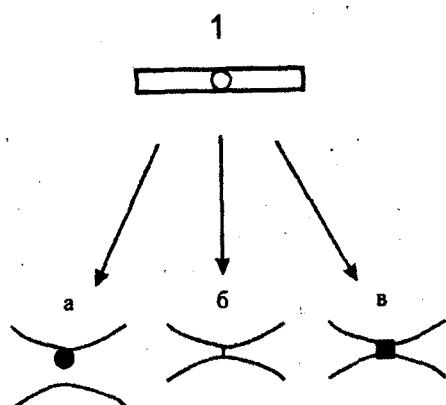
вится с концов цепи, не образуя внутренних расплавленных петель. Однако две межцепочные сшивки, расположенные на концах цепи длиной в 5000 пар оснований, вызывают формирование внутренних расплавленных участков (петель) в процессе плавления.

До последнего времени предполагалось, что только ковалентное сшивание нитей ДНК способно предотвратить их разделение. Можно было предположить, что любая из трех модификаций ДНК (см. рис. 1) при применении противоопухолевых соединений платины может дать подобный и даже более сильный эффект, если в точках химической модификации происходит очень сильное увеличение стабильности двойной спирали. В этих точках двойная спираль сохраняется в условиях, вызывающих полное разделение

Рис. 1. Химически модифицированная молекула ДНК (1) и ее состояние в условиях полного разделения нитей немодифицированной ДНК: а – монофункциональный аддукт отдельных нуклеотидов или внутрицепочечная сшивка нуклеотидов одной цепи; б – межцепочечная сшивка двух нуклеотидов различных цепей; в – сильная локальная стабилизация двойной спирали.

нитей на остальных участках ДНК (рис. 1, в). Отсюда следует, что даже нековалентное необратимое связывание с ДНК может дать такой эффект при достаточно сильной локальной стабилизации коротких участков двойной спирали.

Путем математического моделирования термодинамических свойств таких систем при помощи уравнений, полученных в работе [6], мы показали, что сильная стабилизация химически модифицированной пары оснований



молекулы ДНК вызывает образование вокруг нее двух протяженных спиральных участков, состоящих из обычных немодифицированных АТ- и GC-пар. Весь этот протяженный спиральный участок предотвращает разделение нитей в условиях полной диссоциации немодифицированной макромолекулы. Полное плавление этих немодифицированных пар возможно только при бесконечном повышении температуры. Длину этих участков ( $n$ ) можно выразить простой приближенной формулой, которая справедлива при температуре, превышающей температуру плавления немодифицированной ДНК более чем на ширину температурного интервала перехода спираль-клубок:

$$n = s / (1 - s), \quad (1)$$

$$s = \exp[\Delta S(T_m - T) / (RT)],$$

где  $\Delta S$  – изменение энтропии пары оснований при переходе спираль-клубок,  $T_m$  – температура плавления бесконечно длинной ДНК, не содержащей химических модификаций,  $T$  – температура плавления химически модифицированной ДНК,  $R$  – универсальная газовая постоянная.

Разработанный нами метод показал, что минимальная энергия стабилизации, необходимая для предотвращения диссоциации нитей ДНК в молекулах, содержащих различное число точек сильной локальной стабилизации, должна превышать 25 ккал на один моль модификации. На рис. 2 представлены расчетные зависимости изменения температуры плавления от относительного содержания модификаций для сильной локальной стабилизации (I) и межцепочечного сшивания (II).

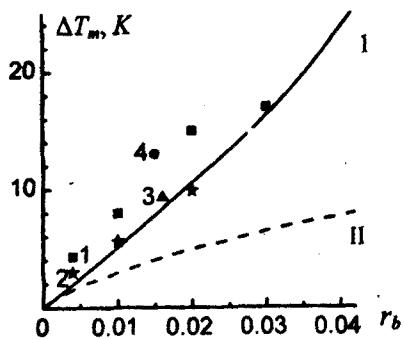


Рис. 2. Теоретические зависимости изменения температуры плавления ДНК от относительной концентрации (на нуклеотид) мест сильной локальной стабилизации (I), в которых сохраняются участки двойной спирали при диссоциации остальной макромолекулы ДНК, и межцепочечных сшивок (II). Точки – экспериментальные данные для соединений 1–4:

1.  $[\text{cis-PtCl}(\text{NH}_3)_2\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2]^{2+}$  ( $n=4$ );
2.  $[\text{cis-PtCl}(\text{NH}_3)_2\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2]^{2+}$  ( $n=6$ );
3.  $[\text{trans-PtCl}(\text{NH}_3)_2\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2]^{2+}$ ;
4.  $[\text{Ru(phen)}_2(\text{OH}_2)]^{2+}$ .

ляющий установить молекулярный механизм действия противоопухолевых металлокомплексов (а также других потенциальных противоопухолевых соединений). Можно определить, является ли то или иное соединение сиваю-

тельный содержание модификаций для сильной локальной стабилизации (I) и межцепочечного сшивания (II). Из рисунка видно, что локальная стабилизация вызывает очень сильное увеличение общей стабильности двойной спирали (температуры плавления ДНК), если имеется более одной модификации на 100 пар оснований ДНК. Межцепочечное сшивание ДНК вызывает значительно меньшее увеличение температуры плавления. Сопоставление экспериментальных данных (точки) [7–9] для противоопухолевых соединений 1–4 (рис. 2) с расчетными кривыми показывает, что все эти соединения повышают температуру плавления на величину, предсказанную теорией для мест сильной локальной стабилизации и предотвращают разделение нитей ДНК. То есть, процесс проходит по указанному нами механизму.

Кривую I (рис. 2), полученную для мест сильной локальной стабилизации, можно использовать как критерий, позво-

щим агентом, который предотвращает разделение нитей ДНК, но не препятствует разрушению двойной спирали в точке модификации, или рассматриваемое соединение вызывает сильную локальную стабилизацию, которая не только предотвращает разделение нитей ДНК, но и препятствуют разрушению двойной спирали.

Отбор соединений, образующих межцепочечные сшивки или места сильной локальной стабилизации, можно проводить на основании их способности восстанавливать двойную спираль ДНК после нагревания растворов до температур, значительно превышающих температуру плавления ДНК, и дальнейшего охлаждения. Если изучаемое соединение не вызывает практически полного восстановления двойной спирали, это означает, что оно не формирует ни межцепочечных сшивок, ни мест сильной локальной стабилизации. Если соединение вызывает восстановление двойной спирали, а температура плавления оказывается ниже, чем на кривой I для одной и той же концентрации, то оно формирует межцепочечные сшивки. Если же точки окажутся выше кривой I, то данное соединение вызывает формирование мест сильной локальной стабилизации.

Таким образом, разработанный метод выявления мест сильной локальной стабилизации позволяет провести исследование уже известных противоопухолевых металлокомплексов, установить их эффективность, а также выявить новые соединения, реализующие свою биологическую активность через необратимое связывание с ДНК.

Автор выражает благодарность профессору Д.Ю. Ландо за помощь, оказанную при выполнении данной работы.

*Работа поддержанна фондом МНТЦ (грант А301.2).*

*Кафедра молекулярной физики*

*Поступила 23.05.2006*

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Kohn K.W. – Cancer Research, 1996, v. 56, p. 5533–5546.
2. Hofr C., Brabec V. – J. Biol. Chem., 2001, v. 276, p. 9655–9651.
3. Takahara P.M., Rosenzweig A.C., Frederick C.A., Lippard S.J. – Nature, 1995, v. 377, p. 649–652.
4. Van Boom S.S.G.E., Yang D., Reedijk J., Van der Marel G.A., Wang A.H.-J. – J. Biomol. Struct. Dynam., 1996, v. 13, p. 989–998.
5. Breslauer K.J. – Methods in Enzymology, 1995, v. 258, p. 221–242.
6. Dalyan Y.B., Fridman A.S., Lando D.Y., Vardanyan V.I. – Proceedings of the International Conference on unification and optimization of radiation monitoring on NPP location regions. Yerevan, 2004, p. 30–39.
7. Farrell N., Qu Y., Feng L., Van Houten B. – Biochemistry, 1990, v. 29, p. 9522–9531.
8. Grover N., Welch T.W., Fairley T.A., Cory M., Thorp H.H. – Inorg. Chem., 1994, v. 33, p. 3544–3548.
9. Kasparkova J., Novakova O., Vrana O., Farrell N., Brabec V. – Biochemistry, 1999, v. 38, p. 10997–11005.

ԿՐԿՆԱԿԻ ՊԱՐՈՒՅՐԻ ՔԱՅՔԱՅՄԱՆ ԴԵՊՔՈՒՄ ԴՆԹ-Ի ԾՂԹԱՆԵՐԻ  
ԲԱԺՄԱՆՄԱՆ ԽՈՉԵԼՇԴՈՏՈՂ ԵՐԿՈՒ ՏԻՊԻ ՀԱԿԱՌՈՒՈՒՑՔԱՅԻՆ  
ՄԻԱՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՍԱՍԻՆ

### Ամփոփում

Ցույց է տրված, որ բացի միջշղթայական կցակարում առաջացնող հակառակուցքային միացություններից, ԴՆԹ-ի շղթաների բաժանմանը կարող են խոչընդոտել նաև որոշ միացություններ, որոնք առաջացնում են պարույրի ուժեղ տեղային կայունացում: Այդպիսի միացությունների օրինակ են հանդիսանում աշխատանքում քննարկված պլատինային և ռուբենիումային միացությունները: Առաջարկված է եղանակ, որը թույլ է տալիս պարզաբանել հակառակուցքային և այլ միացություններով պայմանավորված ԴՆԹ-ի շղթաների բաժանումը կանխարգելող մեխանիզմները: Այդ եղանակը հիմնված է ԴՆԹ-ի կոմպլեքսների հալման համակարգչային մոդելավորման արդյունքների և փորձարարական տվյալների համադրման վրա:

V. I. VARDANYAN

### ON THE TWO TYPES OF ANTITUMOR COMPOUNDS PROHIBITING STRAND SEPARATION UNDER THE DOUBLE HELIX DAMAGE

#### Summary

It is shown that, besides antitumor drugs that form interstrand crosslink, DNA strand separation can be prohibited by compounds that induce a strong local stabilization of the double helix. Ruthenium and platinum complexes, examples of such compounds, are revealed in this work. A method of determination of concrete binding mechanism is proposed. The method is based upon comparison of results of computer modeling with experimental data on melting of DNA complexes with compounds under consideration.

Химия

УДК 548.75+539.23+576.742+548.0:535

Н. М. БЕЙЛЕРЯН, П. Г. МИНАСЯН, Дж. Г. ЧШМАРИТЬЯН

О КОНСТАНТАХ СКОРОСТИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ АКТОВ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ АКРИЛАМИДА В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ, ИНИЦИИРОВАННОЙ ПЕРСУЛЬФАТОМ КАЛИЯ

Дилатометрическим методом определена скорость полимеризации ( $W_{\text{рв}}$ ). Установлен закон скорости реакции, что позволило определить эффективную константу скорости ( $k_p$ ). С использованием метода ингибиторов определена константа скорости инициирования ( $k_{in}$ ). На основании полученных нами вышеуказанных кинетических параметров и последних литературных данных [16] о значении стационарной концентрации растущих цепей [ $R^*$ ]<sub>сн</sub> определялись константы элементарных актов роста ( $k_r$ ) и обрыва ( $k_{ob}$ ) цепей при 323 K.

**Введение.** Полиакриламид – водорастворимый полимер, который применяется в различных областях народного хозяйства [1]. Получается в основном радикальной полимеризацией акриламида (АА) в водных растворах. Полимеризация инициируется фото-, а также вещественными инициаторами, большей частью персульфатами. Основные кинетические данные обобщены в монографии [2]. Установлено, что кинетика полимеризации очень чувствительна к кислотности среды, так как полиакриламид может гидролизоваться и привести к появлению различных функциональных групп в основной макроцепи. Это, в частности, относится и к мономеру. Кроме того, сам мономер может образовать ассоциаты, в частности димеры. По всей вероятности, это обстоятельство является основной причиной того, что у разных авторов кинетические данные в некоторой степени расходятся [2].

Цель кинетических исследований радикально-цепных реакций – выяснить механизм процесса, определить константы скоростей элементарных реакций.

Известно, что

$$W_{\text{рв}} = k_p [R^*]_{\text{сн}} [M], \quad (1)$$

где  $k_p$  – константа роста,  $[R^*]_{\text{сн}}$  – стационарная концентрация растущих цепей,  $[M]$  – концентрация мономера в данный момент времени.

Из теории идеальной радикальной полимеризации следует:

$$W_{\text{пол}} = k_{\text{ср}} [I]^{1/2} [M], \quad (2)$$

где  $k_{\text{ср}}$  – эффективная константа скорости,  $[I]$  – концентрация инициатора,

$$k_{\text{ср}} = \sqrt{k_{\text{ин}} \cdot \frac{k_p}{\sqrt{k_{\text{об}}}}} \quad (3)$$

( $k_{\text{ин}}$  – константа скорости инициирования цепей,  $k_{\text{об}}$  – константа обрыва цепей). Таким образом,

$$\frac{k_p}{\sqrt{k_{\text{об}}}} = \frac{k_{\text{ср}}}{\sqrt{k_{\text{ин}}}} \quad (\text{см. [3]}). \quad (4)$$

$k_{\text{ср}}$  определяется с использованием (2), а  $k_{\text{ин}}$  – методом ингибиторов:

$$W_{\text{ин}} = f \frac{[InH]_0}{\tau_{\text{инд}}} = k_{\text{ин}} [I], \quad (5)$$

где  $[InH]_0$  – исходная концентрация ингибитора,  $\tau_{\text{инд}}$  – период индукции, а  $f$  – коэффициент ингибирования. Значение  $f$  зависит в основном от природы ингибитора.

Таким образом, для определения  $k_p$ , следовательно и  $k_{\text{об}}$  [см. (4)], необходимо знание величины  $[R^*]_{\text{cm}}$ .

В литературе описаны в основном фотохимические методы [3], которые позволяют определить отношение  $k_p/k_{\text{об}}$ . Сочетая это с (4), легко определить значения обеих констант.

Надо отметить, что для фотоинициирования часто приходится использовать фотосенсибилизаторы и другие ингредиенты, которые, по нашему мнению, могут быть неиндифферентными по отношению к процессу в целом. Кроме того, не исключается возможность дополнительной активации растущих цепей под воздействием излучений.

$k_p$  и  $k_{\text{об}}$  для основных классических виниловых мономеров определены методами, описанными в [3]. Однако следует констатировать, что их значения в некоторой степени расходятся, даже на порядки (см. также [4]). Для указанной цели ныне используется импульсно-лазерный метод, разработанный Олаем и сотр. [5].

Плюсниным и Чирковым [6] был предложен чисто химический способ определения  $k_p$  и  $k_{\text{об}}$  с использованием метода двойного ингибирования. Суть в следующем. Одно и то же количество ингибитора добавляется в систему, во-первых, в начале процесса, затем – когда полимеризация протекает со стационарной скоростью. По разности измеренных двух периодов индукции  $\Delta\tau = \tau_0 - \tau$ , определяется  $[R^*]_{\text{cm}}$ . По этому методу авторами определены  $k_p$  и  $k_{\text{об}}$  полимеризации тетрафторэтилена. Метод очень трудоемкий, и его применение корректно, когда  $\Delta\tau$  значительно больше погрешности измерений периода индукции.

Нами сделана попытка впервые применить этот метод при полимеризации АА в водных растворах ( $\text{pH} \approx 7$ ). В качестве инициатора был использован персульфат калия (ПК).

**Экспериментальная часть.**  $W_{\text{пол}}$  определялась дилатометрически. Дилатометр трехкратно подвергался дегазации при температуре жидкого азота и остаточном давлении  $\sim 10^{-3}$  мм рт. ст.; промывался гелием особой чистоты. Объем дилатометра 7,5 мл. ПК перекристаллизовался четырехкратно из бидистиллята и сушился при  $T < 313$  К. Мономер перекристаллизовался из чистого этанола и хранился в холодильнике.

Все растворы изготавливались на бидистиллированной воде. Опыты ставились при  $T = 323$  К. Температура поддерживалась постоянной с точностью  $\pm 0,2^\circ\text{C}$ .

В качестве ингибитора использовался 2,2',6,6'-тетраметил-4-оксипиперидин-1-оксил ( $RNO^{\cdot}$ ). Опыты с  $RNO^{\cdot}$  проводились следующим образом. В начале опыта в реакционную смесь добавляли ингибитор определенной концентрации. После фиксации первого индукционного периода ( $\tau_0$ ) следили за ходом полимеризации до  $\sim 16\%$  превращения, затем шприцем вводили вторую порцию ингибитора той же концентрации. После фиксации второго индукционного периода ( $\tau_1$ ) следили за ходом полимеризации до  $\sim 30\%$  превращения и на этом завершали опыт. По нашим наблюдениям, произошло некоторое снижение стационарной скорости полимеризации после добавления ингибитора по ходу процесса.

#### Полученные результаты и их обсуждение.

1. *Определение  $W_{\text{пол}}$ .* Как было отмечено выше, все опыты проводились при 323 К. Концентрация мономера  $[\text{AA}]_0 = 0,6 M = \text{const}$ ,  $[\text{ПК}]_0$  варьировалась в интервале  $(4,0-8,0) \cdot 10^{-3} M$ . Данные для  $W_{\text{пол}}$ , полученные при этих условиях, приведены в табл. 1.

Таблица 1

$[\text{ПК}]_0, M$	0	$4 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-3}$
$W_{\text{пол}}, M \cdot c^{-1}$	0	$2,45 \cdot 10^{-4}$	$2,82 \cdot 10^{-4}$	$3,30 \cdot 10^{-4}$

Далее, при концентрации  $[\text{ПК}]_0 = 8 \cdot 10^{-3} M = \text{const}$  и при варьировании  $[\text{AA}]_0$  в интервале  $0,4-0,7 M$  также получены значения  $W_{\text{пол}}$  (табл. 2).

Таблица 2

$[\text{AA}]_0, M$	0	0,4	0,6	0,7
$W_{\text{пол}}, M \cdot c^{-1}$	0	2,40	3,30	4,00

Из данных, приведенных в таблицах, легко убедиться, что скорость полимеризации пропорциональна как  $[\text{ПК}]_0^{1/2}$ , так и  $[\text{AA}]_0$ . Таким образом, можем написать

$$W_{\text{нк}} = k_{\text{зф}} [\text{ПК}]^{1/2} \cdot [\text{AA}]_0, \quad (6)$$

что фактически следует из теории (см. (2)).

Из (6) можем определить  $k_{\text{зф}} = 6,3 \cdot 10^{-3} M^{-1/2} \cdot c^{-1}$  с погрешностью, не превышающей 5%. В работе [7] при 323 K приводится значение  $k_{\text{зф}} = 4,9 \cdot 10^{-3} M^{-1/2} \cdot c^{-1}$ .

2. *Определение  $W_{\text{нк}}$  и  $k_{\text{нк}}$ .* Значения  $\tau_{\text{нкд}}$ , полученные нами методом ингибиторов, приведены в табл. 3.

Таблица 3

$$[\text{ПК}]_0 = 8 \cdot 10^{-3} M, [\text{AA}]_0 = 0,6 M, T=323 K$$

$[\text{RNO}^{\bullet}]_0, M$	$0,70 \cdot 10^{-5}$	$1,75 \cdot 10^{-5}$	$3,50 \cdot 10^{-5}$
$\tau_{\text{нкд}}, \text{мин}$	9,0	22,1	45,1

Из этих данных следует, что (см. (5))

$$W_{\text{нк}} = \frac{[\text{RNO}^{\bullet}]_0}{\tau_{\text{нкд}}} = 1,3 \cdot 10^{-8} M \cdot c^{-1}, \text{ при } f=1 [8].$$

Погрешность не превышает 7%.

Непосредственные опыты показали, что  $W_{\text{нк}}$  пропорциональна  $[\text{ПК}]_0$  и не зависит от  $[\text{AA}]_0$ . Таким образом, по формуле (5)

$$W_{\text{нк}} = 1,3 \cdot 10^{-8} M \cdot c^{-1} = k_{\text{нк}} [\text{ПК}]_0.$$

Отсюда при  $[\text{ПК}]_0 = 8 \cdot 10^{-3} M$  получаем  $k_{\text{нк}} = 1,62 \cdot 10^{-6} c^{-1}$ . Согласно [6], при 323 K  $k_{\text{нк}} = 1,75 \cdot 10^{-6} c^{-1}$ .

С другой стороны,  $k_{\text{нк}} = 2Fk_{\text{рас}}$ , где  $F$  – эффективность инициирования = 0,5 [6],  $k_{\text{рас}}$  – константа распада инициатора. Таким образом, получается  $k_{\text{рас}} = k_{\text{нк}}$ . Согласно [9], при 323 K  $k_{\text{рас}} = 1,5 \cdot 10^{-6} c^{-1}$ . Аналогичный результат получен нами ранее [10, 11].

Ввиду того, что полученные нами значения  $k_{\text{зф}}$  и  $k_{\text{нк}}$  достоверны, можем определить отношение  $k_p / \sqrt{k_{\text{об}}}$  (см. стр. 14 и 15 в [3]):

$$\frac{k_p}{\sqrt{k_{\text{об}}}} = \frac{k_{\text{зф}}}{\sqrt{k_{\text{нк}}}} = 5,0 M^{-1/2} \cdot c^{-1/2}. \quad (7)$$

В [12] для этого отношения приводится 5,5–6,4, а в [13]  $3,3 M^{-1/2} \cdot c^{-1/2}$ .

Таким образом, наш результат (7) достоверный, которым далее воспользуемся.

3. *Определение стационарной концентрации растущих радикалов  $[R^{\bullet}]_{\text{ст}}$ .* Эта часть работы потребовала выполнения большого количества опытов для того, чтобы найти те концентрации  $[\text{ПК}]_0$ , а также  $[\text{RNO}^{\bullet}]_0$ , кото-

рые позволяют получить приемлемую разность индукционных периодов ( $\Delta\tau = \tau_0 - \tau_i$ ).

В работе [6] показано, что

$$\frac{[InH]_0}{\tau_0} = \frac{[InH]_0 - [R^*]_{cm}}{\tau_i}, \quad (8)$$

откуда

$$[R^*]_{cm} = \frac{[InH]_0}{\tau_0} \cdot \Delta\tau = W_{in} \Delta\tau. \quad (9)$$

Наши опыты показали, что, согласно формуле (9), с увеличением  $W_{in}$   $\Delta\tau$  уменьшается. Однако, например, для  $W_{in} = 6,28 \cdot 10^{-10} M \cdot c^{-1}$ , полученной нами,  $\Delta\tau = 2,5$  мин, что практически не отличается от погрешности определения разности периодов индукции. Только для  $W_{in} < 1,6 \cdot 10^{-10} M \cdot c^{-1}$   $\Delta\tau$  становится больше 10 мин. Но в этом случае, во-первых, индукционный период длится больше трех часов, во-вторых, после выхода системы из индукционного периода стационарная скорость полимеризации уменьшается. И, в-третьих, из (9) следует соотношение

$$\frac{[R^*]_{cm}}{[\PiK]_0^{1/2}} = k_{in} [\PiK]_0^{1/2} \Delta\tau, \quad (10)$$

которое у нас не выполняется. При скоростях  $W_{in}$  от  $0,86 \cdot 10^{-10}$  до  $3,24 \cdot 10^{-10} M \cdot c^{-1}$  получается практически постоянная концентрация  $[R^*]_{cm}$  (со средним значением  $[R^*]_{cm} = 1 \cdot 10^{-7} M$ ), что противоречит теории. Таким образом, следует полагать, что предложенный в [6] метод не применим для полимеризации АА.

Значения  $k_p$  и  $k_{ob}$  для полимеризации АА впервые определены в [14] методом вращающегося сектора в присутствии  $H_2O_2$  и Fe(III). При  $pH = 0,1$  и  $T = 298 K$   $k_p = 1,80 \cdot 10^4 M^{-1} \cdot c^{-1}$  и  $k_{ob} = 1,45 \cdot 10^7 M \cdot c^{-1}$ . Однако ими же установлено в [15], что обе эти константы сильно зависят от pH среды (такие данные приведены также в [2]).

Работа [16], опубликованная в конце 2005 г., посвящена определению  $k_{ob}$  полимеризации АА в водных растворах при низких конверсиях. Оказалось, что некоторые условия проведения опытов сходятся с нашими:  $T = 323 K$ ,  $[AA]_0 = 0,44 M$  (у нас =  $0,6 M$ ),  $W_{pol}$  определялась дилатометрически. Но полимеризация инициировалась под воздействием  $\gamma$ -облучения. Опыты ставились при трех скоростях инициирования:  $W_{in} = 4,55 \cdot 10^{-9}$ ;  $1,93 \cdot 10^{-8}$  и  $1,38 \cdot 10^{-7} M \cdot c^{-1}$ . Полимеризация идет с самозамедлением. Начальная скорость полимеризации  $1,7 \cdot 10^{-4} M \cdot c^{-1}$ . У нас полимеризация инициировалась гомолизом ПК. Основные измерения проводились при  $[\PiK]_0 = 8 \cdot 10^{-3} M$ . При этом  $W_{in} = 1,3 \cdot 10^{-8} M \cdot c^{-1}$ . В области стационарности  $W_{pol} = 3,3 \cdot 10^{-4} M \cdot c^{-1}$ .

Эти сходства и позволили нам воспользоваться значением  $[R^*]_{cm}$ , приведенными в [16] (см. табл. 4).

Таблица 4

$W_{un}, M \cdot c^{-1}$ ,	$0,455 \cdot 10^{-8}$	$1,93 \cdot 10^{-8}$	$13,8 \cdot 10^{-8}$
$[R^*]_{cm}, M$	$1,29 \cdot 10^{-7}$	$1,58 \cdot 10^{-7}$	$3,49 \cdot 10^{-7}$

Из зависимости  $[R^*]_{cm}$  от  $W_{un}$  (табл. 4) для значения  $W_{un} = 1,3 \cdot 10^{-8} M \cdot c^{-1}$  нами определялась соответствующее значение  $[R^*]_{cm} = 1,4 \cdot 10^{-7} M$ . С учетом этой величины и  $[ПК]_0 = 8 \cdot 10^{-3} M$  при  $323 K$  и  $pH=6,7$  нами определялись  $k_p = \frac{W_{pol}}{[R^*]_{cm}[M]} = 4,0 \cdot 10^3 M^{-1} \cdot c^{-1}$  и  $k_{ob} = \frac{W_{un}}{[R^*]_{cm}^2} = 0,70 \cdot 10^6 M^{-1} \cdot c^{-1}$ . С другой стороны, из формулы (7) получаем  $k_p = 4,2 \cdot 10^3 M^{-1} \cdot c^{-1}$  и  $k_{ob} = 0,64 \cdot 10^6 M^{-1} \cdot c^{-1}$ . Таким образом, средние значения будут  $k_p = (4,1 \pm 0,1) \cdot 10^3 M^{-1} \cdot c^{-1}$  и  $k_{ob} = (0,67 \pm 0,03) \cdot 10^6 M^{-1} \cdot c^{-1}$ . Согласно [16], при  $pH=5,5$  получены  $k_p = 6,0 \cdot 10^3 M^{-1} \cdot c^{-1}$  и  $k_{ob} = 3,3 \cdot 10^6 M^{-1} \cdot c^{-1}$ . Почти такие результаты получены Громовым и др. [17], хотя в [12] эти же авторы приводят несколько завышенные значения для указанных параметров.

Кафедра физической и коллоидной химии

Поступила 30.09.2005,  
после доработки – 30.01.2006

## ЛИТЕРАТУРА

- Савицкая М.Н., Холодова Ю.Д. Полиакриламид (гл. IV). Киев: Техника, 1969.
- Абрамова Л.И., Байбурдов Т.А., Григорян Э.П., Зильберман Е.Н., Куренков В.Ф., Мягченков В.А. Полиакриламид. М.: Химия, 1992.
- Багдасарьян С.Х. Теория радикальной полимеризации. М.: Химия, 1966.
- Липатов Ю.С., Нестеров А.Е., Гриценко Т.М., Веселовский Р.А. Справочник по химии полимеров. Киев.: Наукова думка, 1971, с. 96–103.
- Olaj O.F., Bitai I. – Angew. Makromol. Chemie, 1987, B. 155, s. 177.
- Плюснин А.Н., Чирков Н.М. – Теоретическая и экспериментальная химия, 1966, т. 11, вып. 6, с. 776–782.
- Громов В.Ф., Матвеева А.В., Абкин А.Д., Хомиковский П.М., Мирохина Е.И. – ДАН СССР, 1968, т. 179, № 2, с. 374–377.
- Кабанов В.А., Топчев Д.А. Полимеризация ионизующихся мономеров (гл. II). М.: Наука, 1975.
- Kolthoff I.M., Miller I. – J. Am. Chem. Soc., 1951, v. 73, p. 3055–3058.
- Beylerian N., Ruckenstein E., Grigoryan J., Grigoryan V., Harutyunyan R., Asaturyan R. – Oxid. Commun., 2002, v. 25, № 3, p. 383–394.
- Beylerian N., Vardanyan L., Harutyunyan R., Vardanyan R. – Macro. Chem. and Phys., 2002, v. 203, p. 212–218.
- Suen T.J., Yun Ten, Lockwood J.V. – J. Poly. Sci., 1958, v. 31, p. 481–497.

13. Gromov V.F., Galperina N.I., Osmanov T.O. , Khomikovski P.M., Abkin A.D. – Europ. Poly. J., 1980, v. 16, p. 529–535.
14. Dainton F.S., Tordoff M. – Trans. Far. Soc., 1957, v. 53, p. 499–511.
15. Curric D.J., Dainton F.S., Watt W.S. – Polymer, 1965, v. 6, № 9, p. 451–453.
16. Seabrook Sh.A., Pascal Ph., Tonge M.P., Gilbert R.G. – Polymer, 2005, v. 46, p. 9562–9573.
17. Громов В.Ф., Хомиковский П.М., Абкин А.Д., Розанова Н.А. – ВМС, Б, 1968, т. 10, с. 754–757.

Ն. Մ. ԲԵՅԼԵՐՅԱՆ, Փ. Գ. ՄԻՆԱՍՅԱՆ, Զ. Հ. ՇՇՄԱՐԻԹՅԱՆ

ԶՐԱՅԻՆ ԼՈՒԾՈՒՅԹՈՒՄ ԿԱԼԽՈՒՄԻ ՊԵՐՍՈՒԼՖԱՏՈՎ  
ՀԱՐՈՒՅՎԱԾ ԱԿՐԻԼԱՍԻԴԻ ՊՈԼԻՍԵՐԱՑՍԱՆ ՏԱՐՐԱԿԱՆ ԱԿՏԵՐԻ  
ԱՐԱԳՈՒԹՅԱՆ ՀԱՍՏԱՏՈՒՆՆԵՐԻ ՍԱՍԻՆ

### Ամփոփում

Դիլատոմետրական եղանակով որոշված են պոլիմերացման արագությունը և պոլիմերացման արագության արդյունավետ հաստատունը: Ինիիքտորների մեթոդով որոշված է պրոցեսի հարուցման արագության հաստատունը: Առող շղթաների ստացիոնար կոնցենտրացիաների մասին սեփական արդյունքների և զրականության նոր տվյալների հիման վրա որոշվել են շղթաների աճի և հատման տարրական ակտերի հաստատունները 323 Կ ջերմաստիճանում:

N. M. BEYLERIAN, P. G. MINASSIAN, J. H. CHSHMARITYAN

ON THE RATE CONSTANTS OF ELEMENTARY STEPS OF INITIATED  
WITH POTASSIUM PERSULFATE ACRYLAMIDE POLYMERIZATION  
IN WATER SOLUTIONS

### Summary

By dilatometric method rate of polymerization and the polymerization effective constant determined. Using the inhibitory method the initiating rate constant has been determined. Making use our own experimental results and recent literature data the chain propagation and termination, rate constants have been determined at 323 K.

Химия

УДК 541

А. Л. ЗАТИКЯН

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОЛЕКУЛЯРНЫХ КОМПЛЕКСОВ  
ДИЭТИЛСУЛЬФОКСИД-ВОДА

Проведены *ab initio* квантово-химические теоретические исследования молекулярных комплексов ДЭСО- $H_2O$ . Полный анализ расчетов подтвердил существование двух видов комплексов, что сопоставимо с экспериментальными результатами колебательных спектров водных растворов диэтилсульфоксида. С помощью компьютерной программы Gaussian 98 рассчитаны структурные, энергетические характеристики и теоретические колебательные частоты молекулярных комплексов ДЭСО- $H_2O$ .

Структура водных растворов неэлектролитов довольно сложна и требует разносторонних исследований с применением различных экспериментальных и теоретических методов. Основой современных исследований таких систем является изучение и установление характера взаимодействий растворенного вещества и растворителя на молекулярном уровне.

Известно, что диметилсульфоксид (ДМСО) и диэтилсульфоксид (ДЭСО) обладают комплексом уникальных физико-химических свойств [1-3], благодаря чему они находят широкое применение в медико-биологических исследованиях. Экспериментально показано, что при глубоком замораживании ( $-196^{\circ}C$ ) мембранный потенциал *Escherichia coli* резко уменьшается, а присутствие ДМСО и ДЭСО в качестве криопротекторов приводит к уменьшению значений потенциала [4].

В ряде опытов было установлено, что действие ДЭСО на рост, выживаемость и ионный транспорт бактерий сопоставимо с поведением его гомолога – ДМСО. Кроме того, подобные эффекты были более заметны при низкой концентрации ДЭСО [5].

Недавно было установлено также, что система ДЭСО- $H_2O$  может обеспечить аморфное, стеклообразное состояние, избегая образования кристаллов льда, в широкой концентрационной области и при глубоком замораживании. Кроме того, результаты исследований выявили, что молекулы ДЭСО больше, чем молекулы ДМСО способны проникнуть в живую ткань, не повреждая ее [6], а также взаимодействовать со спиралью и с денатурированной формой ДНК. В этом случае ДЭСО взаимодействует с ДНК через гидрофобную часть, что приводит к уменьшению денатурации [7].

**Методы исследования.** Расчеты были выполнены с помощью пакета прикладных программ Gaussian 98 [8]. Для предварительных исследований использовалась программа HyperChem 6.0. Эти результаты были исходными моделями для более сложных неэмпирических расчетов комплексов ДЭСО–H<sub>2</sub>O. Визуализация данных расчетов осуществлялась с помощью программы GaussView 3.0.

Расчеты проводились неэмпирическим методом Хартри–Фока (RHF) с использованием следующих базисных наборов: 6–31+G\* и 6–311++G\*\*.

**Результаты расчетов и их обсуждения.** На основании экспериментальных результатов (ИК, КР) показано, что в системе ДЭСО–H<sub>2</sub>O одновременно могут существовать ассоциаты, обусловленные диполь–дипольными, гидрофильными и гидрофобными взаимодействиями [9].

Таблица 1

*Основные геометрические и энергетические параметры комплексов ДЭСО–H<sub>2</sub>O*

Параметры	ДЭСО–H <sub>2</sub> O (I)		ДЭСО–H <sub>2</sub> O (II)	
	RHF/6-31+G*	RHF/6-311++G**	RHF/6-31+G*	RHF/6-311++G**
R(S <sub>2</sub> =O <sub>10</sub> ), Å	1,50437	1,50035	1,49582	1,49173
R(O <sub>10</sub> ...H <sub>17</sub> ), Å	1,90694	1,89841	—	—
R(O <sub>18</sub> ...H <sub>6</sub> ), Å	—	—	2,78137	2,77225
R(O <sub>18</sub> ...H <sub>7</sub> ), Å	—	—	2,78638	2,77333
q(H <sub>5</sub> ), Кл	0,277	0,243	0,235	0,197
q(H <sub>6</sub> ), Кл	0,217	0,146	0,247	0,197
q(H <sub>7</sub> ), Кл	0,217	0,146	0,247	0,197
q(H <sub>8</sub> ), Кл	0,276	0,243	0,235	0,197
q(H <sub>17</sub> ), Кл	0,606	0,338	0,506	0,265
q(H <sub>19</sub> ), Кл	0,500	0,263	0,516	0,308
q(O <sub>10</sub> ), Кл	-0,912	-0,505	-0,849	-0,516
q(O <sub>18</sub> ), Кл	-1,103	-0,588	-0,999	-0,528
Дипольный момент, Д	3,0810	3,2543	5,7672	5,7375
Полная энергия, Хартри	-705,64963094	-705,76592507	-705,64021422	-705,75701733
Энергия взаимодействия, ккал/моль	-8,982384336	-8,93013162	-3,073303077	-3,340440147

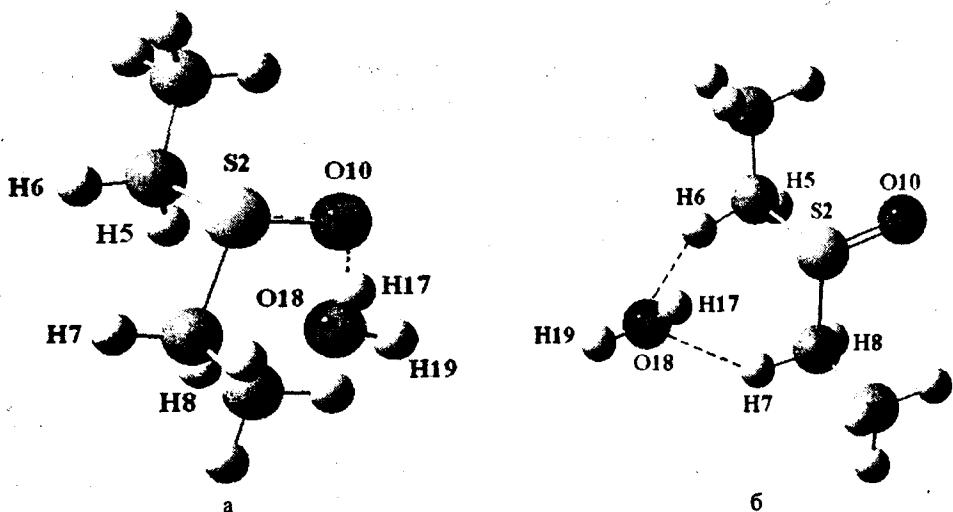
С помощью компьютерной программы Gaussian 98 рассчитаны структурные, энергетические характеристики (табл. 1) и теоретические колебательные частоты (табл. 2) молекулярных комплексов ДЭСО–H<sub>2</sub>O (I) и ДЭСО–H<sub>2</sub>O (II), представленных на рисунке.

Таблица 2

*Рассчитанные колебательные частоты (см<sup>-1</sup>) чистого ДЭСО и его комплексов*

Соединение	6–31+G*		6–311++G**	
	$\bar{v}_{S=0}$	$\bar{v}_{OH}$	$\bar{v}_{S=0}$	$\bar{v}_{OH}$
ДЭСО	1107,43	—	1091,85	—
	1060,25	—	1049,05	—
ДЭСО–H <sub>2</sub> O (I)	1094,39	4153,96	1081,34	4215,49
	1054,42	3908,68	1043,12	3947,13
ДЭСО–H <sub>2</sub> O (II)	1106,06	4179,80	1091,87	4235,27
	1060,81	4062,57	1050,19	4134,08

В результате расчетов было выявлено, что образование комплекса ДЭСО–H<sub>2</sub>O (I) происходит через гидрофильную часть молекулы ДЭСО, как это представлено в работе [10], а ДЭСО–H<sub>2</sub>O (II) – через гидрофобную, т.е. посредством водородов, находящихся при α-углероде.



Пространственные структуры комплексов: а) ДЭСО–H<sub>2</sub>O (I), б) ДЭСО–H<sub>2</sub>O (II).

Подобного типа комплексы образуются и при взаимодействии молекулы ДЭСО с электролитами, в частности с LiCl [11].

Кафедра физической и коллоидной химии

Поступила 11.07.2006

## ЛИТЕРАТУРА

1. Markarian S.A., Galstian A.S., Stockhausen M. – Z. Naturforsch, 2001, v. 56a, p. 785.
2. Markarian S.A., Stockhausen M. – Z. Naturforsch, 2000, v. 55a, p. 667.
3. Markarian S.A., Grigorian K.R., Simonian L.K. – J. Chem. Soc. Faraday Trans. 1, 1987, v. 83, p. 1189.
4. Маркарян Ш.А., Баграмян К.А., Аракелян В.Б. – Биофизика, 2002, т. 47, вып. 2, с. 315–317.
5. Markarian S.A., Poladyan A.A., Kirakosyan G.R., Trchounian A.A., Bagramyan K.A. – Letters in Applied Microbiology, 2002, v. 34, p. 417–421.
6. Markarian S.A., Bonora S., Bagramyan K.A., Arakelyan V.B. – Cryobiology, 2004, v. 49, p. 1–9.
7. Markarian S.A., Asatryan A.M., Grigoryan K.R., Sargsyan H.R. – Biopolymers, 2006, v. 81, p. 1–5.
8. Frisch M.J. et al. Gaussian 98. Revision A.9, Gaussian, Inc., Pittsburgh PA, 1998.
9. Markarian S.A., Zatikyan A.L., Bonora S., Fagnano J. – J. Mol. Struct., 2003, v. 655, p. 285–292.
10. Markarian S.A., Zatikyan A.L. *Ab initio* study of structure of DESO–H<sub>2</sub>O complex; WATOC 2005, Modelling Structure and Reactivity, 16–21 January, 2005, Cape Town, South Africa.
11. Markarian S.A., Gabrielian L.S., Zatikyan A.L., Bonora S., Trinchero A. – Vibrational Spectroscopy, 2005, v. 39, p. 220–228.

Ա. Լ. ԶԱՏԻԿՅԱՆ

ԴԻԵԹԻԼՍՈՒԼՖՈԽՈՎԱԿԱՆ ԿՈՍՊՈԼԵՔՍՆԵՐԻ  
ՏԵՍԱԿԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ամփոփում

Աշխատանքում ներկայացված են ԴԷՍՕ- $H_2O$  մոլեկուլային կոմպլեքսների *ab initio* քվանտաքիմիական տեսական հետազոտությունների արդյունքները, որոնք համադրելի են ԴԷՍՕ-ի ջրային լուծույթների տատանողական սպեկտրների փորձարարական ուսումնասիրությունների արդյունքների հետ: Հաշվարկների շնորհիկ հաստատվել է ԴԷՍՕ- $H_2O$  (I) և ԴԷՍՕ- $H_2O$  (II) տիպի կոմպլեքսների առկայությունը, ինչպես նաև նրանց կառուցվածքը և էներգետիկ բնուրագրերը, որոնց հիման վրա տեսականորեն որոշվել են վերոհիշյալ կոմպլեքսների տատանողական հաճախությունները:

A. L. ZATIKYAN

THEORETICAL STUDY OF THE DIETHYLSULFOXIDE-WATER  
MOLECULAR COMPLEXES

Summary

In this article theoretical studies of DESO- $H_2O$  molecular complexes by *ab initio* quantum-chemical calculation is presented. From the vibrational spectroscopic studies of diethylsulfoxide water solutions the possibility of formation of DESO- $H_2O$  (I) and DESO- $H_2O$  (II) complexes is developed. By *ab initio* quantum-chemical calculations the existence of these complexes is confirmed. By means of Gaussian 98 computer program the structure, energetical features and theoretical vibrational frequencies of the complexes is calculated.

Химия

УДК 541.183:547

С. А. САРГИСЯН, К. С. МАРГАРЯН, Ш. М. МАНУКЯН

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ АДСОРБЦИИ ВИНИЛИМИДАЗОЛА  
НА ГЛАДКОМ ПЛАТИНОВОМ ЭЛЕКТРОДЕ

Методом быстрых потенциодинамических импульсов исследованы основные закономерности адсорбции N-венилимидазола (ВИМ) на гладком платиновом электроде в области потенциалов от 0 до 3,0 В. Для ВИМ наблюдается две характерные области адсорбции: область деструктивной адсорбции собственно на платиновом электроде в интервале потенциалов 0–1,25 В с максимумом при 0,4 В и область адсорбции на оксидном слое  $\text{PtO}_2$  с максимумом ~2,3 В.

Полимеры на основе N-венилимидазола (ВИМ) обладают рядом полезных свойств. Их используют в качестве биологически активных макромолекул [1], носителей лекарственных веществ [2], закалочных сред и т.д.

Нами показана возможность электросинтеза полимерных покрытий [3] на основе ВИМ и триакрилоилгексагидро-симм-триазина пространственного строения, имеющих высокие физико-механические и антикоррозионные показатели. Электросинтез полимерных покрытий может происходить как в области низких, так и высоких анодных потенциалов, например при электроокислении сульфата в пероксодисульфат. Реакция протекает на платиновом электроде при высоких положительных потенциалах в концентрированных растворах серной кислоты через промежуточную стадию образования оксорадикалов, что обуславливает возможность их радикального инициирования.

Для выяснения механизма электрохимически инициированной полимеризации мономеров необходимы данные по адсорбции этих мономеров. Для этого в настоящей работе впервые было проведено исследование основных закономерностей адсорбции ВИМ на гладком платиновом электроде, который был использован как модельный электрод-подложка в растворе 0,5 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при широком интервале потенциалов.

**Эксперименты и результаты.** Все измерения проводились при концентрации мономеров ниже  $10^{-3}$  M, т.е. в условиях, когда на поверхности электрода полностью исключалось образование пленок, что проверялось в каждом опыте по полноте десорбции мономеров при их восстановлении и окислении. Образование полимерных пленок при  $C \leq 10^{-1}$  M было необратимо, и они при такой обработке с поверхности не удалялись.

Исследования проводились на гладком платиновом электроде, впаян-

ном в стекло, с использованием метода катодных и анодных сложных потенциодинамических импульсов. Измерения проводились на импульсном потенциостате ПО-5122 модель 04 по методике, описанной в [4, 5].

Сложный потенциодинамический импульс состоял из трех частей: очистительной, адсорбционной и измерительной. Очистительная часть импульса выбиралась таким образом, чтобы в изучаемом диапазоне концентраций данного вещества обеспечить получение воспроизводимой чистой поверхности электрода. Обычно она состояла из двух ступеней потенциалов: выдержки при достаточных анодных значениях потенциала ( $E_r=1,4-1,5\text{ V}$ ) для удаления с поверхности окисляемых частиц и выдержки при катодных значениях потенциала ( $E_r=0,05\text{ V}$ ) для десорбции восстановленных примесей и восстановления исходной поверхности.

Скорость наложения измерительного импульса при этом составляла  $10\text{ V}\cdot\text{c}^{-1}$ . В качестве электрода сравнения был использован ртутно-сульфатный электрод. Все потенциалы приведены относительно обратимого водородного электрода в том же растворе.

Заполнение поверхности электрода ВИМ определялось в области низких анодных потенциалов по степени снижения адсорбции водорода, а в области высоких потенциалов – по степени уменьшения только второй формы адсорбированного кислорода, так как адсорбция ВИМ в этой области потенциалов не влияет на количество первой формы адсорбированного кислорода. При измерениях в области высоких анодных потенциалов электрод проверялся на отсутствие на его поверхности адсорбции кислорода [6, 7], а при его наличии он подвергался высокотемпературному отжигу.

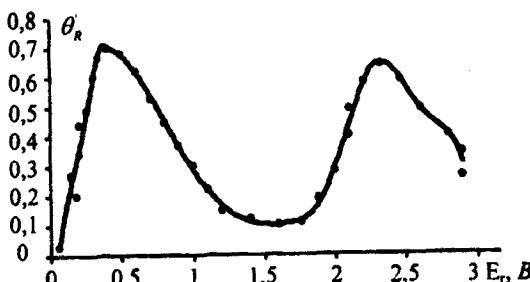
На рис. 1 приведена зависимость стационарного заполнения поверхности платинового электрода хемосорбированными частицами от потенциала для ВИМ. Из нее видно, что, как и для адсорбции ряда других органических соединений [5, 8, 9], можно выделить две характерные области адсорбции.

Первая область – при интервале потенциалов от 0 до 1,2 V – это адсорбция собственно на платиновом электроде, которая соответствует в значительной степени деструктивной хемосорбции ВИМ на чистой поверхности платины с образованием хемосорбированных частиц, связанных с

Рис. 1. Зависимость стационарной величины адсорбции ВИМ при  $C=10^{-4}\text{ M}$  от потенциала платинового электрода, находящегося в  $0,5\text{ M H}_2\text{SO}_4$ . Время адсорб. 3 мин.

поверхностью C–Pt-связью. В этой области происходит хемосорбция молекул ВИМ с разрывом связей C=C, C–H и образованием новых связей C–Pt и H–Pt. Зависимость заполнения ( $\theta_r$ ) от потенциала для ВИМ имеет вид неравнобочкой колоколообразной кривой с максимумом при  $0,4\text{ V}$ .

При уменьшении потенциала от  $E_r=0,4\text{ V}$  заполнение поверхности электрода резко падает вследствие того, что при этом наблюдается гидрирование хемосорбированных частиц и их удаление с поверхности электрода.



Например, если провести адсорбцию при  $E_r=0,4 B$ , т.е. при потенциале максимальной адсорбции, а затем потенциал скачкообразно изменить до  $E_r<0,1 B$ , то заполнение поверхности электрода падает в средней части линейно с ростом логарифма времени (рис. 2, кр. 1) пока не достигнет соответствующего значения нового потенциала:

$$\theta_R = B - \frac{1}{f\beta} \ln \tau. \quad (1)$$

При сдвиге потенциала от  $0,6 B$  в анодную сторону заполнение поверхности хемосорбированными частицами падает из-за их окисления и удаления с поверхности. При скачкообразном изменении потенциала электрода от значения  $E_r=0,4 B$ , соответствующего потенциальному максимуму адсорбции, до значений потенциалов в области окисления, например при  $E_r=1,3 B$  (рис. 2, кр. 2), наблюдается уменьшение заполнения со временем в соответствии с выражением (1) вследствие окисления.

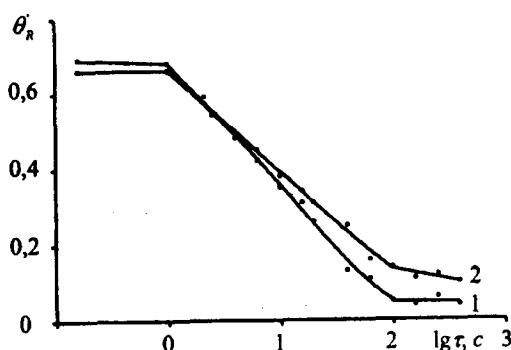


Рис. 2. Кинетика гидрирования при  $E_r^{\text{адс}} = 0,05 B$  (1) и окисления при  $E_r^{\text{ок}} = 1,3 B$  (2) хемосорбированных при  $E_r = 0,4 B$  частиц ВИМ.

Вторая область адсорбции появляется при дальнейшем увеличении потенциала с максимумом при  $E_r=2,3 B$ . Увеличение потенциала вызывает глубокое изменение состояния поверхности платинового электрода: при потенциале  $1,75 B$  заканчивается

формирование оксидного слоя  $\text{PtO}_2$  [6] и начинается образование нового кислородного соединения  $\text{PtO}_3$  (или  $\text{PtO}_2[0]\text{адс.}$ ), которое легко идентифицируется по появлению второго максимума на потенциодинамической кривой восстановления кислорода (появление второй формы адсорбированного кислорода). Следует отметить, что ВИМ, адсорбируясь в области высоких анодных потенциалов, не влияет на количество первой формы адсорбированного кислорода, т.е. на образование слоя оксида  $\text{PtO}_2$ , а влияет только на количество второй формы адсорбированного кислорода.

Таким образом, ВИМ адсорбируется на сформировавшемся слое первого кислородного соединения и препятствует дополнительной адсорбции на нем кислорода, т.е. переходу его в новое кислородное соединение. Следовательно, заполнение поверхности ВИМ в области высоких анодных потенциалов необходимо рассчитывать не по общему уменьшению количества кислорода, а только второй его формы.

Как следует из наших предварительных исследований, адсорбция ВИМ в этой области потенциалов носит хемосорбционный характер, по-видимому происходит частичное или полное размыкание двойных связей с образованием новых связей C—O—Pt. Более глубокой деструкции адсорбирующей молекулы обычно не происходит, так как в полимерных продуктах не удается обнаружить осколки молекул ВИМ.

Зависимость стационарного заполнения поверхности от объемной концентрации как в области низких (рис. 3, 1), так и высоких (рис. 3, 2) анодных потенциалах удовлетворительно описывается логарифмической изотермой Темкина:

$$\theta_R = a + \frac{1}{f} \ln C. \quad (2)$$

Адсорбция ВИМ происходит замедленно во времени и определяется кинетикой собственно процесса адсорбции. Как видно из рис. 4, заполнение поверхности хемосорбированными частицами в растворах ВИМ возрастает линейно с ростом логарифма времени адсорбции и затем выходит на стационарное значение заполнения. Кинетика адсорбции ВИМ хорошо описывается уравнением Рогинского–Зельдовича:

$$V_{ad} = K_{ad}^{E_r} \cdot c \exp(-\alpha f \theta_R). \quad (3)$$

Следует отметить, что адсорбируемость при высоких анодных потенциалах выше (вероятно это связано с более сильным взаимодействием кратных связей с положительно заряженной поверхностью платины), а предельное заполнение ниже, т.е. адсорбционный слой менее плотно упакован.

Таким образом, высокая адсорбируемость ВИМ как в области низких, так и высоких анодных потенциалов позволяет предположить (как для платины, так и для других металлов восьмой группы), что стадия инициирования процесса

Рис. 3. Стационарные изотермы адсорбции ВИМ при различных потенциалах  $E_r^{ad}$  (1 – 0,4 В, 2 – 2,3 В).

и затем выходит на стационарное значение заполнения. Кинетика адсорбции ВИМ хорошо описывается уравнением Рогинского–Зельдовича:

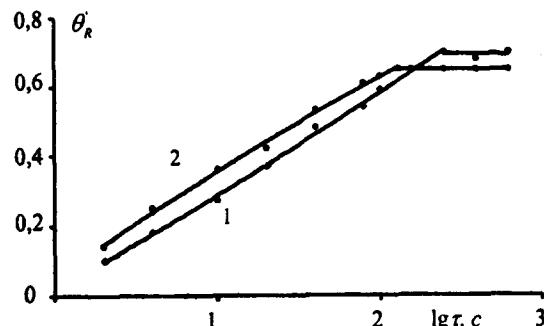


Рис. 4. Кинетика адсорбции ВИМ (из  $10^{-4} M$  раствора) в  $0,5M H_2SO_4$  на платиновом электроде при различных потенциалах  $E_r^{ad}$  (1 – 0,4 В, 2 – 2,3 В).

полимеризации и роста цепи локализована на поверхности.

ЕГУ, ГИУА

Поступила 03.04.2006

## ЛИТЕРАТУРА

- Overberger C.G. and Podstadly C.J. – J. Bioorg. Chem., 1974, № 3, p. 16.
- Ludwick A.G. and Overberger C.G. – Rev. Roum. Chem., 1980, v. 25, p. 1011.
- Саргсян С.А., Аветисян С.А., Маргарян К.С. – БСА (спец. выпуск), 2001, № 2, с. 46.
- Багоцкий В.С., Васильев Ю.Б. Успехи электрохимии органических соединений. М.: Наука, 1968, с. 38.

5. Саргсян С.А., Смбатян А.Г., Маргарян К.С., Васильев Ю.Б. – Электрохимия, 1997, т. 33, с. 108.
6. Лушников В.И., Хазова О.А., Громыко В.А., Васильев Ю.Б. – Электрохимия, 1981, т. 17, с. 176.
7. Vasiliev Yu.B., Bagotzky V.S., Gromyko V.A. – J. Electroanal. Chem., 1984, v. 178, p. 247.
8. Хризолитова М.А., Миркинд Л.А., Васильев Ю.Б., Фиошин М.Я., Багоцкий В.С. – Электрохимия, 1972, т. 8, с. 1004.
9. Аксиментьевна Е.И., Миркинд Л.А., Ковалчук Е.П., Богословский К.Г. – Электрохимия, 1986, т. 22, с. 684.

Ս. Հ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, Կ. Ս. ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ, Շ. Մ. ՄԱՆՈՒԿՅԱՆ

## ՀԱՐԹ ՊԼԱՏԻՆԵ ԷԼԵԿՏՐՈԴԻ ՎՐԱ ՎԻՆԻԼԻՄԻԴԱԶՈԼԻ ՍՈՐԲՍԻՆ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ՕՐԻՆԱԿԱՓՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

### Ամփոփում

Արագ պոտենցոպղինամիկ իմադրվածերի եղանակով ուսումնասիրվել են հարթ պլատինե էլեկտրոդի վրա պոտենցիալների 0–3,0 Վ տիրույթում N-վինիլիմիդազոլի սորբման օրինաչփությունները: Վինիլիմիդազոլի համար դիտվում են սորբման երկու բնութագրական մարգեր. դեստրուկտիվ սորբման մարզը զուտ պլատինե էլեկտրոդի վրա պոտենցիալների 0–1,25 Վ տիրույթում (մաքսիմումը 0,4 Վ-ի դեպքում) և PtO<sub>2</sub> օքսիդային շերտի վրա սորբման մարզը առավել բարձր անոդային պոտենցիալների տիրույթում (մաքսիմումը ~2,3 Վ-ի դեպքում):

S. H. SARGSYAN, K. S. MARGARYAN, Sh. M. MANUKYAN

### MAIN PECULIARITIES OF THE IMIDAZOLE SORPTION ON THE SMOOTH PLATINUM ELECTRODE

#### Summary

The peculiarities of the N-imidazole sorption on the smooth platinum electrode have been studied in the 0–3,0 V potentials range by means of the fast potentiodynamic impulses method. The two characteristic fields of the sorption have been observed for imidazole: the first – destructive sorption field on the namely platinum electrode within the 0–1,25 V potentials range (maximal values under 0,4 V), and sorption on the PtO<sub>2</sub> oxide layer under higher anodic potentials (maximal values under ~2,3 V).

Химия

УДК 543.4+547.94+547.972

Ж. М. АРСТАМЯН, М. А. МКРТЧЯН

ЭКСТРАКЦИОННО-ФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНАЛЬГИНА  
МАЛАХИТОВЫМ ЗЕЛЕНЫМ В ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТАХ

Изучено взаимодействие анальгина с основным красителем трифенилметанового ряда малахитовым зеленым. Образующийся ионный ассоциат извлекается однократной экстракцией ( $R=0,966$ ) из растворов с pH 1–2 по HCl смесью дихлорэтана с толуолом (1:1). Подчиняемость основному закону фотометрии наблюдается в интервале концентрации анальгина 1,67–26,7 мкг/мл ( $\bar{\epsilon} = 5,5 \cdot 10^4 \pm 500 (\text{л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{см}^{-1})$ ).

Разработанная методика была применена для определения анальгина в спазмолгоне, баралгетасе и пенталгине.

Ненаркотические анальгетики нашли широкое применение в медицинской практике. Среди них наиболее важными в токсикологическом отношении являются алкалоиды, включающие синтетические производные пиразолона, анилина и других соединений [1].

Анальгин (1-фенил2,3-диметил-4-метиламинопиразолон-5-N-метансульфонат натрия) является производным пиразолона. Он обладает обезболивающим, жаропонижающим, противовоспалительным и другими действиями. Однако при длительном применении могут наблюдаться побочные явления: аллергические реакции, анафилактический шок, гранулоцитопения и др. Поэтому необходимы контроль и разработка чувствительных методов определения малых количеств анальгина. С этой точки зрения большой интерес представляют основные красители [2, 3].

Ранее нами была разработана методика определения анальгина основным красителем трифенилметанового (ТФМ) ряда кристаллическим фиолетовым [4].

Настоящая работа посвящена исследованию возможности применения другого представителя ТФМ ряда малахитового зеленого (МЗ) в качестве реагента для экстракционно-фотометрического определения анальгина.

**Экспериментальная часть.** Раствор анальгина готовили из лекарственного препарата (ампула (2 мл) с 50%-ым раствором для инъекций, содержащим 500 мг/мл метамизола натрия\*, регистрационный номер 000691(01)) [5]. Рабочие растворы получили разбавлением запасного раствора водой.

\* Международное непатентованное название анальгина.

Раствор красителя готовили растворением навески препарата марки «для микроскопии» в воде, затем отфильтровали. Оптическую плотность (ОП) экстрактов измеряли на спектрофотометре СФ-16, pH растворов – на потенциометре ЛПУ-01 со стеклянным электродом.

Для установления оптимальных условий образования и экстракции ионного ассоциата (ИА) опыты проводили в зависимости от основных факторов. Так, для выбора экстрагента-растворителя применяли хлорпроизводные предельных углеводородов, бензол и его гомологи, сложные эфиры уксусной кислоты, а также их бинарные смеси. Максимальное значение ОП ионного ассоциата и минимальное значение ОП «холостого опыта» получили при применении смеси дихлорэтана с толуолом (1:1). Максимум светопоглощения наблюдается при длине волны  $\lambda=620\text{--}630\text{ нм}$ . Далее измерение проводили при  $\lambda=626\text{ нм}$ .

Важным фактором, управляющим процессом образования ИА, является концентрация водородных ионов в водном растворе. Аналгин практически полностью извлекается однократной экстракцией из растворов с pH 1–2 по HCl в присутствии  $4,11 \cdot 10^{-4}\text{--}6,85 \cdot 10^{-4} M$  красителя. Экстракционное равновесие создается за 30 с. Методом повторной экстракции был определен фактор извлечения  $R=0,966$ . Окрашенные экстракты устойчивы в течение 30 мин. Подчиняемость основному закону фотометрии наблюдается в интервале концентраций анальгина  $1,67\text{--}26,7\text{ мкг/мл}$ . На основании данных калибровочного графика было рассчитано среднее значение молярного коэффициента погашения  $\bar{\epsilon}_{626}=5,5 \cdot 10^4 \pm 500(\text{л}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{см}^{-1})$ . Спектрофотометрическими методами прямой линии Асмусса и сдвига равновесия установлено, что мольное отношение аниона анальгина к катиону красителя в ИА равно 1:1.

На основании полученных данных разработанная методика применена для определения анальгина в некоторых лекарственных препаратах.

*Определение анальгина в спазмалгоне, барапетасе и пенталгине-Н.* Точную навеску порошка из растертых в агатовой ступке таблеток (1 шт.) перечисленных выше лекарственных препаратов растворяют в 30–40 мл воды, раствор энергично перемешивают и фильтрованием переносят в мерную колбу емкостью 50 мл, доливают до метки воду (раствор А). 1 мл раствора А переносят в мерную колбу (50 мл), доливают до метки pH 2 по HCl (раствор Б). В делительной воронке к аликовтной части раствора Б (0,3–0,6 мл) приливают 2 мл раствора с pH 2 по HCl, 0,4 мл 0,05%-го раствора МЗ, 2 мл смеси дихлорэтана с толуолом (1:1). После минутного встряхивания разделяют и измеряют ОП экстракта на СФ-16 при длине волны  $\lambda=626\text{ нм}$ ,  $b=0,1\text{ см}$ .

Так как лекарственные препараты по ГОСТ-у содержат также другие органические вещества, влияние которых не установлено, правильность результатов анализа проверена методом добавок. Результаты приведены в таблице.

Из таблицы следует, что присутствие в лекарственных препаратах органических веществ практически не влияет на определение анальгина. Содержание анальгина в лекарственных препаратах находят по калибровочному графику, построенному по фармакопейному анальгину. Содержание

$$\text{анальгина в одной таблетке определяют по формуле } X = \frac{aVg}{V_1g_1}, \text{ где } a - \text{ количество анальгина, найденного по калибровочному графику в мг, } V - \text{ общий объем лекарственного препарата в мл (с учетом разбавления), } V_1 - \text{ аликвотная часть раствора в мл, } g - \text{ навеска порошка (1 табл.) в г, } g_1 - \text{ навеска порошка, взятая для анализа, в г.}$$

*Определение анальгина в лекарственных препаратах (Р=0,95; n=5; t<sub>a</sub>=2,78)*

Лекарственные препараты (серия)	Оптическая плотность (A)		$\Delta\bar{A}$	$Sr, 10^{-2}$	$\Delta\bar{A} \pm t_a \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}$
	введено	найдено			
спазмалгон (670504)	— 0,13	0,33 0,455	0,125	2,83	0,125 ± 0,004
баралгетас (3883)	— 0,105	0,315 0,410	0,095	4,76	0,105 ± 0,006
пенталгин-Н (270804)	— 0,115	0,114 0,234	0,120	2,94	0,120 ± 0,004

Разработанный метод чувствителен, прост и доступен для применения в лабораториях.

Кафедра аналитической химии

Поступила 22.06.2006

## ЛИТЕРАТУРА

1. Машковский М.Д. Лекарственные средства. Ч. I. Харьков: Торсинг, 1997, с. 144, 159.
2. Блюм И.А. Экстракционно-фотометрические методы анализа с применением основных красителей. М.: Наука, 1970.
3. Арстамян Ж.М. – Хим. ж. Армении, 2004, т. 57, № 4, с. 53.
4. Арстамян Ж.М., Мкртчян М.А. – Хим. ж. Армении, 2006, т. 59, № 1, с. 45.
5. Государственная фармакопея СССР. М.: Медицина, 1968, с. 94.

Ժ. Ա. ԱՌԱՍԱՅԱՆ, Մ. Ա. ՄԿՐՏՉՅԱՆ

ԱՆԱԼԻՏԻԿ ԷՖՈՐԱԿՑԻՈՆ-ՖՈՏՈՍԻՏԵՏՐԻԿ ՈՐՈՇՈՒՄԸ ԴԱՀԱՆԱԿԵԿԱՆԱԳՈՎ ԴԵՂԱՆՅՈՒԹԵՐՈՒՄ

## Ամփոփում

Հետազոտված է անալգինի փոխազդեցությունը տրիֆենիլմեթանային շարքի իդինային ներկանյութ դահանակե կանաչի հետ: Առաջացած իոնական ասոցիատը միանվագ լուծահանվում է ( $R=0,966$ ) pH 1–2 աղաբբվային լուծույթներից դիբլորեթանի և տոլուոլի 1:1 հարաբերությամբ խառնուրդով: Լուսականնան իդինական օրենքին ենթարկվում է անալգինի 1,67–26,7 մկգ/մլ քանակների դեպքում ( $\bar{\varepsilon} = 5,5 \cdot 10^4 \pm 500 (\text{L} \cdot \text{мM}^{-1} \cdot \text{мм}^{-1})$ ). Ներ-

կանյութի կատիոնի և անալգինի անիոնի մոլային հարաբերությունը իոնական ասոցիատում կազմում է 1:1:

Մշակված մեթոդիկան կիրառվել է սպազմալգոնում, բառալգետասում և պենտալգին-Հ-ում անալգինի որոշման համար:

Zh. M. ARSTAMYAN, M. A. MKRTCHYAN

## EXTRACTION-PHOTOMETRIC DETERMINATION OF ANALGINUM BY MALACHITE GREEN IN PHARMACEUTICALS

### Summary

The interaction of analginum anion with dye of triphenilmethane raw malachite green has been studied. Formed ionic associate could be extracted once through ( $R=0,966$ ) by dichlorethane-toluene (1:1) binary mixture. The extracts of ionic associate are submitted with the main law of spectrophotometer in the 1,67–26,7  $\mu\text{g/ml}$  range of analginum contents ( $\bar{\varepsilon} = 5,5 \cdot 10^4 \pm 500 (\text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1})$ ). The molar ratio between analginum and malachite green in ionic associate is 1:1.

The elaborated method has been applied for determination of analginum in spasmalgonum, baralgetase and pentalgin-H.

**Биология**

УДК 632.951: 631.161.2

Н. П. КАЗАРЯН, К. В. ГРИГОРЯН, М. А. САРКИСЯН, Ш. С. КАРЯН

**ЧИСЛЕННОСТЬ АММОНИФИЦИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ В СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ И БУРЫХ ПОЛУПУСТЫННЫХ ПОЧВАХ ЯБЛОНЕВЫХ САДОВ ПОСЛЕ ИНТРОДУКЦИИ ЭНТОМОПАТОГЕННЫХ КРИСТАЛЛООБРАЗУЮЩИХ БАЦИЛЛ**

Показано, что бактериальные инсектициды BT(NAR)-3, BT(NAR)-7, BTB и лепидоцид не оказывают отрицательного влияния на количественный и качественный составы аммонификаторов (споровых и неспоровых) как в светло-каштановых, так и в бурых полупустынных почвах, что позволяет широко использовать их против фитофагов.

**Введение.** В почве обитает множество различных микроорганизмов (бактерии, актиномицеты, микроскопические грибы), разлагающих органические азотсодержащие соединения до аммиака и других конечных продуктов. Аммонификация играет исключительно важную роль в почве, так как определяет ее плодородие, переводя органический азот в усвояемую для растений форму [1]. Считается, что наличие свободного аммиака возможно в той среде, где соотношение N к C в разлагающемся субстрате не ниже 1:20 [2, 3]. При большом значении знаменателя увеличивается численность почвенных микроорганизмов, обеспеченных углеродом и конкурирующих с растениями за азот [4].

Известно, что лишь 20–40% от общего количества инсектицидов, применяемых в очагах массового размножения фитофагов, непосредственно воздействует на вредных насекомых, остальная же часть в конечном итоге попадает в почву [5]. По литературным данным [6], бактериальные энтомопатогенные препараты, созданные на основе вида *Bacillus thuringiensis* (BT), содержат не менее 45 млрд. жизнеспособных спор в 1 г порошка. Результаты наших опытов также показали, что интродуцированные в светло-каштановые и бурые полупустынные почвы яблоневых садов энтомопатогенные бациллы вида BT сохраняются от 3 до 4 месяцев. С учетом указанных фактов нами была поставлена задача исследовать в обоих типах почв численность аммонифицирующих бактерий (не образующих спор и спорообразующих) после интродукции энтомопатогенных кристаллообразующих бацилл.

**Объекты и методы исследований.** Работа выполнена в ЕГУ и Научном центре земледелия и защиты растений в мае–августе 2004–2005 гг. Объектами исследований являлись энтомопатогенные кристаллообразующие бактерии BT(NAR)-3, BT(NAR)-7, выделенные нами из трупов погибших гусениц озимой совки (*Agrotis segetum Schiff.*) и яблоневой моли (*Hypopota malinellus Zell.*) соответственно, а также коммерческие бактериальные препараты битоксибациллин (БТБ) (БА 1500 ЕА/г) и лепидоцид (БА 3000 ЕА/г), полученные из Бердского химического завода Новосибирской области РФ.

Для установления численности аммонификаторов в светло-каштановых (Оганаван) и бурых полупустынных (Сасуник) почвах яблоневых садов Арагацотнской области опытные участки опрыскивали культуральными жидкостями штаммов и водными суспензиями бактериальных препаратов с помощью ранцевого опрыскивателя марки Ozdesan способом рандомизации.

Контролем служили неинфицированные участки.

Площади участков в вариантах (повторность – пятикратная) составляли по 10 м<sup>2</sup>, расход рабочей жидкости – 1,0–1,2 л/10 м<sup>2</sup>. Титр энтомопатогенных бацилл в рабочей жидкости – не менее 600 млн./мл.

В микробиологических исследованиях использован метод почвенных разведений с высевом на твердых питательных средах: неспоровые аммонифицирующие бактерии подсчитывались на мясо-пептонном агаре, спороносные бактерии – на смеси равных объемов мясо-пептонного агара и сусла-агара. Идентификация почвенных микроорганизмов проводилась с помощью определителей бактерий и актиномицетов [7, 8].

Результаты анализов подвергались математической обработке [9].

**Обсуждение результатов.** Микробиологическими исследованиями нами установлено (рис. 1), что после интродукции бактериальных энтомопатогенов изменение количества неспоровых аммонифицирующих бактерий в светло-каштановых и бурых полупустынных почвах яблоневых садов в период вегетации имеет следующую закономерность: начиная с мая их численность нарастает (в среднем соответственно 8,552 и 7,460 млн./г почвы), достигая своего максимума в июне (13,044 и 10,464 млн./г почвы), затем снижается в июле (10,176 и 5,580 млн./г почвы) и августе (6,228 и 3,816 млн./г почвы).

Колебания численности аммонифицирующих неспоровых бактерий в почвах зависят от ряда условий: от содержания легкоусвояемого органического вещества в почве, ее температуры и влажности, а также аэрации [10]. Из данных табл. 1 можно полагать, что указанные условия были наиболее благоприятными в июне.

Математические расчеты показали, что различия в численности аммонифицирующих неспоровых бактерий в светло-каштановых и бурых полупустынных почвах существенны: расчетный  $t_{kp}$  Стьюдента с мая по август (3,604–10,724) был больше значения  $t_{kp}$  табличного (2,571) при  $P_{0,95}$  и  $n=5$ .

С помощью  $t_{kp}$  Стьюдента было выявлено также, что различия в численности аммонифицирующих неспоровых бактерий в контрольных (неинфицированных) и обработанных (интродуцированных кристаллофорами) участках недостоверны для обоих типов почв: расч.  $t_{kp}$  для светло-каштановой почвы равен 0,349–2,547 (табл. 1), а для бурых полупустынной – 0,480–2,022,

что в период вегетации меньше значения  $t_{kp}$  табличного. Следовательно, можно утверждать, что интродуцированные в агроценоз бактериальные инсектициды не влияют на количество аммонифицирующих неспоровых бактерий в светло-каштановых и бурых полупустынных почвах яблоневых садов в течение вегетации.

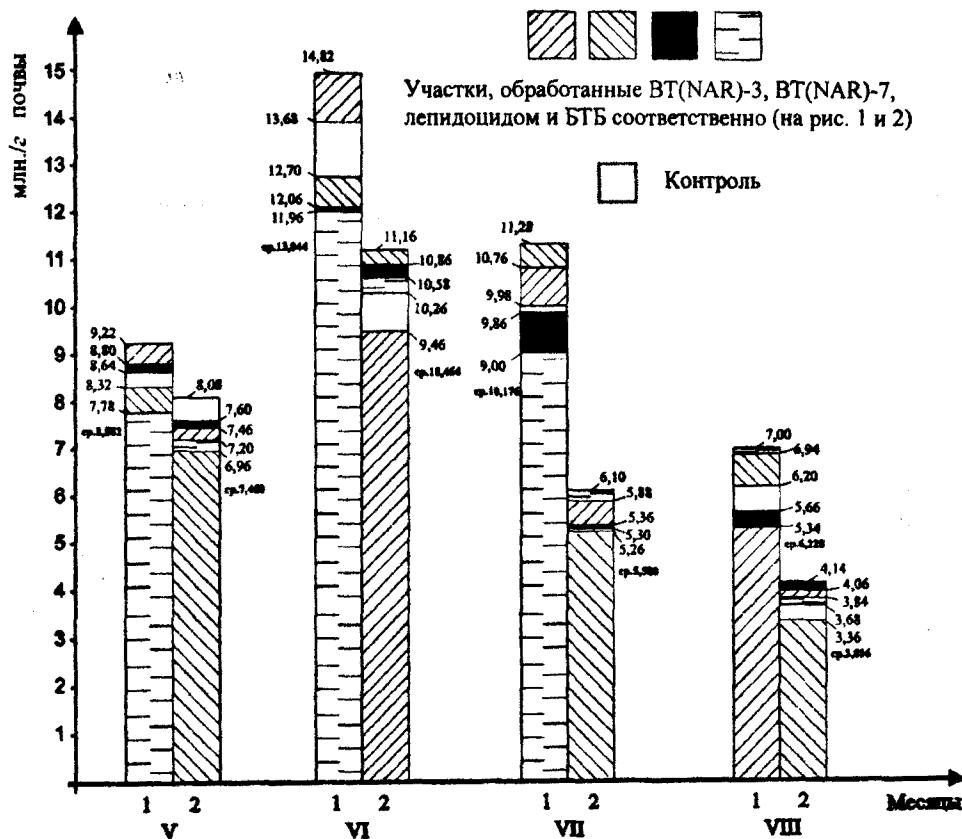


Рис. 1. Среднее количество неспоровых бактерий в светло-каштановых (1) и бурых полупустынных (2) почвах после интродукции бактериальных энтомопатогенов (2004–2005 гг.).

Большинство неспороносных бактерий почвы на питательных средах образует бесцветные, пигментированные и флюоресцирующие колонии, развитию которых, особенно флюоресцирующих, способствует обеспеченность их свежими органическими веществами [11, 12]. Среди неспороносных аммонификаторов абсолютное большинство составляли *Pseudomonas fluorescens*, *Ps. caudata*.

В процессе аммонификации также принимают участие споровые бактерии, которые осуществляют глубокую минерализацию трудноусвояемых форм органических веществ в почве [11].

Нами установлено, что численность споровых аммонификаторов в инфицированных и не инфицированных энтомопатогенами почвах яблоневых садов изменялась в течение вегетационного периода, нарастаая с мая по август. Указанная закономерность наблюдалась как в светло-каштановых (в

среднем от 1,615 до 4,672 млн./г почвы), так и в бурых полупустынных почвах (от 1,091 до 3,008 млн./г почвы) (рис. 2). Полагаем, что в обоих типах почв имелось достаточное количество сложного субстрата, содержащего азотистые соединения (смеси аминокислот) для успешного развития аммонифицирующих споровых бактерий.

Таблица 1

*Статистические показатели неспоровых бактерий в светло-каштановых почвах яблоневых садов после интродукции кристаллофоров (2004г.)*

Варианты опыта	Месяцы	Среднее количество неспоровых бактерий в 1г абс. сух. почвы, млн.	Квадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %	Средняя ошибка	Ошибка опыта, %	$t_{kp}$ Стьюдента (расчетный)
BT(NAR)-3	май	9,12	0,700	7,67	0,313	3,4	1,305
	июнь	15,00	1,200	8,00	0,537	3,6	1,393
	июль	11,08	0,952	8,59	0,426	3,8	0,903
	август	5,48	0,300	5,47	0,134	2,4	2,547
BT(NAR)-7	май	8,40	0,769	9,16	0,344	4,1	0,349
	июнь	13,00	1,252	9,63	0,560	4,3	0,986
	июль	11,56	1,248	10,80	0,558	4,8	1,389
	август	6,88	0,371	5,39	0,166	2,4	1,758
ледидонил	май	8,84	0,612	6,92	0,274	3,1	0,711
	июнь	11,72	1,342	11,45	0,600	5,1	2,394
	июль	10,12	0,952	9,40	0,426	4,2	0,542
	август	5,72	0,402	7,03	0,180	3,1	1,756
БГБ	май	7,88	0,676	8,58	0,302	3,8	1,621
	июнь	12,20	1,356	11,10	0,606	5,0	1,841
	июль	9,20	0,848	9,22	0,379	4,1	2,038
	август	7,20	0,335	4,65	0,150	2,1	2,169
контроль	май	8,56	0,496	5,80	0,222	2,6	
	июнь	13,84	1,155	8,35	0,516	3,7	
	июль	10,48	0,926	8,84	0,414	3,9	
	август	6,40	0,657	10,27	0,294	4,6	

Примечание: в табл. 1 и 2  $t_{kp}$  Стьюдента (табл.)=2,571 при  $P_{0,05}$  и  $n=5$ .

Количество спороносных бактерий в светло-каштановых почвах в среднем в 1,5 раза больше, чем в бурых полупустынных.

Математический анализ (с помощью  $t_{kp}$  Стьюдента) подтвердил, что нет существенного различия в численности споровых аммонификаторов в инфицированных и контрольных участках изучаемых типов почв (табл. 2).

Из споровых бактерий в процессе аммонификации принимали участие *Bacillus subtilis*, *Bac. mycoides*, *Bac. megaterium* и *Bac. mesentericus*. Из бурых полупустынных почв *Bac. mycoides* нами не выделялся.

Составы аммонификаторов в инфицированных и неинфицированных почвах были однотипными.

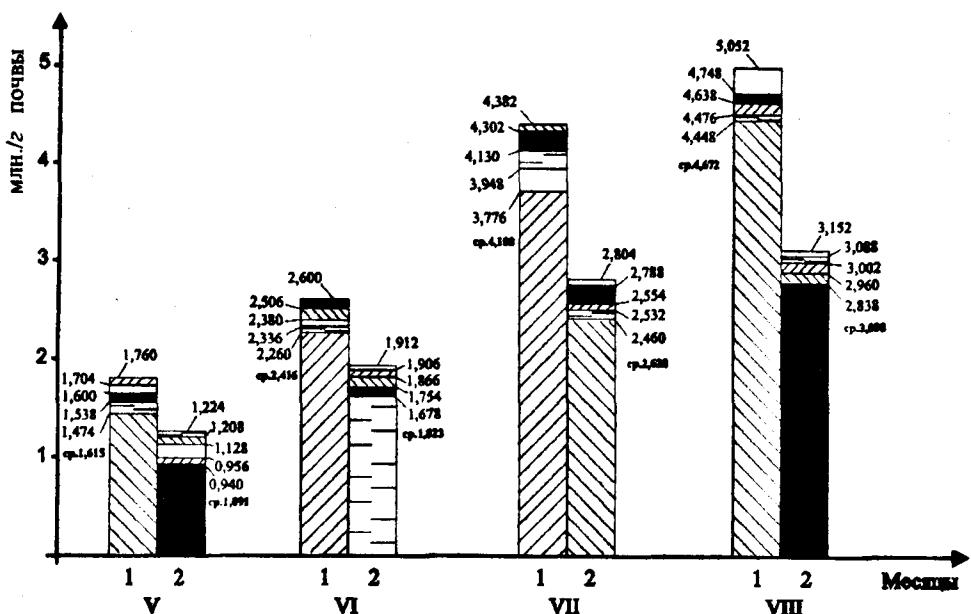


Рис. 2. Среднее количество спорообразующих бактерий в светло-каштановых (1) и бурых полупустынных (2) почвах после интродукции бактериальных энтомопатогенов (2004–2005 гг.).

Таблица 2

Статистические показатели спорообразующих бактерий в бурых полупустынных почвах яблоневых садов после интродукции кристаллофоров (2005 г.)

Варианты опыта	Месяцы	Среднее количество споровых бактерий в 1г абс. сух. почвы, млн.	Квадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %	Средняя ошибка	Ошибка опыта, %	t <sub>кр</sub> Стьюдента (расчетный)
БТ(NAR)-7 BT(NAR)-3	май	0,924	0,055	5,95	0,025	2,7	1,194
	июнь	1,920	0,148	7,71	0,066	3,4	1,906
	июль	2,620	0,177	6,76	0,079	3,0	2,073
	август	3,120	0,264	8,46	0,118	3,8	0,848
БТ(NAR)-7 BT(NAR)-3	май	1,196	0,111	9,28	0,050	4,2	0,660
	июнь	1,800	0,207	11,50	0,093	5,2	1,388
	июль	2,580	0,304	11,78	0,136	5,3	1,749
	август	2,800	0,246	8,79	0,110	3,9	2,425
БТБ	май	0,888	0,085	9,57	0,038	4,3	1,409
	июнь	1,792	0,161	8,98	0,072	4,0	1,621
	июль	2,760	0,250	9,06	0,112	4,1	0,863
	август	2,920	0,265	9,07	0,118	4,0	1,791
контроль	май	1,148	0,126	10,98	0,056	4,9	0,336
	июнь	1,700	0,145	8,53	0,065	3,8	2,430
	июль	2,480	0,263	10,60	0,118	4,7	2,521
	август	3,680	0,238	6,47	0,106	2,9	1,865
контроль	май	1,096	0,087	7,94	0,039	3,5	
	июнь	2,000	0,200	10,00	0,089	4,4	
	июль	2,900	0,206	7,10	0,092	3,2	
	август	3,300	0,332	10,06	0,148	4,5	

**Выводы.** Внесение бактериальных инсектицидов BT(NAR)-3, BT(NAR)-7, БТБ и лепидоцида в агроценоз (светло-каштановые и бурые полупустынные почвы) с целью защиты яблоневых садов от фитофагов не оказывает отрицательного влияния на количественный и качественный составы аммонифицирующих бактерий (не образующих спор и споровых). Это позволяет широко использовать вышеуказанные инсектициды в борьбе с вредителями плодовых культур.

*Кафедра экологии и охраны природы ЕГУ,  
лаборатория защиты леса НЦ ЗЗР*

*Поступила 20.02.2006*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мишустин Е.Н., Емцев В.Т. Микробиология. М.: Колос, 1970, с. 139–142.
2. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. М.: Наука, 1972, с. 67–68.
3. Сэги Й. Методы почвенной микробиологии. М.: Колос, 1983, с. 132–133.
4. Черемисинов Н.А., Боева Л.И., Семихатова О.А. Практикум по микробиологии. М.: Высшая школа, 1967, с. 103.
5. Чигарев Г.А., Старостин С.П., Калабина М.Н. – Бюлл. ВНИИЗР. Л., 1974, № 27, с. 13–18.
6. Թերթմնացի Հ.Լ. Հայաստանի Հանրապետուրյանու զյուղատնտեսական վճարումների, հիվանդությունների և նույնականացման համար բույլատրված բույսերի պահպանության միջոցները. Եր., 2002, էջ 58–63:
7. Красильников Н.А. Определитель бактерий и актиномицетов. М.–Л.: АН СССР, 1949, 829с.
8. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. Baltimore, 1986, 1268 р.
9. Малета Ю.С., Тарасов В.В. Математические методы статистического анализа в биологии и медицине. М.: МГУ, 1982, 179 с.
10. Тимофеева А.Г. – Микробиология, 1954, т. 23, вып. 6, с. 662–668.
11. Чернобровина Р.М. Влияние неспороносящих аммонифицирующих бактерий на накопление аммиачного азота в почве. Микробиологические процессы в почвах. Молдавии. Карти Молдовенянскэ, 1969, вып. 3, с. 14–19.
12. Саркисян М.А. Влияние ВТ var. *insectus* на микрофлору и биологическую активность почв лиственных лесов Тувы: Автореф. дис. на соискание уч. ст. канд. биол. наук. Тбилиси, 1980, 22 с.

Ն. Փ. ՂԱԶՄՐՅԱՆ, Կ. Վ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Մ. Ա. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, Ը. Ս. ՔԱՂՅԱՆ

ԽՆՉՈՐԵՆՈՒ ԱՅՋԻՆԵՐԻ ԲԱՑ ԾԱԳԱՆԱԿԱԳՈՒՅՆ ԵՎ ԳՈՐԾ  
ԿԻՍԱԱՆՊԱՏԱՅԻՆ ՀՈՂԵՐԻ ԱՄՈՒՆԻՎԿ ԳՈՅՆՅՈՂ  
ԲԱԿՏԵՐԻԱՆԵՐԻ ՔԱՆԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ ՄԻՋԱՏԱՍՊԱՆ  
ԲՅՈՒՐԵՂԱՌԱՎԱՑՆՈՂ ԲԱԿՏԵՐԻԱՆԵՐԻ ՆԵՐՄՈՒԾՈՒՄԸ ՀԵՏՈ

## Ամփոփում

Փորձարարական հետազոտության արդյունքներով հաստատված է, որ BT(NAR)-3, BT(NAR)-7, ԲՏԲ, լեպիդոցիդ բակտերիալ խնականիցիդներով ցողումից հետո դրանք բացասաբար չեն ազդում խնձորենու այգիների բաց

շագանակագույն և գորշ կիսաանապատային հողերի ամռնիակ գոյացնող ոչ  
սպորավոր և սպորավոր քակտերիաների քանակական և որակական կազմի  
վրա, ինչը ֆիտոֆագերի դեմ վերոհիշյալ միջատասպանների կիրառությանը  
լայն հնարավորություն է ընձեռում:

N. P. GHAZARYAN, K. V. GRIGORYAN, M. A. SARGSYAN, Sh. S. KHARYAN

THE QUANTITY OF AMMONIUM CREATING BACTERIUM OF LIGHT  
BROWN AND GRAY SEMI DESERT SOILS OF APPLE ORCHARDS  
AFTER THE INTRODUCTION OF ENTOMO PATHOGEN BACTERIUM  
CREATING CRYSTALS

Summary

It has been approved according to the experimental research results, that after insecticide BT(NAR)-3, BT(NAR)-7, BTB, Lepidocide bacterial insecticides do not have negative influence on the qualitative and quantitative composition of bacterium (spurious and non-spurious) ammonium creating of light brown and gray semi desert of apple orchards, which provides the opportunity of broad application of insecticides against the above mentioned phyto fagan.

**ԿԵՆՍԱՐԱՋՈՒԹՅՈՒՆ**

УДК 612.8+591.18

Ն. Ս. ՀԱԿՈԲՅԱՆ, Մ. Ա. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Ն. ՅՈՒ. ԱԴԱՍՅԱՆ,  
Կ. Վ. ԲԱՐԴԱՌՅԱՆ, Ռ. Ս. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

**ԿԱՊՈՒՅՑ ԲԾԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՐԿԱՐԱՎՈՒՆ ՈՒՂԵՎԻ  
ՑԱՆՑԱՆՄԱՆ ԳՈՅԱՑՈՒԹՅԱՆ ՆԵՅՐՈՒՆԵՐԻ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ  
ԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ ԹԹՎԱԾՆԱՅԻՆ ԱՆԲԱՎԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ  
ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ**

**Ներածություն:** Կապույտ բիծը (ԿԲ) ուղեղաքնի վեգետատիվ կորիզ է, որը տեղադրված է 4-րդ փորոքի հատակի առաջնային հատվածում։ Կապույտ բծի բջիջների արտնները իրենց ճյուղերով ընդգրկում են մեծ կիսագների կեղևը, ուղեղիկը, միջանկյալ, միջին ուղեղի կորիզները և ողնուղեղը [1]։ ԿԲ-ից դուրս եկող արտնների մի փունչ ծածկի կենտրոնական փնջի կազմում հետևում է դեպի երկարավուն ուղեղ՝ ներկայացնելով ծածկի թիկնային փնջի վայրընթաց ուղին [2]։ Նշված կապերի շնորհիվ ԿԲ-ն կարևոր դեր է կատարում քնի, ուշադրության, ուսուցման, հիշողության գործընթացներում [3-4]։ ԿԲ-ն կարևոր դեր է կատարում նաև օրգանիզմի գազային հոմեոստազի պահպանման գործընթացում [5], որը հատկապես կարևորվում է սրբեսային իրավիճակներում, երբ օրգանիզմի բոլոր ուժերը կենտրոնացվում են վտանգի դեմ պայքարելու և հյուսվածքները O<sub>2</sub>-ով ապահովելու համար։

Այս իմաստով կարևոր է շնչառության կարգավորման գործում ԿԲ-ի դերի բացահայտումը թթվածնաքաղցի պայմաններում, որը օրգանիզմում զարգանում է տարբեր քրոնիկ հիվանդությունների, ինչպես նաև ցածր մքնության ճնշման ժամանակ։

**Հետազոտության մեթոդիկան:** Ուսումնասիրությունները կատարվել են սուր փորձերի պայմաններում 180–230 գ քաշ ունեցող ապիտակ առնետների վրա, որոնք բնրեցվել են քլորալոզի (40 մգ/կգ) և նեմրության (10 մգ/կգ) խառնուրդով։ Կենդանու գլուխն ամրացվել է ստերեոտաքսիկ սարքի վրա, ուղեղի ուսումնասիրվող գոյացություններում ներդրվել են էլեկտրոդներ [6] (էլեկտրալարի տրամագիծը՝ 0,2 մմ, միջին էլեկտրոդային հեռավորությունը՝ 0,2–0,3 մմ)։

Փորձի ընթացքում հետազոտվող գոյացությունները 8–10 վ-ի ընթացքում խթանվել են էլեկտրական հոսանքի ուղանելյուն ազդակներով (տևողությունը՝ 0,1–0,3 մվ, լայնութք՝ 5–10 Վ, հաճախությունը՝ 80–100 Հց)։ Ընչառական նեյրոնների ակտիվության արտածման նպատակով ուղեղիկի մասնակի

հեռացումից հետո (ներծծման մերոդրվ) ապակյա միկրոէլեկտրոդը իջեցվել է երկարավուն ուղեղի օքչ-ի շրջան: Նեյրոնների տարբերակման, ինչպես նաև ընդհանուր շնչառության գնահատման համար միաժամանակ գրանցվել է կենդանու արտաքին շնչառությունը ածխե տվյալի օգնությամբ:

Նեյրոնների էլեկտրական ակտիվության գրանցումը և վերլուծությունը կատարվել է համակարգային հատուկ մշակված ծրագրով, որը «ոռ լու» ռեժիմով ապահովում է նեյրոնների համազարկերի ընտրությունը լայնույթների տարբերակման միջոցով: Ստացված տվյալների վերլուծությունը նույնականացնելու համար մշակված հատուկ ալգորիթմով:

Ստերեոտաքսիկ սարքավորմանը ֆիբսված առնետը տեղադրվել է ճնշախցիկում: Նեյրոնների ուսումնասիրվող ցուցանիշների գրանցումը կատարվել է մքնողորտային ճնշման բնականու պայմաններում կապույտ թծի գրգռումից առաջ և հետո, այնուհետև շարունակվել է նույն ցուցանիշների ուսումնասիրությունը թթվածնաքաղցի ազդեցության դինամիկայում: Ճնշախցիկում համապատասխան «քարձրություն» ստեղծվել է պոմախի օգնությամբ ողի դուրս մղման ճանապարհով: Նեյրոնների էլեկտրական ակտիվության գրանցումը կատարվել է 4000–5000 մ բարձրության վրա, որը պայմանականութեն համարվում է թթվածնաքաղցի առաջին փուլ, 7500–8000 մ բարձրության վրա, որը համարվում է սուր թթվածնաքաղցի փուլ, և սկզբնական մակարդակի «փջեցնելուց» հետո: ճնշախցիկում կենդանիների «քարձրացումն» ու «փջեցումը» կատարվել է 20–25 մ/վ արագությամբ:

Յուրաքանչյուր փորձից հետո գրգռող էլեկտրոդի ծայրի տեղադրությունը ստուգելու համար կատարվել է հյուսվածքի էլեկտրաքայլայում հետագա հյուսվածքաբանական ստուգման համար:

Արդյունքները և քննարկում: Բնականոն մքնողորտային ճնշման պայմաններում գրանցվել են երկարավուն ուղեղի շնչառական կենտրոնի 78 ցանցանման նեյրոններ, որոնք ներշնչմանը և արտաշնչմանը համապատասխան փուլային ակտիվություն չեն ցուցաբերում, սակայն, գտնվելով շնչառական կենտրոնում, իրենց մասնակցությունն են բերում շնչառության կարգավորմանը. կախված շնչառական նեյրոնների փունկցիոնալ վիճակից կամ ակտիվացնում են նրանց գործունեությունը, կամ իրենք էլ են ընդգրկվում շնչառական ռեակցիաների մեջ [7]:

Ըստ կապույտ թծի գրգռման նկատմամբ պատասխան ռեակցիաների նեյրոնները բաժանվել են երեք խմբի՝ ակտիվացող, արգելակվող և առեակտիվ նեյրոններ (տես աղյուսակը): Ըստ որում, ակտիվացման ժամանակ նեյրոնների զարկային հաճախությունը ավելանում է 40%-ով, իսկ արգելակման դեպքում փորբանում է 22%-ով: Աղյուսակից երևում է, որ բնականոն մքնողորտային ճնշման պայմաններում (նորմօքսիա) ԿԲ-ի գրգռմանը շնչառական կենտրոնի ցանցանման գոյացության նեյրոնների 57,7%-ը պատասխանում են ակտիվացմամբ, 38,5%-ը ակտիվության արգելակմամբ, իսկ 3,8%-ը մնում են առեակտիվ:

Հարկ է նշել, որ ելակետային բարձր ակտիվությամբ օժտված նեյրոնները (30–60 գարկ/վ) գրգռմանը հիմնականում պատասխանում են արգելակմամբ, կամ մնում են առեակտիվ: 1-ից մինչև 30 գարկ/վ հաճախության ելակետային ակտիվություն ունեցող նեյրոնները ԿԲ-ի գրգռման ժամանակ ակտիվացման են:

Թթվածնաքաղցի առաջին փուլում նեյրոնների մի մասը լրիվ արգելակում է (11%), իսկ մյուսների էլեկտրական ակտիվությունը բարձրանում է: Այդ ֆոնի վրա ԿԲ-ի գրգռումը նեյրոնների վրա թողնում է առավելացնելով ազդեցությունը, որը նորմայի հետ համեմատ ավելի քույլ է արտահայտված, քանի որ նեյրոնների զարկերի հաճախությունը աճում է 35%-ով, նորմալ մթնոլորտային պայմանների 40%-ի փոխարեն:

**Երկարավոր ուղեղի շնչառական կենտրոնի ցանցաման նեյրոնների պատասխան նեակցիան կապույտ թժի գրգռման նկատմամբ հիպօրոսիայի դիմամիկայում**

Բարձրություն, մ	Նեյրոնների ընթանուր թիվը	Ակտիվացած նեյրոններ	Արգելակված նեյրոններ	Առեակտիվ նեյրոններ
	Մակարդակներում՝ %-ային արտահայտությունները			
նորմօրսիա	78 (100%)	45 (57,7%)	30 (38,5%)	3 (3,8%)
4000–5000	69 (89%)	31 (45,0%)	28 (40,6%)	10 (14,4%)
7500–8000	53 (68%)	25 (47,2%)	20 (37,7%)	8 (15,1%)
իջեցնելուց հետո	74 (95%)	38 (51,4 %)	30 (40,5%)	6 (8,1%)

Կենդանու հետագա բարձրացումը թերում է ավելի մեծ քանակությամբ նեյրոնների ինքնարուխ ակտիվության դադարեցման, որը 7500–8000 մ բարձրության վրա կազմում է 32%: Այդ բարձրության վրա նկատվում է դեռևս գործող նեյրոնների ակտիվության կտրուկ աճեցնում: Ուստի այդ ֆոնի ԿԲ-ի վրա խրանումն առաջացնում է քույլ արտահայտված ակտիվացնող ազդեցություն (տես աղյուսակը):

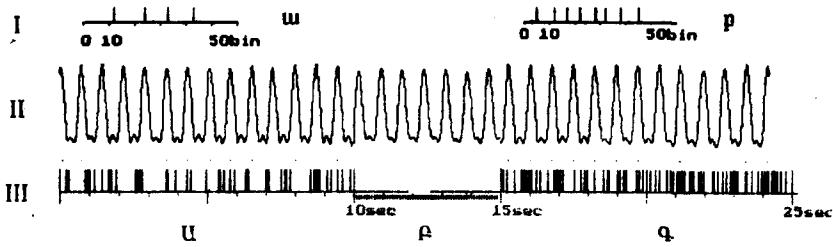
Կենդանիներին իջեցնելուց հետո բնականոն մթնոլորտային ճնշման պայմաններում դիտվել է նեյրոնների ինչպես ինքնարուխ որիմիկ ակտիվության, այնպես էլ գրգռման նկատմամբ ուսակցիաների ելակետային ցուցանիշների վերականգնում 3–5 րոպեի ընթացքում:

Այսպիսով, նորմօրսիայի և հիպօրսիայի պայմաններում ԿԲ-ի էլեկտրախթանումը շնչառական նեյրոնների վրա թողնում է ինչպես խրանող, այնպես էլ արգելակող ազդեցություն՝ առաջինի գերակշռությամբ:

Հայտնի է, որ հիպօրսիայի առաջին փուլում շնչառական նեյրոնների ակտիվացումը, որն արտահայտվում է զարկերի հաճախության մեծացմամբ և միջզարկային տարածության փոքրացմամբ, բջջաբաղանքի ապարենուացման հետևանք է [8]:

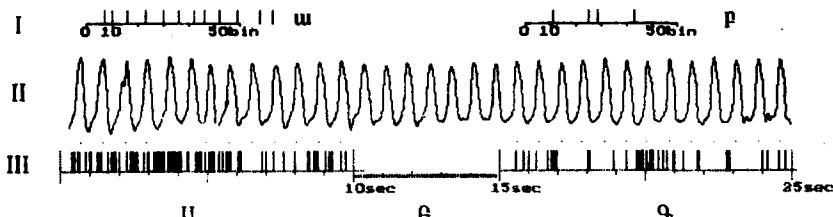
4000–5000 մ բարձրության վրա արտաքին շնչառության հաճախացումը, ինչպես նաև առանձին շնչառական նեյրոնների համազարկում զարկերի քանակի ավելացումը պայմանավորված է  $P_{O_2}$ -ի իջեցմամբ և համապատասխան ռեֆլեքսածին գոտիների քիմիկալիչների խրանմամբ, որոնք հեշտացնող ազդակներ են ուղարկում շնչառական կենտրոն [9]: Հիպօրսիայի երկրորդ կամ ծանր փուլը վրա է հասնում, եթե  $P_{O_2}$ -ը ներշնչվող օդում կազմում է 64–56 մմ ս.ս., իսկ արյան հազեցումը  $O_2$ -ով՝ 65–60%: Այս փուլում դիտվում է շնչառական նեյրոնների էլեկտրական ակտիվության խիստ նվազում: Հիպօրսիայի ծանր փուլում նեյրոնների ինպուլսային ակտիվության ճնշումը պայմանավորված է ապարենուացման հետագա խորացմամբ՝ ընդհուպ մինչև նրանց ակտիվության լրիվ դադարը [10]: Այս փուլում նեյրոնների ակտիվության նվազումը, ըստ որոշ հեղինակների [9], կապված է նաև ուղեղում գամնաամի-

նակարագաթթվի քանակի ավելացման հետ, որն ընտրողաբար ուժեղացնում է արգելակող հետևինապսային պոտենցիալ՝ սահմանափակելով թթվածնի ծախսը:



Նկ. 1: Կապույտ թիթ էլեկտրախթանման ակտիվացնող ազդեցությունը երկարավուն ուղեղի շնչառական կենտրոնի ցանցանման գոյացության նեյրոնների իմպուլսային ակտիվության վրա: I – նեյրոնի աշխատանքը. ա) մինչև գրգռումը, բ) գրգռումից հետո ( $10 \text{ bin}=200 \text{ մ} \mu$ ): II – կենդանու շնչագիրը; III – նեյրոնի իմպուլսային ակտիվության գիրը. Ա – կապույտ թիթ էլեկտրախթանման առաջ, Բ – էլեկտրախթանման ժամակահատվածը, Գ – էլեկտրախթանմանից հետո:

Շնչառական կենտրոնի (ԾԿ) նեյրոնների վրա կապույտ թիթ առավելացելի խթանող, իսկ որոշ դեպքերում արգելակող ազդեցությունը կարելի է բացատրել նրանով, որ կապույտ թիթ այդ հատվածներում սփոռուն տարաբաշխված են ինչպես ակտիվացնող, այնպես էլ արգելակող նեյրոններ՝ առաջին ների արտահայտված գերակշռությամբ:



Նկ. 2: Կապույտ թիթ էլեկտրախթանման արգելակող ազդեցությունը երկարավուն ուղեղի շնչառական կենտրոնի ցանցանման գոյացության նեյրոնների իմպուլսային ակտիվության վրա (բացատրությունը նույն է, ինչ նկ. 1-ում):

Ինչպես արդեն նշվել է, նեյրոնների իմպուլսային ակտիվությանը գուգընթաց գրանցվել է նաև կենդանու շնչագիրը: ԿԲ-ի գրգռումը ինչպես բնականուն մընոլորտային պայմաններում, այնպես էլ հիմօքսիայի տարրեր փուլերում շնչագիրի էական փոփոխություններ չի առաջացրել: Արտաքին շնչառությունը օրգանիզմի ամբողջ շնչառական համակարգի գումարային գործունեության արդյունք է, ուստի հնարավոր է, որ այդ բարդ համակարգի մի օղակը, ինչպիսին կապույտ թիթն է, առանձին վերցրած չի կարող փոխել շնչառության խորությունը կամ հաճախությունը՝ շնչայած շնչառական կենտրոնի նեյրոններն իրենց որոշակի վերաբերմունքն են դրաւորում այդ կորիզի գրգռման նկատմամբ (նկ. 1, 2): Որոշ հեղինակների կարծիքով [11, 12] երկարավուն ուղեղի շնչառական կենտրոնի ցանցանման նեյրոնների ֆունկցիոնալ վիճակի վրա կապույտ թիթ ազդեցությունը կալոր է իրականանալ տեսաքրմի, շնչահամալիրի, ենթատեսաքրմի և միջնորմի մակարդակի վրա վայրընթաց պրոյեկցիաների գուգամիտման միջոցով:

Մեր նախորդ աշխատանքները և գրականության տվյալները [13] վկայում են, որ շնչառական կենտրոնի նեյրոնների գործունեության վրա կարևոր ազդեցություն ունեն մեծ կիսագնդերի կեղևը, միջին և միջանկյալ ուղեղի գոյացությունները, որոնք տարբեր զգայնություն են ցուցաբերում թթվածնային անբավարարության նկատմամբ: Օրինակ, մեծ կիսագնդերի կեղևը թթվածնաբաղդի պայմաններում ավելի շուտ է արգելակվում թուլացնելով իր արգելակող ազդեցությունը ենթակեղևային գոյացությունների, այդ թվում նաև երկարավուն ուղեղի շնչառական կենտրոնի վրա: Օրգանիզմի համար սրբեսային այդ պայմաններում դա ունի կարևոր պաշտպանական նշանակություն: Կարևոր է նաև այն, որ դրան զուգընթաց շնչառական կենտրոնի վրա արտահայտված խթանող ազդեցություն ունեցող ենթատեսարքումը և ենթակեղևային այլ գոյացություններ համեմատարար թույլ արտահայտված հիպօրինիկ արգելակման ժամանակ պահպանում են իրենց ակտիվացնող ազդեցությունը Ըստ-ի վրա: Ելեկտրոնային մանրադիտակով բացահայտված է հետին ենթատեսարքի և կապույտ թծի ուղղակի կապը [14]: Խսկ էլեկտրաֆիզիոլոգիական հետազոտություններով պարզվել է, որ ԿԲ-ի նորադրեներգիական թշիջները ենթատեսարքի միջոցով են իրականացնում իրենց ազդեցությունը ներքին օրգանների և օրգանիզմի ներզատիչ գործունեության վրա [14, 15]:

Երկարավուն ուղեղի շնչառական կենտրոնի նեյրոնների, կապույտ թծի և ուղեղային այլ գոյացությունների միջև եղած այդպիսի փոխիարաբերությունը թթվածնաբաղդի տարբեր փուլերուն բացառիկ նշանակություն ունի շնչառական կենտրոնի նույրը կարգավորման և այդ պայմաններում օրգանիզմի հարմարվողական մեխանիզմների ձևավորման համար:

*Մարդու և կենդանիների ֆիզիոլոգիայի ամրիոն*

*Ստացվել է 15.03.2006*

#### ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Aston-Jones G., Shipley M.T. The Rat Nervous system. Paxinos G. ed. N-Y.: Academic Press, 1995, p. 183–214.
2. Ungerstedt U. – Acta physiol. scand., 1971, suppl. 367, p. 1–47.
3. Ханбабян М.В. Норадренергические механизмы мозга. Л.: Наука, 1981, 124 с.
4. Aston-Jones G., Chiang C. et al. – Prog. Brain Res., 1991, v. 88, p. 501–520.
5. Блинков С.М. Новое в физиологии и патологии дыхания. М., 1964, с. 24.
6. Paxinos G., Watson Ch. The Rat Brain in Stereotaxic Coordinates. N.-Y.: Academic Press, 1986.
7. Гордиевская Н.Л., Киреева Н.Я. – Росс. физиол. ж., 1998, т. 84, № 4, с. 193–199.
8. Самойлов М.О. Реакция нейронов мозга на гипоксию. Л.: Наука, 1985.
9. Тараканов И.А., Сафонов В.А. – Физиол. человека, 1998, № 24 (5), с. 116–128.
10. Pizani A., Calabresi R.E., Bernardi G. – NeuroReport, 1997, v. 8, № 5, p. 1143–1147.
11. Белова Т.И., Голубева Е.Л., Пальцева М.А. – Успехи физиол. наук, 1978, т. 9, № 4, с. 25–44.
12. Glamkola S.B., Rodes S., Ceriello J. – Brain Res, 1993, v. 606, № 1, p. 162–166.
13. Акопян Н.С., Баклаваджян О.Г., Карапетян М.А. – Физиол. ж. СССР, 1982, т. 68, № 5, с. 576–582.
14. Jouvet M. – Ergebn. Physiol., 1972, т. 64, с. 166–275.
15. Hafeli W., Jalere M., Monachon M.A. Frontiers in catecholamine research. N.-Y., 1973.

Н. С. АКОПЯН, М. А. КАРАПЕТЯН, Н. Ю. АДАМЯН,  
К. В. БАГДАСАРЯН, Р. С. АРУТЮНЯН

## ВЛИЯНИЕ ГОЛУБОГО ПЯТНА НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ РЕТИКУЛЯРНЫХ НЕЙРОНОВ ПРОДОЛГОВАТОГО МОЗГА В УСЛОВИЯХ КИСЛОРОДНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

### Резюме

В условиях нормы и в динамике кислородной недостаточности изучено влияние голубого пятна (ГП) на импульсную активность ретикулярных нейронов дыхательного центра продолговатого мозга. В условиях нормального атмосферного давления электрическое раздражение ГП оказывало преимущественно активирующее влияние. В начальной стадии гипоксии (высота 4–5 тыс. м) на фоне гипоксического возбуждения активирующее влияние раздражения ГП было менее выраженное, чем в условиях нормоксии. Во второй фазе гипоксии (высота 7,5–8 тыс. м) на фоне гипоксического угнетения нейрональной активности раздражение ГП оказывает более выраженное активирующее влияние (по сравнению с начальной стадией гипоксии) на бульбарный дыхательный центр.

N. S. AKOPYAN, M. A. KARAPETYAN, N. Yu. ADAMYAN,  
K. V. BAGDASARYAN, R. S. ARUTUNIAN

## INFLUENCE OF THE MEDULLA OBLONGATA RETICULAR NEURONS TO LOCUS COERULEUS STIMULATION IN HYPOXIA CONDITIONS

### Summary

In the oxygen deficiency conditions we studied influence of irritation of Locus Coeruleus (LC) stimulation on the impulse activity of the reticular neurons and on the respiration. Phases of hypoxia were the model of experiment.

At the initial stage of hypoxia (4000–5000 m higher) the frequency of reticular neurons was growing. Against this background the facilitating influence of stimulation of LC was less prominent, though it prevailed over its inhibiting action. At the maximal altitude (7500–8000 m higher) however, the frequency of stimulus was falling, and mainly the facilitating effect of stimulation of LC was continuing. The rats after being brought back to the normal atmospheric pressure displayed gradual recovery of initial exponents with respect to both the spontaneous rhythmic activity of neurons and the reactions to stimulation.

Those different reactions of irritation LC have regulation sense on respiratory neurons.

**Биология**

УДК 612. 821. 3

А. Р. АГАБАЯН, В. Г. ГРИГОРЯН, Н. Д. АРУΤՅՈՆՅԱՆ,  
А. Ю. СТЕПАНЯН, Л. С. СТЕПАНЯН

**ВЛИЯНИЕ ТВОРЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПОКАЗАТЕЛИ  
СЕРДЕЧНОГО РИТМА**

Исследованы показатели вариабельности сердечного ритма у испытуемых, отличающихся по степени экстраверсии, при выполнении творческого задания. У испытуемых-интровертов обнаружено уменьшение значения индекса напряжения, свидетельствующее об усилении влияния парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. В отличие от них у экстравертов парасимпатического эффекта не наблюдается.

**Введение.** Творчество в своей основе представлено механизмами сверхсознания [1], что имеет отношение к явлениям озарения, инсайта и основано на эмоциях и интуиции. Эмоциональное сопровождение творческого процесса является одной из причин того, что, наряду с повышением активности мозга, творческая деятельность оказывает влияние на регуляторные системы, работу сердца, на состояние организма в целом. Известно, что интеллектуальные процессы, в том числе связанные с творчеством, характеризуются определенным уровнем напряжения регуляторных механизмов и находят свое отражение в изменениях различных вегетативных показателей [2–4]. Наиболее информативными из них являются показатели сердечно-сосудистой системы, отражающие энергетический аспект выполнения любого психического акта. Есть ряд работ, где исследуются изменения показателей сердечного ритма при различных видах как физической, так и умственной деятельности [5–7]. Показано также влияние интенсивной интеллектуальной, особенно творческой деятельности на регуляторные системы, работу сердца [8]. Следует отметить, что характер изменений вегетативных реакций зависит от психологического восприятия ситуации, темперамента и особенностей личности, накладывающих отпечаток на физиологические функции и психоэмоциональное состояние человека [9], с которым тесно связан такой показатель темперамента как степень экстраверсии. Однако эта зависимость мало изучена. Вот почему мы задались целью исследовать как влияет выполнение творческого задания на изменения вариабельности сердечного ритма у лиц, отличающихся по степени экстраверсии. Мы предположили, что

темперамент (степень экстраверсии) является существенным фактором, влияющим на изменение индекса напряжения, отражающего в основном активность симпатического отдела вегетативной нервной системы. Из этой гипотезы вытекала задача определить изменения показателей вариабельности сердечного ритма до и после решения творческой задачи верbalного содержания с учетом личностных особенностей.

**Методика исследования.** Исследования проведены на 36 практически здоровых испытуемых в возрасте 18–22 года. Испытуемые протестированы по многофакторному личностному опроснику Кеттела по фактору F<sub>2</sub> (интроверсия-экстраверсия). Задание, предложенное испытуемым, заключалось в составлении рассказа на основе набора слов из разных семантических полей, что обеспечивало его сложность, и длилось 1 час.

Для выявления функционального состояния сердечно-сосудистой системы испытуемых регистрировали электрокардиограмму (ЭКГ) до ( $T_0$ ) и после ( $T_1$ ) решения творческой задачи. Регистрация ЭКГ осуществлялась на 8-канальном энцефалографе фирмы «Medikog» (Венгрия) при стандартном отведении от конечностей: левая рука–правая рука–левая нога; испытуемые находились в полулежачем состоянии.

Для обработки ЭКГ применялся метод вариационной пульсометрии Р.М. Баевского [2]. Объем выборки для каждого испытуемого – 100 кардиоинтервалов. Обработка экспериментального материала (7200 кардиоциклов) была проведена по специально разработанной компьютерной программе и включала расчет следующих статистических параметров сердечного ритма: индекса напряжения (ИН) регуляторных систем, отражающего степень централизации управления сердечным ритмом,  $ИН = AM_0 / 2\Delta x M_0$ ; индекса вегетативного равновесия, ИВР =  $AM_0 / \Delta x$ ; вегетативного показателя ритма, ВПР =  $1 / \Delta x M_0$  и показателя адекватности процессов регуляции, ПАПР =  $AM_0 / M_0$ , где  $M_0$  – мода, наиболее часто встречающаяся величина R-R-интервалов,  $\Delta x$  – вариационный размах,  $AM_0$  – амплитуда моды. Данные показателей сердечного ритма были подвергнуты статистическому анализу по Т-тесту зависимых пар (пакет статистических программ).

**Результаты и их обсуждение.** По степени экстраверсии испытуемые были разделены на две группы: в группу I вошли испытуемые с выраженной экстраверсией (20 человек), в группу II – с выраженной интроверсией (16 человек). Данные, полученные в результате статистического анализа изменений параметров вариабельности сердечного ритма, представлены в таблице.

*Основные статистические параметры вариабельности сердечного ритма у испытуемых*

	I группа				II группа			
	ИН, усл.ед.	ИВР, усл.ед.	ВПР, усл.ед.	ПАПР, усл.ед.	ИН, усл.ед.	ИВР, усл.ед.	ВПР, усл.ед.	ПАПР, усл.ед.
$T_0$	165,61 $\pm 117,06$	234,43 $\pm 148,8$	9,92 $\pm 5,26$	45,56 $\pm 16,25$	219,09 $\pm 13,85$	320,35 $\pm 204,7$	12,09 $\pm 7,12$	47,62 $\pm 15,68$
$T_1$	202,35 $\pm 141,8$	296,72 $\pm 194,12$	11,13 $\pm 6,45$	148,72 $\pm 50,9$	157,83 $\pm 16,46$	242,23 $\pm 157,4$	9,75 $\pm 5,55$	79,58 $\pm 13,6$
p	*				*	*	*	
	p<0,05				p<0,05	p<0,05	p<0,05	

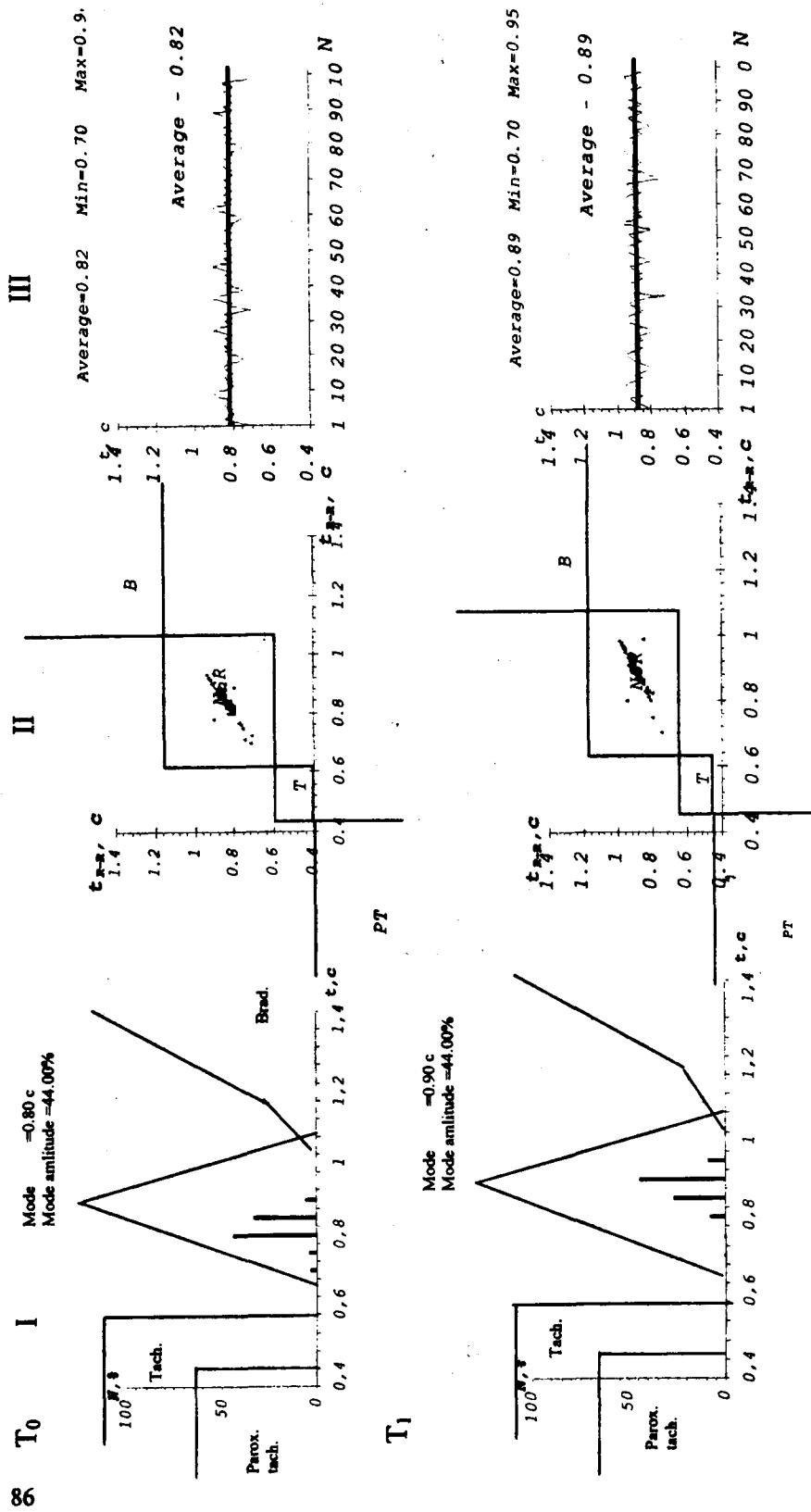


Рис. 1. Основные показатели вариабельности сердечного ритма у испытуемого В.В. (I группа) до ( $T_0$ ) и к концу ( $T_1$ ) выполнения творческого задания. I - гистограмма, II - скаттерограмма, III - ритмограмма.

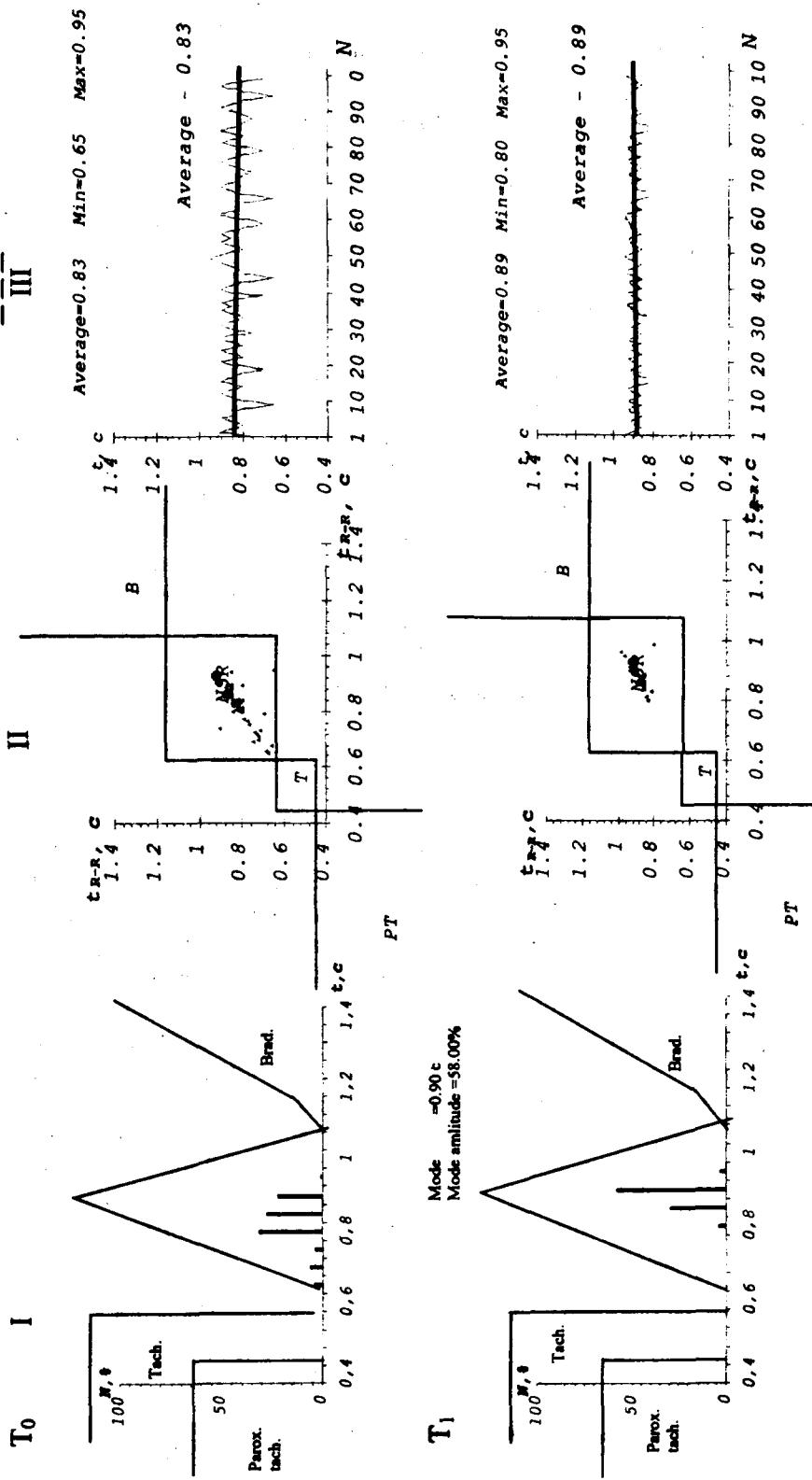


Рис. 2. Основные показатели вариабельности сердечного ритма у испытуемого С.Г. (II группа) до (T<sub>0</sub>) и к концу (T<sub>1</sub>) выполнения творческого задания. I – гистограмма, II – скаттерограмма, III – ритмограмма.

Согласно результатам исследования, у испытуемых группы I наблюдается тенденция к увеличению значения ИН на 37 усл. ед., значения ПАПР – на 103 и достоверное ( $p<0,05$ ) уменьшение значения ИВР на 62 усл.ед. по сравнению с исходным фоном.

Анализ гисто- и скаттерограмм группы I показал (рис. 1), что вариабельность сердечного ритма у экстравертов сохраняется в пределах нормы. После решения творческой задачи у большинства испытуемых этой группы наблюдается уменьшение «кучности» кардиоинтервалов, что указывает на наличие симпатического эффекта. Наиболее характерные для данной группы изменения представлены в виде индивидуального «портрета» испытуемого В.В. Отмечаются некоторые изменения в ритмограмме (рис. 1, III) после окончания творческой деятельности.

Анализ изменения параметров сердечного ритма у испытуемых группы II показал, что после выполнения творческого задания значение ИН уменьшается на 62 усл.ед. ( $p<0,05$ ), ПАПР увеличивается на 32 усл. ед. (на уровне тенденции), а значения ИВР и ВПР достоверно ( $p<0,05$ ) уменьшаются на 78 и 3 усл. ед. соответственно по сравнению с исходным фоном (см. таблицу). Анализ гисто- и скаттерограмм испытуемых группы II показал, что, как и у испытуемых группы I, сердечный ритм сохраняется в пределах нормы без каких-либо изменений «кучности» кардиоинтервалов. Наиболее характерные для данной группы изменения представлены на рис. 2 в виде индивидуального «портрета» испытуемого С.Г.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что у лиц с различным темпераментом сердечная деятельность по-разному реагирует на творческий процесс. Так, у испытуемых группы I с выраженной экстраверсией достоверных изменений сердечного ритма не наблюдается. В то время как у испытуемых группы II при решении творческой задачи имеет место понижение ИН, указывающее на нарастание парасимпатического влияния. Общеизвестно, что напряженная умственная деятельность сопровождается симпатическим эффектом. Однако осознанное творческое мышление как ориентировочно-исследовательская деятельность характеризуется падением частоты сердечных сокращений (ЧСС) и понижением ИН из-за усиления парасимпатического эффекта, а также высвобождения холинергических веществ. Согласно некоторым авторам (напр. [10]), падение ЧСС при умственной деятельности отмечается у лиц с низкими показателями подвижности нервных процессов, что характерно для выраженной интроверсии.

Таким образом, можно предположить, что творческий процесс благотворно влияет на сердечную деятельность лиц с выраженной интроверсией.

В то же время, у лиц с выраженной экстраверсией парасимпатического эффекта не наблюдается, что, по-видимому, связано с повышенной отвлекаемостью испытуемых-экстравертов.

Кафедра физиологии человека и животных

Поступила 18.04.2006

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Симонов П.В. Эмоциональный мозг. М.: Наука, 1981.

2. Баевский Р.М., Кириллов О.О., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. М.: Наука, 1984, 221 с.
3. Баевский Р.М. – Физиология человека, 2002, т. 28, № 2, с. 70–82.
4. Парин В.В., Баевский Р.М., Волков Ю.Г., Газенко О.Г. Космическая кардиология. Л.: Медицина, 1987, 206 с.
5. Горбунов В.В. – Физиология человека, 1994, т. 20, № 5, с. 40–47.
6. Данилова Н.Н., Астафьев С.Г. – ЖВНД, 1999, т. 49, № 3, с. 28–35.
7. Коркышко О.В., Шатило В.Б. и др. – Физиология человека, 1991, т. 17, № 2, с. 31–40.
8. Федоров Б.М. – Физиология человека, 2001, т. 27, № 4, с. 42–49.
9. Kurimori S., Kakizaki T. – Ind. Health, 1995, v. 33, № 1, p. 7–22.
10. Щербатых Ю.В. – Психологический журнал, 2002, т. 23, № 1, с. 118–122.

Հ. Ռ. ԱՂԱԲԱԲՅԱՆ, Վ. Հ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Ն. Դ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ,  
Ա. Յու. ՍՏԵՓԱՆՅԱՆ, Լ. Ս. ՍՏԵՓԱՆՅԱՆ

## ՍՏԵՂԾԱԳՈՐԾԱԿԱՆ ԳՈՐԾՈՒՆԵՈՒԹՅԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՄՐՏԻ ՌԵԹՄԻ ՑՈՒՑԱՄԱԿՈՒՄՆԵՐԻ ՎՐԱ

### Ամփոփում

Ստեղծագործական առաջադրանք կատարելու ընթացքում ուսումնամիրվել են էքստրավերտուրյան աստիճանով տարրերվող փորձարկվողների սրտի ռիթմի փոփոխականության ցուցանիշները: Հայտնաբերվել է ինտրավերտ փորձարկվողների լարվածության ցուցիչի նվազում, ինչը վկայում է վեգետատիվ նյարդային համակարգի պարասիմպատիկ բաժնի ազդեցության ուժեղացման մասին: Ի տարբերություն նրանց՝ էքստրավերտ փորձարկվողների նյուրդային համակարգի պարասիմպատիկ էֆեկտը չի դիտվում:

H. R. AGHABABIAN, V. H. GRIGORIAN, N. D. HARUTYUNYAN,  
A. Yu. STEPANYAN, L. S. STEPANYAN

## INFLUENCE OF CREATIVE ACTIVITY ON PARAMETERS OF THE HEART RHYTHM

### Summary

Parameters of heart rhythm variability of the examinees with different level of extraversion during creative task performance were investigated. Reduction of the stress index value at examinees-introverts is revealed, which testifying about intensification of parasympathetic influence of vegetative nervous system is revealed. Unlike them at examinees-extraverts parasympathetic effect is not observed.

Биология

УДК 574.669.21

А. Г. ДАВОЯН

ИЗУЧЕНИЕ АЛЛЕЛЬНОГО ПОЛИМОРФИЗМА (GATA)<sub>n</sub>-СОДЕРЖАЩИХ  
ЛОКУСОВ ПАРТЕНОГЕНЕТИЧЕСКИХ ЯЩЕРИЦ

*Darevskia dahli* (сем. *Lacertidae*)

Проблема генезиса мини- и микросателлитных локусов, интенсивно изучаемая на человеке и некоторых других двупольных видах, практически не исследована на видах с клональным типом размножения. В настоящей работе проведен анализ полимеразной цепной реакции (ПЦР) для выявления внутривидового полиморфизма двух локусов *D. dahli*: *Du 215* и *Du 281*, содержащих (GATA)<sub>n</sub>-микросателлитный кластер. Обнаружен разный уровень внутри- и межпопуляционной изменчивости исследованных локусов. Наиболее полиморфным (8 аллельных вариантов) оказался локус *Du 215*. Три аллельных варианта показаны для локуса *Du 281*. Примеры, подобранные для локусов *Du 215* и *Du 281*, были также использованы для ПЦР-анализа гомологичных локусов двух предполагаемых родительских двупольных видов *D. mixta* и *D. portschinski*. Показано, что ПЦР-продукты соответствующих локусов родительских видов имеют примерно такие же размеры. Эти данные о структуре локусов ДНК позволяют изучить генетическое разнообразие у партеновида *D. dahli*.

Микросателлиты (GATA)<sub>n</sub> широко представлены в геноме зукариот. Активное изучение (GATA)<sub>n</sub>-повторов связано с их высокой вариабельностью у всех исследованных зукариотических организмов [1]. Партеногенетические виды ящериц, генотипы которых клонально воспроизводятся из поколения в поколение, являются удачной моделью для изучения изменчивости в гипервариабельных локусах.

*Darevskia dahli* – один из четырех пратеногенетических видов ящериц рода *Darevskia*, обитающий в северной и северо-восточной части Армении [2], возникший в результате межвидовой гибридизации двупольных видов *D. portschinski* и *D. mixta* [3, 4]. Внутри ареала этот вид образует ряд популяций, расположенных в сейсмически активных районах. Ранее были выявлены различные дискретные вариации фолидоза головы и анальной области, возрастание направленной асимметрии билатеральных структур фолидоза при изучении ящериц *D. dahli*, обитающих в сейсмически активных районах (Степанаван) [5]. В настоящей работе с целью более подробного изучения этого явления применен локус-специфический анализ полимеразной цепной

реакции (ПЦР) для выявления генетического полиморфизма вида *D. dahli*. Впервые с помощью этого метода был выявлен внутривидовой полиморфизм у партеновида *D. dahli* по двум локусам ядерного генома: *Du 215* и *Du 281*, которые содержат (GATA)<sub>n</sub>-микросателлитный кластер. Эти данные могут свидетельствовать о процессе спонтанного мутагенеза и о начальном этапе внутривидовой дифференциации в природных популяциях этого партено-генетического вида.

**Материал и методы.** Для ПЦР-анализа использовали образцы ДНК, полученные из крови 26 ящериц *D. dahli* из популяций «Степанаван», «Дилижан», «Шагали», и 6 двуполых ящериц видов *D. mixta* и *D. portschinski*.

ПЦР-анализ проводили на образцах крови ящериц, законсервированной при 4°C в 0,05 M растворе ЭДТА, pH 8, выделяли ядерную ДНК с помощью стандартного фенольно-хлороформного метода с использованием протеиназы K. Подбор праймеров и температурных режимов осуществляли с помощью компьютерной программы PRIMER SELECT ©1993–2000 DNASTAR Inc. Температура отжига 58°C для *Du 281*, 50°C для *Du 215*. В качестве праймеров для монолокусного ПЦР-анализа были использованы пары праймеров для амплификации локусов *Du 281* (AY442143) и *Du 215* (AY574978) [6]. Полимеразную цепную реакцию проводили в объеме 20 мкл в смеси следующего состава: 20 нг ДНК матрицы, 1×амплификационный буфер (Диалат), 25 mM раствор dATP, 25 mM раствор dCTP, 25 mM раствор dGTP, 25 mM раствор dTTP, 2 mM MgCl<sub>2</sub>; 1 мкM прямого праймера, 1 мкM обратного праймера, 0,8 ед. Таq-полимеразы. Амплификацию проводили на четырехканальном ДНК-амплификаторе ТП4-ПЦР-01 (Терцик) при следующих температурных режимах: денатурация – 3 мин, 94°C; амплификация, 30 циклов (денатурация – 1 мин, 94°C, отжиг – 40 с, t<sub>отжига</sub>, элонгация – 40 с, 72°C); элонгация – 5 мин, 72°C. После амплификации в смесь добавили 5 мкл смеси бромфенолового синего и ксилентианола. От 5 до 10 мкл продукта фракционировали в 8%-ом нативном полиакриламидном геле (ПААГ) с последующей визуализацией окрашиванием бромистым этидием.

**Результаты и обсуждение.** Результаты ПЦР-амплификации ДНК особей партеновида *D. dahli* и родительских двуполых видов *D. mixta* и *D. portschinski* представлены на рис. 1, 2. Следует отметить, что по локусу *Du 281* размер продуктов амплификации составляет от 205 до 220 п.н. По локусу *Du 215* все особи *D. dahli* являются гетерозиготами, размер ПЦР-продуктов составляет от 220 до 230 п.н. В данной работе нами обнаружено появление «нового» продукта амплификации размером 195 п.н. (вариант 8). При этом также обнаружено, что популяция «Степанаван» является более гетерогенной по сравнению с двумя другими: по локусу *Du 215* удалось выявить 8 аллельных вариантов. Это может объясняться различными экологическими условиями обитания популяций, приводящими к накоплению мутаций в некодирующей области генома. Популяция «Степанаван» прилегает к зоне Памбак-Севанского тектонического разлома. Известны данные о мутагенном воздействии сейсмически активных зон [7, 8]. ПЦР-продукты гомологичных локусов у родительских видов *D. mixta* и *D. portschinski* имеют примерно ту же электрофоретическую подвижность, что и у *D. dahli*, т.е. распределяются в

электрофоретической зоне от 195 до 240 п.н. Эти данные, полученные пока еще на единичных особях родительских видов, подтверждают гибридное происхождение *D. dahli*. В этом случае не исключаются множественные акты гибридизации, приводящие к появлению клonalного разнообразия партеновидов [9]. Возникающие различия между клонами сохраняются благодаря клональному типу наследования и могут усиливаться вследствие мутаций в генетически нестабильных локусах [10].

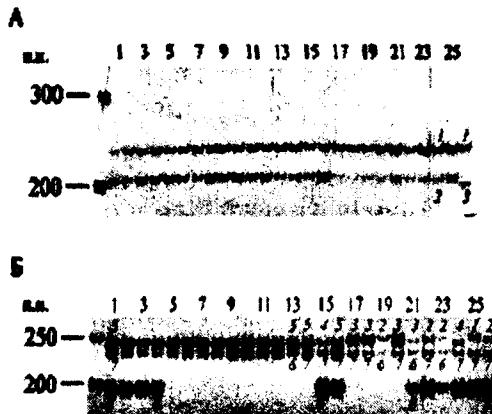


Рис. 1. Электрофорез в 8%-ом нативном ПААГ продуктов амплификации ДНК особей вида *D. dahli*: 1–13 «Дилижан», 14–16 «Шагали», 17–26 «Степанаван». А – *Du 281*, Б – *Du 215*.

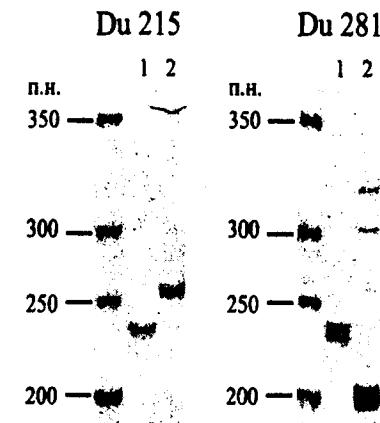


Рис. 2. Электрофорез ПЦР-продуктов в 8%-ом нативном ПААГ. 1 – *D. mixta*; 2 – *D. portschinski*. В качестве маркера молекулярного веса использовали Ladder 50bp «Fermentas» с шагом 50 п.н.

Полученная информация о первичной структуре микросателлитных локусов *Du 215* и *Du 281* позволяет на новом уровне (с использованием монолокусного ПЦР-анализа) изучать внутри- и межпопуляционное разнообразие партеновида *D. dahli*, а также частоту мутаций по этим локусам у потомков первого поколения и последующих генераций. Кроме того, стало возможным проведение сравнительных исследований по данным локусам различных однополых и двуполых видов ящериц.

Кафедра зоологии

Поступила 30.05.2006

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Epplen J.T. – Journal of Heredity, 1988, v. 7, p. 409–417.
2. Darevsky I.S., Kuprianova L.A., Uzzell T. – Biology of the Reptilia. N.Y.: Wiley, 1985, v. 15, p. 412–526.
3. Даревский И.С. Эволюция и экология партеногенетического размножения у пресмыкающихся. В сб.: Современные проблемы теории эволюции. М.: Наука, 1993, с. 89–109.
4. Murphy R.W., Darevsky I.S., MacCulloch R.D., Fu J., Kupriyanova L.A., Upton D.E., Danielyan F.D. – Genetica, 1997, v. 101, p. 125–130.
5. Давоян А.Г., Асланян А.В., Мартиросян И.А., Даниелян Ф.Д. – Вестник МАНЭБ, Санкт-Петербург, 2006, т. 11, № 8, с. 67–71.
6. Корчагин В.И., Мартиросян И.А., Омельченко А.В., Даревский И.С., Рыков А.П., Токарская О.Н. – Генетика, 2004, т. 40, № 10, с. 1–7.

- Djrbashian R., Karakhanian A. et al. Natural hazards in the active fault zones of Armenia. The resolution of geological analysis and models for earthquake faulting studies, 1998, p. 41.
- Moritz C., Uzzel T., Spolsky C., Hotz H., Darevsky I.S., Kupriyanova L.A., Danielyan F.D. - Genetica, 1992, v. 87, p. 53-62.
- Tokarskaya O.N., Kan N.G., Petrosyan V.G. et al. - Molecular Genetics and Genomics, 2001, v. 265, p. 812-819.

## Ա. Գ. ԴԱՎՈՅԱՆ

*Darevskia dahli* (ընտ. *Lacertidae*) ԿՈԽՍԱԾԻՆ ՄՈՂԵՄՆԵՐԻ  
(GATA)<sub>n</sub> ՊԱՐՈՒՆԱԿՈՂ ԼՈԿՈՒՄՆԵՐԻ ԱԼԵԼԱՅԻՆ ԲԱԶՄԱՁԵՎՈՒ-  
ԹՅԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ

### Ամփոփում

Մինի- և միկրոսատելիտային լոկուսների առաջացման խնդիրը, որը լայնորեն ուսումնասիրվում է մարդու և այլ երկսեռ տեսակների կորիզային գենոմում, գործնականորեն ուսումնասիրված չէ կլոնավորմամբ քազմացող տեսակների գենոմում: Կիրառվել է պոլիմերազային շրայական ռեակցիայի (ՊՇՌ) ներողը՝ քացահայտելու (GATA)<sub>n</sub>-միկրոսատելիտային կլաստեր պարունակող *D. dahli*-ի *Du 215* և *Du 281* լոկուսների ալելային քազմաձևությունը: Հայտնաբերվել է այդ լոկուսների ներտեսակային և միջտեսակային մեծ փոփոխականություն, որում ավելի արտահայտված է *Du 215* լոկուսում (8 ալելային ձևեր): Երեք ալելային ձևեր են դիտված *Du 281*-ում: *Du 215* և *Du 281* ընտրված պրայմերները օգտագործվել են ենթադրվող ծնողական երկսեռ տեսակների՝ *D. mixta* և *D. portschinskii* հոմոլոգ լոկուսների ՊՇՌ-անալիզ կատարելու համար: Ծնողական տեսակների համապատասխան լոկուսները ունեն նոտավորապես նույն չափերը: Այս տվյալները հնարա-վորություն են տալիս ուսումնասիրել *D. dahli* կուսածին տեսակի գենետիկական փոփոխականությունը:

A. G. DAVOYAN

### STUDY OF ALLELIC POLYMORPHISM OF (GATA)<sub>n</sub>-CONTAINING LOCI IN THE PARTHENOGENETIC LIZARDS *Darevskia dahli* (*Lacertidae*)

#### Summary

The genesis of mini- and microsatellite loci, which is under extensive study in humans and some other bisexual species, have been virtually overlooked in clonal mode of reproduction. In present study we use PCR- analysis to examine allelic polymorphism of two loci of *D. dahli* – *Du 215* and *Du 281*- containing (GATA)<sub>n</sub> microsatellite cluster. Different levels of intrapopulation and interpopulation variability of these loci were found. *Du 215* showed the highest polymorphism- 8 allelic variants. Three alleles were found for *Du 281*. The primers chosen for loci *Du 215* and *Du 281* were also used for PCR analysis of homologous loci in two presumptive parental bisexual species *D. mixta* and *D. portschinskii*. The PCR products of the corresponding loci of the parental species had approximately the same size. These data on the structure of the DNA loci provide a possibility to study genetic diversity in the parthenogenetic species *D. dahli*.

**Биология**

УДК 631. 8661

Г. М. КАРАКЕШИШЯН, З. Г. ЭЛБАКЯН, И. А. НАВАСАРДЯН

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКОГО ФАКТОРА  
НА УРОЖАЙНОСТЬ**

В статье оценивается влияние климатических условий на продуктивность возделываемых культур с целью его учета в бонитировке почвы и при составлении земельного кадастра. Излагается методический подход к определению вклада климатического фактора в урожайность, который позволяет определить высотные границы экологического оптимума для возделываемых сельскохозяйственных культур.

Способы бонитировки почвы и климата основаны на учете их корреляции с урожайностью. В комплексе факторов внешней среды, воздействующих на урожайность, особое место отводится климату.

В работе попытались определить влияние климатического фактора на урожайность озимой пшеницы, возделываемой на бояре, для уточнения территории с оптимальными условиями возделывания, а также выявить высотные границы экологического оптимума для плодовых культур.

Исходным материалом послужили результаты, полученные в отделе земельного кадастра института Армгипрозвем: оценка земли в баллах (по объективным землеоценочным показателям) и урожайность озимой пшеницы (за период 1971–1977 гг.) по всем хозяйствам республики, где ее возделывали в боярных условиях. Решение поставленной задачи проведено путем использования комбинационных группировок. Выбор анализируемого периода продиктован достоверностью статистических данных.

Известно, что урожайность, помимо почвенных и климатических условий, определяется уровнем хозяйствования, видовыми и сортовыми различиями и др. На качественно одинаковых землях, расположенных в одинаковых климатических условиях, при одинаковых затратах труда, средств и уровне хозяйствования должен быть получен одинаковый урожай. Естественно, с увеличением затрат урожай будет увеличиваться. Хозяйства с одинаковым уровнем ведения производства, но расположенные в разных природных условиях, будут иметь неодинаковые затраты на единицу площади для получения одного и того же урожая. Эти затраты характеризуют различия почвенно-климатических условий производства земледельческой продукции.

В аналогичных разработках исходят из оценки урожая сельскохозяйственных культур, полученной при определенной агротехнике. При прочих равных условиях урожайность культур и производительность труда, в конечном счете, выше в районах, которые расположены в благоприятных природных условиях. Поэтому в пределах территории с одинаковыми климатическими условиями определяют районы с условиями хозяйствования выше и ниже средних с указанием их возможной специализации. Кроме этого, для получения доли урожая, обусловленной только климатическими условиями, используются данные о колебании урожая по годам относительно «нормальной урожайности».

В исследовании Д.И. Шашко [1] установлено почти полное совпадение значений обеспеченности (вероятности) относительных величин урожая, вычисленных по данным государственных сортоиспытательных станций, имеющих высокую агротехнику, и отстающих хозяйств с низкой агротехникой. Сравнение колебаний величин урожая в процентах от нормы с соответствующими относительными значениями показателя увлажнения выявило их хорошее согласование, коэффициенты корреляции между ними оказались высокими, порядка 0,9.

В нашей работе на первом этапе по данным урожайности озимой пшеницы хозяйств Вайка проведено определение вклада климатического фактора в урожайность при выравнивании влияния всех остальных факторов путем использования известного статистического способа – комбинационных группировок. Сначала группы хозяйств формировались по ярко выраженным качественным различиям – типам и подтипам почв; затем – по коэффициенту атмосферного увлажнения в форме  $Md$  [1], который отражает соотношение тепла и влаги; далее – по баллам оценки почв и величинам производственных затрат. Это позволило выделить группы хозяйств, которые отличаются наиболее выгодными почвенно-климатическими условиями, и определить долю урожая, обусловленную влиянием только климатического фактора. Оказалось, что в наиболее выгодных почвенно-климатических условиях находятся хозяйства Заритапа, Гер-Гера и Ехегнадзора. Для этой группы хозяйств минимальные производственные затраты на 1 га в размере 130 усл. ед. соответствуют урожаю 11,5 ц/га, а с увеличением этих затрат до 210 усл. ед. урожай составляет 16,5 ц/га. Для хозяйств, которые находятся в худших условиях, показатели урожайности при тех же производственных затратах составляют 8,5 ц/га и 13 ц/га соответственно. Из анализа полученных результатов с учетом высотного расположения хозяйств следует, что экологический оптимум возделывания озимой пшеницы в Вайской котловине находится на интервал высот от 1300 до 1700 м над уровнем моря.

Из зависимости урожайности озимой пшеницы от производственных затрат следует, что в целом высоким баллам почвы соответствует высокий урожай при одинаковых величинах производственных затрат. Однако корреляция между этими величинами не столь тесная, как ожидалось, что подтверждает мнение Ф. Гаврилюка [2] о несовершенстве методики оценки земель, когда одинаковые по естественному плодородию почвы получают различную оценку: завышается балл за счет хорошего труда и снижается за счет плохого,

так как в основе балльной оценки заложена урожайность. Кроме того, недостатки методики вытекают и из того, что производственные затраты не полностью охватывают и отражают уровень хозяйствования, особенности природных условий, в которых находятся хозяйства, в частности морфометрические особенности рельефа, а также раздробленность, размеры контуров и т.д.

Аналогичный анализ по многолетним плодовым культурам позволил уточнить высотные границы экологического оптимума для отдельных пород и сортов в разрезе котловин. При этом дополнительно привлечена информация о возрастном составе культур. Например, в Шираксской котловине развитие плодоводства возможно на высотах до 1700 м, а в теплых микрорайонах – до 1800–1900 м над уровнем моря. Экологический оптимум возделывания европейских сортов яблони и груши приходится на 1100–1300 м, а для среднерусских и мичуринских сортов – 1400–1600 м. Экологический оптимум для получения более качественной продукции располагается на повышенных высотных отметках, что связано с особенностями спектрального потока поступающей солнечной радиации в предгорных и горных областях по сравнению с низинными. Например, в исследовании Г.Б. Нисанян [3] установлена возможность успешного возделывания табака в бассейне озера Севан и в других относительно высокорасположенных районах, где даже имеется дефицит суммы активных температур, что объясняется непосредственным нагреванием листьев поглощенной радиацией.

Для дополнительного уточнения полученных результатов представляется возможной группировка хозяйств по организованности и экономической эффективности возделывания культур с привлечением данных о себестоимости и урожайности по отдельным культурам, хозяйствам, годам, а также данных госсортучастков.

Следует отметить целесообразность анализа изменчивости урожайности по годам, что может внести свои корректизы при установлении влияния климатического фактора. Так как за короткий период наблюдений (порядка пяти лет) все остальные факторы, влияющие на урожайность, меняются мало, то колебания урожая обусловлены только изменчивостью климатических условий. Такой анализ позволяет выделить районы с различными темпами роста урожайности по сравнению с нормой. Устойчивый урожай в хозяйствах косвенно характеризует высокий уровень агротехники в них. Особый интерес представляет использование механических перфорационных карт, которыми можно определить влияние климатического, а также других факторов на урожайность. Достигается это группировкой хозяйств, обладающих близкими уровнями рассматриваемых признаков, с вычислением средней урожайности в этих группах.

Такой многовариантный подход к решению вопроса продиктован тем, что по величине урожайности, а также по множеству других факторов и взаимосвязанных мер, определяющих урожайность, можно проконтролировать правильность оценки земли. Например, И.С. Шатилов [4] приводит 10 принципов программирования урожайности.

Разработка климатической составляющей и обсуждение соответствующих характеристик необходимы для составления программ и проведения

расчетов на ЭВМ, для последующих туров бонитировки почв и составления кадастра, а высотные границы ареалов экологического оптимума могут быть использованы в с/х схемах и проектах.

Кафедра экологии и охраны природы

Поступила 21.12.2005

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шашко Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1985, с. 247.
2. Гаврилюк Ф. – Сельская жизнь, 1987, № 165 (20149), с. 40.
3. Нисанян Г.Б. Агроклиматические условия возделывания культуры табака в Армянской ССР: Автореф. дис. на соискание уч. ст. канд. с/х наук. Ер., 1970.
4. Шатилов И.С. – Вестник с/х науки, 1973, № 3, с. 27.

Հ. Մ. ԿԱՐԱՔԵՇԻՉՅԱՆ, Զ. Գ. ԵԼԲԱԿՅԱՆ, Ի. Ա. ՆԱՎԱՏՐԴՅԱՆ

ԿԼԻՄԱՅԱԿԱՆ ԳՈՐԾՈՒՆԻ ԳՆԱՀԱՏԱԿԱՆ ԲԵՐՔԱՏՎՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ

### Ամփոփում

Հոդվածում գնահատվում է կլիմայական պայմանների ազդեցությունը մշակող բույսերի բերքատվության վրա և ողի բռնիտիրովայի և հողային կադաստրի կազմման նպատակով:

Հարադրվում է բերդիության վրա կլիմայական գործոնի ազդեցության որոշման մեթոդական մոտեցում, որը թույլ կտա որոշել աճեցվող գյուղատնտեսական կուլտուրաների էկոլոգիական օպտիմումի բարձրադիր սահմանները:

H. M. QARAQECHICHJAN, Z. G. ELBAKIAN, I. A. NAVASARDYAN

### ESTIMATION OF CLIMATIC CONDITIONS INFLUENCING ON PRODUCTIVITY

#### Summary

In the article is estimated climatic conditions influencing on productivity of cultivated cultures using in soil bonitiration and earth cadastre composition.

It is given an account of determination of methodical approach of contribution of climatic factors on crop capacity which will let us determine high borders of ecological optimum of cultivated agricultural cultures.

Геология

УДК 551.491.4

Р. С. МИНАСЯН, В. П. ВАРДАНЯН

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ  
ПРИ РЕШЕНИИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ИНЖЕНЕРНО-  
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

В работе обобщены основные задачи и предпосылки применения современных геофизических методов для решения проблем гидрогеологии и инженерной геологии, в особенности в районах развития лавовых образований. В частности рассмотрены возможности и особенности применения указанных методов в целях обнаружения подземных вод, оползневых явлений в гидротехническом строительстве и т.д. Эффективность применения геофизических методов обусловлена выбором комплекса методов и их модификаций, физико-геологическими факторами, обработкой и интерпретацией полевых данных.

**Введение.** Возможности применения геофизических методов и их комплексирование при решении гидрогеологических и инженерно-геологических вопросов во многом зависят от поставленной задачи, физико-геологических условий и петрофизических свойств пород. На стадии проектирования работ и при оценке априорных возможностей отдельных полевых методов многое можно получить от обобщенной модели исследуемой области. Обычно объединение конкретных методов (их модификаций) в комплексы базируется на двух подходах, взаимно дополняющих друг друга : 1) отбор наиболее эффективных и достаточно экономичных геофизических методов с учетом многолетнего опыта и интуиции исполнителей; 2) количественный системный отбор, позволяющий решать вопрос о конкурентоспособности отдельных методов. На основании анализа особенностей гидрогеологического разреза, петрофизических свойств пород областей питания, стока и разгрузки подземных вод составляется сводная физико-гидрогеологическая модель (ФГГМ) территории [1].

**Обобщенная физико-гидрогеологическая модель.** Обычно обобщенная модель объединяет три частных.

ФГГМ-1 характеризует внешнюю область питания исследуемого региона. Так, например, в вулканических областях Армении это водораздельные высокогорные районы, где практически отсутствуют или маломощны наносные образования, и поэтому основная часть атмосферных осадков и конден-

сационная влага через трещиноватые и пористые лавы проникают вглубь, образуя глубинный сток. При изучении таких площадей целесообразно применение аэрофизических, аэрокосмических, ландшафтно-индикационных и палеогеоморфологических методов исследования. Решение основной гидрогеологической задачи сводится к определению направленности глубинного стока и соответствия современных и древних водоразделов. В методическом отношении геофизические исследования могут быть проведены маршрутными полетами и региональными наземными профилями в составе общей гидрогеологической съемки масштаба 1:200 000. В геологическом разрезе ФГГМ-1 некоторых регионов мощность основного комплекса лавовых пород превышает 500–1000 м.

ФГГМ-2 обобщает среднегорные и предгорные районы и в гидрогеологическом отношении характеризует область транзита (стока) подземных вод. Исследования в этой области направлены на выяснение возможного распределения глубинного стока с выделением меж- и надлавовых концентрированных водотоков; наземные геофизические работы как стадия общих и детальных поисков выполняются в масштабах 1:100 000–1:50 000. В случае необходимости могут быть проведены более детальные работы, связанные с перехватом подземных вод на относительно высоких гипсометрических отметках, для целей водоснабжения и орошения. В литологическом разрезе в ФГГМ-2 встречаются ранее рассмотренные три комплекса пород: покровные надлавовые, в основном рыхлообломочные и суглинистые образования; толща разновозрастных лавовых потоков и покровов; подстилающий надлавовый региональный водоупор.

Наконец, ФГГМ-3 характеризует область накопления и разгрузки подземных вод. Это, обычно, межгорные бассейны с напорными и грунтовыми водоносными горизонтами. Литологический разрез этой области более сложный – надлавовые породы имеют сравнительно большие мощности (иногда превышающие несколько сотен метров) и содержат один или несколько дополнительных водоносных слоев. Основной водоносный горизонт межгорных бассейнов представлен лавовыми породами и содержит напорные и слабоминерализованные воды. Здесь геофизические исследования выполняются на стадии разведочных гидрогеологических работ с целью уточнения строения регионального водоупора и оценки водно-физических свойств водоносных горизонтов.

**Возможности практического использования геофизических методов.** Возможности практического использования при решении инженерно-гидрогеологических задач таких геофизических методов, как грави-, магнито-, сейсмо- и электроразведка, рассматриваются на практическом примере ФГГМ палеодолин Армянского нагорья. Этот разрез по аналогии с обобщенной ФГГМ вулканических областей включает три комплекса пород: III – надлавовые водоупорные (нижний комплекс), II – лавовые водоносные (средний комплекс) и I – надлавовые (верхний комплекс) наносные образования. Эти комплексы по возрасту относятся соответственно к палеоген-неогеновому, палеоген-неогеново-четвертичному и четвертично-современному периодам.

Третичные водоупорные отложения III комплекса по средней плотности ( $\sigma_{cp}$ ) разделены на два подкомплекса: 1) миоценовые осадочные глинисто-

песчанистые отложения имеют  $\sigma_{cp}=2,27 \text{ г}/\text{см}^3$ , из них гипсоносные глины –  $2,21 \text{ г}/\text{см}^3$ , а песчаники –  $2,31 \text{ г}/\text{см}^3$ ; 2) эоценовые вулканогенно-осадочные образования с  $\sigma_{cp}=2,58 \text{ г}/\text{см}^3$ , из них песчаники, туфопесчаники –  $2,54 \text{ г}/\text{см}^3$ , порфиры и их туфы –  $2,63 \text{ г}/\text{см}^3$ . Плотность андезитов, андезитодиабазов и липаритов палеоген-неогенового возраста, входящих как лавовые образования во II комплекс пород разреза ФГГМ, составляет в среднем  $2,54 \text{ г}/\text{см}^3$ , а долеритовых базальтов –  $2,5 \text{ г}/\text{см}^3$ , так что в целом лавы палеоген-неогенового периода имеют  $\sigma_{cp}=2,52 \text{ г}/\text{см}^3$ .

Лавовые породы II комплекса относят в основном к четвертичному возрасту, они представлены преимущественно базальтами и андезитобазальтами с  $\sigma_{cp}=2,54 \text{ г}/\text{см}^3$ , следовательно, средняя плотность лавовых образований II комплекса с учетом пород палеоген-неогенового и четвертичного возрастов составляет  $2,53 \text{ г}/\text{см}^3$ .

Надлавовые образования I комплекса включают озерно-речные отложения, иногда туфы и туфоловы и характеризуются средней плотностью  $1,9-2,0 \text{ г}/\text{см}^3$ . На контактах трех комплексов пород разреза ФГГМ палеодолин наблюдаются следующие избыточные плотности: на границе II-III осадочного подкомплексов –  $0,26 \text{ г}/\text{см}^3$ ; II-III вулканогенно-осадочного подкомплексов –  $0,05 \text{ г}/\text{см}^3$ ; на границе II-I комплексов –  $0,53 \text{ г}/\text{см}^3$ .

*Гравиразведка.* Анализируя возможности применения гравиразведки для решения задачи по картированию рельефа подлавовых водоупорных пород, необходимо отметить следующее. Наиболее контрастен контакт лавовых осадочных пород, когда разность плотностей между лавовыми и глинисто-песчанистыми образованиями составляет  $0,26 \text{ г}/\text{см}^3$ , что обусловливает аномалию примерно  $10^{-5} \text{ м}/\text{с}^2$  на каждые 100 м мощности андезитобазальтовых лав. Ожидаемая аномалия от контакта между II и I комплексами составит почти  $2,1 \cdot 10^{-5} \text{ м}/\text{с}^2$  на каждые 100 м мощности. Местами, особенно в пределах скопления подземных вод в межгорных впадинах, колебания мощности надлавовых отложений имеют значительное влияние на суммарное аномальное поле силы тяжести. С учетом ожидаемой интенсивности аномалий от контакта между водоупорными и лавовыми образованиями, а также точности определения аномалий силы тяжести современными приборами (не ниже  $+0,1 \cdot 10^{-5} \text{ м}/\text{с}^2$ ) и того, что в горных районах влияние рельефа превалирует над всеми остальными влияниями, применение гравиразведки для решения картировочных задач в ее традиционной форме затруднительно.

*Магниторазведка.* Намагниченность эоценовых вулканогенно-осадочных отложений колеблется в значительных пределах (от практически немагнитных до магнитных): подкомплекс песчано-глинистых образований относят к слабомагнитным, а вулканогенных, как правило, – к среднемагнитным породам. Результаты определения намагниченности пород II комплекса разреза ФГГМ показывают, что эффузивные образования палеоген-неогенового (долеритовые базальты, базальты, дациты, андезитодиабазы) и четвертичного (базальты, андезитобазальты) возрастов характеризуются не только высокой магнитной восприимчивостью, но и высокой остаточной намагниченностью, значительно перевышающей индуцированную намагниченность [2]. Наблюдается следующая закономерность в изменении намагниченности эффузивных пород II и III комплексов: 1) имеется согласие между значения-

ми намагниченности верхнечетвертичных, среднечетвертичных пород и иногда встречающихся вулканических туфов; 2) нижнечетвертичные и верхнеплиоценовые лавы характеризуются исключительно обратной намагниченностью, породы среднего плиоцена – нормальной, нижнего плиоцена – верхнего миоцена – обратной намагниченностью; 3) вулканогенные породы эоцена характеризуются нормальной намагниченностью. Изучение зависимости химического и петрографического состава эфузивных пород от их намагниченности показывает, что лавы с различными составами, но одного возраста характеризуются одинаковой намагниченностью, а породы одинакового состава, но разного возраста – различной. Магнитные аномалии, наблюдаемые над эфузивными образованиями, являются результатом интегрального поля, обусловленного комплексом разновозрастных лавовых потоков [3]. На аномальное магнитное поле свой отпечаток накладывают также подлавовые породы: в одном случае это относительно магнитные туфобрекции, порфириты и их туфогены, а в другом – слабомагнитные глинистые и песчано-глинистые отложения. Обычно мощность лавовых образований в пределах палеодолин (на пути их простирания от областей питания и до разгрузки) изменяется в довольно широком диапазоне, в среднем от 500 до 25 м. В связи с этим установить причины магнитных аномалий в вулканических регионах часто бывает сложно. Это обусловлено либо разной остаточной намагниченностью разновозрастных лавовых образований, либо тем, что она связана с изменением мощности одновозрастного лавового комплекса. В обоих случаях определенное влияние оказывает также подлавовый субстрат. Указанные факторы совместными воздействиями создают определенные трудности при выделении и прослеживании меж- и подлавовых водотоков. Однако полностью исключить магниторазведку из комплекса геофизических методов при решении гидрогеологических задач в условиях широкого распространения лавовых образований нельзя. В некоторых благоприятных условиях можно получить положительные результаты по геокартированию территории исследований.

*Сейсморазведка.* О возможности использования сейсморазведки при геокартировании подлавового рельефа, в частности для выделения и прослеживания палеодолин, нужно сказать следующее. Опыт сейсмических исследований, выполненных для решения глубинных структурных задач в условиях Арагатской котловины, показывает, что в неоднородной базальтовой толще формируется большое количество интенсивных регулярных и нерегулярных волн-помех, которые являются источниками возбуждения волн, распространяющихся в качестве самостоятельных колебаний (помимо прямой падающей волны) и соответствующим образом осложняющих всю волновую картину. Последнее приводит к тому, что иногда не удается регистрировать полезные сигналы от подлавовой толщи, а наблюдаемые сейсмограммы характеризуются хаотичной записью. Сложности возникают и в результате фациальной изменчивости пород надлавовой толщи как по вертикали, так и по площади. Упругие свойства пород обобщенного разреза ФГГМ палеодолин показывают, что относительно повышенные скорости продольных волн для эфузивной толщи (4–5 км/с) и их пониженные значения для подлавовых осадочных отложений (1–2 км/с) или вулканогенно-

осадочных пород (2–3 км/с) делают невозможным применение наиболее широко используемого в гидрогеологии и инженерной геологии сейсмического метода преломленных волн (МПВ) для подлавового картирования. В то же время, когда подлавовые породы представлены относительно плотными образованиями и скорость прохождения волны через них больше, чем через лавовые образования, МПВ с успехом может решить задачу по картированию рельефа подлавовых пород.

**Электроразведка.** Наконец, данные исследований ФГГМ показывают, что они сравнительно хорошо дифференцируются по электрическим свойствам и имеются благоприятные физико-геологические условия для подлавового картирования. Практически при решении некоторых инженерно-гидрогеологических задач широко используются такие электроразведочные методы и их модификации, как симметричное и дипольное электроздондирования, зондирования методами вычитания полей и вызванной поляризации, разные модификации электропрофилирования, методы естественного электрического поля, радиокип и т.д [4].

В связи с решением задач водоснабжения и орошения ведется строительство различных водохозяйственных объектов: гидротехнических, мелиоративных (осушительных и оросительных), водозaborных, дренажных и др. Народнохозяйственное значение таких сооружений, как водохранилища и каналы, огромно. Регулирование многолетнего поверхностного стока водохранилищами повышает коэффициент полезного использования водных ресурсов. Однако их эксплуатация приводит к коренному изменению окружающей среды на значительных территориях. Накопление поверхностных вод в водохранилищах и длительная их эксплуатация нарушает режим подземного стока. В сфере их влияния нарушается взаимосвязь поверхностных и подземных вод, происходит подпор уровня подземных вод. При эксплуатации водохранилищ всегда имеют место фильтрационные потери поверхностных вод. Под воздействием техногенных процессов в зоне влияния водохранилищ происходит искусственное пополнение ресурсов и запасов пресных подземных вод. Все это создает весьма благоприятную инженерно-гидрогеологическую обстановку для улучшения условий водоснабжения большого числа населенных пунктов и сельскохозяйственных объектов, тяготеющих к районам водохранилищ.

Искусственное пополнение подземных вод имеет место и при эксплуатации таких сооружений, как крупные ирригационные или транспортные каналы. В результате инфильтрационных потерь формируются подканальные линзы пресных подземных вод, которые широко используются для постоянного водоснабжения населенных пунктов. Фильтрационные потери из гидротехнических (инженерно-геологических) объектов особенно значительны, если они сооружены на скальных вулканических образованиях. Сильная трещиноватость лавовых пород, контактные зоны отдельных лавовых потоков с переслаивающимися вулканическими шлаками, рыхлыми и различно уплотненными песками, пеплами и туфами создают условия для сосредоточенной фильтрации и значительных потерь воды. Такие сложные инженерно-геологические и гидрогеологические условия требуют проведения различного рода противофильтрационных мероприятий: осуществления фронталь-

ных и бортовых цементационных завес, грунтопленочных и других экранов. Потери на фильтрацию из водохранилищ имеют место в чахе, бортах и земляных плотинах. Фильтрационные потери через дно могут непосредственно поступить в нижележащие водоносные горизонты; бортовая фильтрация может растекаться в стороны от бортов: одна часть потока, обтекая береговые примыкания гидрооборужений, поступает в нижний бьеф через бортовые склоны, а другая распространяется на значительные расстояния, питая подземные воды близлежащих гидрогеологических структур, находящихся ниже подпертого уровня воды в водохранилище. На стадиях проектирования, строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений (водохранилища и каналы) в вулканических областях (и не только в них) при решении ряда инженерно-гидрогеологических задач, связанных с условиями формирования и распространения фильтрационных потоков, применяются различные геофизические методы.

При определении мест фильтрационных потерь со дна и через борта водохранилищ, установлении интенсивности их изменения во времени и при оценке общих фильтрационных потерь широко используется метод естественного электрического поля. Напряженность этого поля, образующегося при движении воды через горную породу, зависит от скорости фильтрации (перепада давления в фильтрующем пласте), электрического сопротивления фильтрующейся воды, глубины залегания водоносного горизонта, электрического сопротивления покрывающих и подстилающих фильтрующий горизонт пород, вязкости воды, температуры, а также от геометрии трещин (пор), в которых протекает процесс фильтрации.

В ходе строительства цементационных завес, сооружаемых в районах развития скальных образований, с помощью геофизических методов можно получить информацию о пространственном распространении инъецируемого цементно-суглинистого раствора, степени заполнения трещин и пород цементным материалом, а после завершения цементации отдельных интервалов – сведения об изменении их относительной плотности и о процессе упрочнения цементного раствора во времени. При этих исследованиях в условиях развития лавовых образований эффективными оказались методы электропрофилирования с несколькими разносами и электрозондирования. Проверку водопроницаемости зацементированных участков можно проводить как общеизвестным в гидротехнике способом, так и методом заряженного тела.

Изучение оползневых явлений – один из самых ответственных и сложных видов инженерно-геологических исследований. Неслучайно широкое привлечение для этих целей геофизических методов. Обоснованная оценка оползневых процессов и оползневой опасности требует решения целого ряда инженерно-геологических и гидрогеологических вопросов. При этом геофизические методы используются: при изучении геолого-гидрогеологической обстановки, способствующей возникновению оползней, при создании физико-геологической модели оползневых массивов, при изучении свойств и состояния оползневых территорий, при изучении подземных вод как фактора оползнеобразования, для прогноза оползневых процессов и, наконец, при наблюдении за эффективностью противооползневых мероприятий.

**Выводы.** Эффективность использования геофизических методов при решении инженерно-гидрогеологических задач в районах широкого распространения эфузивных образований находится в прямой зависимости от полноты, своевременности и достоверности геофизической информации. Эффект от геофизических исследований выражается в том, что вместо дискретной оценки удается получить практически непрерывную оценку среды, уменьшается объем дорогостоящего бурения и опытно-фильтрационных работ за счет более обоснованного направления поисково-разведочных работ и их частичного сокращения.

К числу наиболее важных факторов, определяющих геолого-экономическую эффективность геофизических методов, относят стадийность работ, комплексирование методов, выбор сети, глубины и площади исследований, совершенство методики интерпретации и, наконец, общую стоимость самих геофизических работ. Накопленный к настоящему времени опыт геофизических работ свидетельствует об их высокой геолого-экономической эффективности и больших потенциальных возможностях. Основой количественных оценок многих инженерно-гидрогеологических характеристик является изучение корреляционных (в том числе многомерных) связей между геофизическими и гидрогеологическими параметрами. Особое внимание должно быть обращено на возможности использования комплексных параметров, отражающих одновременно инженерно-гидрогеологические и геофизические особенности разреза.

Кафедра геофизики

Поступила 19.01.2006

## ЛИТЕРАТУРА

1. Минасян Р.С., Варданян В.П. Палеорельеф и распределение подземного стока Центрального вулканического нагорья Армении, Еր.: Асогик, 2003.
2. Геология Армянской ССР. Геофизика. Т. X. Еր.: Изд-во АН Арм. ССР, 1975.
3. Справочник физических констант горных пород. Под ред. С. Кларка. М.: Недра, 1969.
4. Методы геофизики в гидрогеологии и инженерной геологии. М.: Недра, 1985.

Ա. ՍԻՆԱՍՅԱՆ, Վ. Պ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

ԵՐԿՐԱՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԻ ԿԻՐԱԽԱՆՈՒՄ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵ-  
ՏՈՒԹՅՈՒՆԸ ՋՐԱԵՐԿՐԱՓԱՆԱԿԱՆ ԵՎ ԻՆԺԵՆԵՐԱԵՐԿՐԱ-  
ԲԱՆԱԿԱՆ ԽՆԴԻՐՆԵՐԻ ԼՈՒԽԱՆՄԱՆ ՀԱՍՏՐ

## Ամփոփում

Աշխատանքում ամփոփ ձևով դիտարկված են որոշ խնդիրներ ջրա-  
երկրաբանության և ինժեներաերկրաբանության բնագավառներում, որոնց  
արդյունավետ լուծման համար առաջարկվում է կիրառել երկրաֆիզիկական

**մեթոդներ:** Մասնավորապես այդ խնդիրների թվին են պատկանում՝ ստորերկրյա ջրերի հայտնաբերումը և նրանց տարածական բաշխվածության հարցերը, հիդրոտեխնիկական կառույցների տարածումներում ֆիլտրացիոն պրոցեսների ուսումնասիրությունը և նրանց անվտանգ շահագործումը, սուզանքային երևույթների ուսումնասիրությունը և այլն։ Երկրաֆիզիկական մեթոդների կիրառման արդյունավետությունը պայմանավորված է նրանց համայիրի ճիշտ ընտրությամբ, ֆիզիկաերկրաբանական գործոնների ազդեցության գնահատմամբ, աշխատանքների մեթոդիկայի դաշտային տվյալների մշակման և մեկնաբանման հիմնավորումով։

R. S. MINASYAN, V. P. VARDANYAN

## EFFECTIVENESS OF APPLICATION OF GEOPHYSICAL METHODS IN TASK SOLUTION OF HYDROGEOLOGY AND ENGINEERING GEOLOGY

### Summary

Some hydrogeological and engineering geological problems that effectively might be solved with the help of proposed geophysical methods have been briefly discussed in the paper. In particular, such problems related to ground water prospecting and definition of its spatial distribution, investigations of infiltration processes of hydrotechnical constructions and problems of their safe operation, investigations of landslides, etc. Effectiveness of geophysical methods depends on proper selection of the assemblage of various methods, evaluation of impacts of physical and geological factors, as well as basing on interpretation of obtained field data.

## Երկրաբանություն

УДК 624.131

### Ա. ՀԱՅՐՈՅԱՆ

## ՈՒՌՉՄԱՆ ԳՈՐԾՈՆԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԿԱՎԱՅԻՆ ԳԵՏՆԱ- ՀՈՂԵՐՈՎ ԼԱՆՁԵՐԻ ԵՎ ԿԱՌՈՒՅՑՆԵՐԻ ԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ

Ուռչող կավային գետնահողերով լանջերի և կառույցների կայունության որոշման, ինչպես նաև ճիշտ հաշվարկային սխեմա ընտրելու հարցը հանդիսանում է ճարտարագիտական երկրաբանության, երկրատեխնիկայի կարևորագույն հիմնախնդիրներից մեկը: Իբրև խիստ մանրահատիկ և ակտիվ կոլորիտ մասնիկներից կազմված համակարգեր՝ ուռչող կավային գետնահողերն ունեն փոքր ջրաբափանցելիություն, որը հնարավորություն է տալիս դրանք օգտագործել հակաֆիլտրացիոն միջոցառումներում որպես ջրամբարի պատվար կամ միջուկ: Մյուս կողմից՝ այդ կոլորիտ մասնիկները, ունենալով բարձր հիդրատացման աստիճան, կանում են ջուր, ուռչում՝ արդյունքում գետնահողը կորցնում է ամրության զգալի մասը:

Երկրատեխնիկայի և սողանքային երևոյթների ուսումնասիրության համաշխարհային պրակտիկայում հայտնի են բազմաթիվ դեպքեր, երբ ուռչող կավային գետնահողերից կազմված լանջերում և հողային կառույցներում խոնավացումն ու ջրի առկայությունը պատճառ են դարձել լանջերի, արհեստական շեպերի և այլ հողային կառույցների մեծ չափերի հասնող անքույլատրելի դեֆորմացիաների՝ սողանքային երևոյթների և վերաբերյալ: Չնայած նշված հիմնախնդիրի խիստ կարևորությանը և հրատապությանը՝ այն ոչ բավարար է ուսումնասիրված:

Ներկայում գրյուրյուն չունեն հաշվարկային բանաձևեր, որոնք հնարավորություն կտան ստանալ հավաստի տվյալներ տարրեր խորություններում ուռչման հետևանքով առաջացած ճնշման և դեֆորմացիայի վերաբերյալ:

Ստորև ներկայացված են այն հիմնական գործոնները, որոնք ազդում են ուռչման պրոցեսների վրա: Դրանք բաժանվում են երկու խոշոր խմբի՝ արտաքին գործոններ (գետնահողերի առաջացման պայմանները) և ներքին գործոններ (կազմ, կառուցվածք, ֆիզիկական վիճակ):

Գետնահողերի առաջացման պայմանները որպես գործոն գրականության մեջ նկարագրվում են խտացվածության աստիճանը բնութագրող գործակցով [1]:

$$K_d = \frac{\varepsilon_L - \varepsilon}{\varepsilon_L - \varepsilon_p}, \quad [1]$$

որտեղ  $\varepsilon_L = \frac{\rho_s W_L}{\rho_w}$  և  $\varepsilon_p = \frac{\rho_s W_p}{\rho_w}$  ծակոտկենության գործակիցներն են  $\rho_w$

համապատասխանաբար հոսունության սահմանին մոտ խոնավության ( $W_L$ ) և պլաստիկության ստորին սահմանին մոտ խոնավության ( $W_p$ ) դեպքերում, չը ծակոտկենության գործակիցն է բնական պայմաններում,  $\rho_s$ -ը միներալային մասնիկների խոտությունն է,  $\rho_w$ -ն՝ ջրի խոտությունը:

Համաձայն այս մոտեցման՝ ուշշման հակում ունեցող կավային գետնահողերը գերիսիտ են, այսինքն, նրանց առավելագույն խոնավությունը ( $W_{sat}$ ) փոքր է  $W_p$ -ից, այլ խոսքով, գետնահողում կարող է գոյանալ միայն ամուր կապված ջուր: Այս տիպի գետնահողերը գտնվում են գերիսիտ վիճակում [2]:

Հայաստանի տարածքում տիպիկ գերիսիտ գետնահողեր են ստորին միոցենի «խաստաբղետ» հաստվածքի կավային գոյացումները: Նրանց կարմրավուն և շագանակագույն երանգները վկայում են, որ նստվածքակուտակման ավազանը եղել է օքսիդավերականգնման միջավայր և ցամաքի տեղատարման մարզում եղել է շոգ կիմա: Այս պայմաններում երկվալենտ երկարային միացությունների փոխարեն առաջացել են եռավալենտ ձեւեր:

Ծարտարագիտաերկրաբանական տեսանկյունից կարմրավուն կավերը ուսումնասիրվել են թե սողանքային երևույթների մեխանիզմի պարզաբանման և թե արդյունաբերական ու քաղաքացիական շինարարություններում որպես հիմնատակ օգտագործելու համար: Այդուսակ 1-ում բերված են ստորին միոցենի հասակի կավային գոյացումների երկրատեխնիկական հատկությունների վերոհիշյալ ցուցանիշները:

### Աղյուսակ 1

Տեղանք-ը անվանում	Փորձագործ №	Նմուշարկման խորություն, մ	$\rho_s$ , գ/սմ <sup>3</sup>	$\rho$ , գ/սմ <sup>3</sup>	$\varepsilon$	$W$	$W_L$	$W_p$	$I_p$	$\delta_{sw}$ , %	$W_{sat}$	$K_d$
Երբունի տարածք	Հ-181	5,7	2,75	1,99	0,647	0,192	0,618	0,270	0,348	49,8	0,235	1,072
	Հ-181	8,3	2,75	1,95	0,637	0,161	0,530	0,261	0,269	52,5	0,232	1,109
	Ը-198	2,0	2,63	2,04	0,529	0,183	0,460	0,293	0,167	39,9	0,201	1,550
	Ը-208	4,5	2,69	2,05	0,630	0,240	0,707	0,317	0,390	60,8	0,234	1,212
	Ը-244	4,0	2,68	2,1	0,497	0,173	0,485	0,254	0,231	40,1	0,185	1,297
	Մերկ-2	-	2,68	2,25	0,347	0,131	0,515	0,263	0,252	37,5	0,131	1,530
	Ը-198	6,0	2,63	2,09	0,477	0,175	0,466	0,286	0,180	35,8	0,182	1,581
Երևանի տարածք	Ը-202	1,5-1,7	2,63	1,86	0,852	0,306	0,562	0,383	0,179	66,2	0,325	1,330
	Ը-201	4,5	2,62	1,95	0,724	0,282	0,625	0,393	0,232	65,4	0,276	1,503
	Հ-165	4,7-5,0	2,60	1,87	0,733	0,250	0,600	0,365	0,235	62,0	0,282	1,354

$\rho$  – գետնահողի խոտությունը,  $W$  – բնական խոնավություն,  $I_p$  – պլաստիկության թիվ,  $\delta_{sw}$  – ազատ ուշշման դեֆորմացիա:

Ժամանակի ընթացքում ծածկող գետնահողերի հաստվածքի ավելացմանը կավային գոյացումները խոտացվում են՝ կոնսոլիդացվում: Այդ բեռնված-

քի ազդեցության տակ կավային գոյացումները ունենում են մեծ խտություն և փոքր խոնավություն՝  $K_d > 1$ ,  $W_p > W_{sat}$  (աղյ. 1): Կառուցվածքային կապերի ամրությունը պայմանավորված է արտաքին բարձր ճնշմամբ, նրա տևականությամբ կավային մասնիկների միներալային կազմով, ծակուտենային ջրի քիմիական կազմով, ջերմաստիճանով և այլն: Սկսած վերին սարմատից՝ տեկտոնական շարժումների արդյունքում նշված հաստվածքը հայտնվում է ցամաքային պայմաններում: Հողմնահարման, երողիոն պրոցեսների արդյունքում տեղատարփում է գետնահողերի որոշակի հաստվածքը: Կարմրաշագանակագույն գետնահողերը հայտնվում են կառուցվածքային անկայուն՝ գերխիտ վիճակում և ժամանակի ընթացքում հակված են ապախտանալու այնքան ժամանակ, մինչև նրանց խոնավությունը աճելով հասնի առավելագույն մոլեկուլային խոնավատարությանը համապատասխանող խոնավությանը: Ապախտացման պրոցեսները ակտիվ են հատկապես ջրի առկայության պայմաններում:

Բնական կամ արհեստական ճանապարհով լանջի կտրման, բեռնաբափում գերխիտ վիճակում գտնվող կավային գետնահողում հորիզոնական և ուղղաձիգ ուղղությամբ ծագում են ներքին լարումներ՝ առաջ բերելով գետնահողերի առաջնաբար քայլայում: Բացի նշվածից՝ գերխիտ, ուշող կավային գետնահողերից կազմված լանջերի թերությունների՝ շեպերի կայունության հաշվարկման ժամանակ անհրաժեշտ է հաշվի առնել նաև ժամանակի ընթացքում ապախտացման, ուշման գործոնը:

Ուշող կավային գետնահողերը ըստ միներալային կազմի հիմնականում բաժանվում են շարժում բյուրեղային կառուցվածք ունեցող մոնտնորիլոնիտային և կոշտ բյուրեղային կառլինիտային գոյացումների [3]: Կառլինիտային կավերի ուշման պրոցեսը պայմանավորված է հիդրատացման ընթացքում մասնիկների շուրջը հիդրատային քաղանքի հաստության մեծացումով [4]:

Եթե  $W > W_p$ , լրացուցիչ խոնավացումը չի հանգեցնում այդ կավերի հետագա էական ուշման:

## Աղյուսակ 2

Նմուշի №	$\rho_s$ , $\text{g}/\text{m}^3$	$\rho$ , $\text{g}/\text{m}^3$	$W$	$W_L$	$W_p$	$I_p$	$I_L$	$\delta_{sw}$ , $\text{ՄՊա}$
57-85	2,71	1,71	0,273	0,865	0,387	0,478	<0	0,460
58-85	2,73	1,73	0,417	0,952	0,442	0,510	<0	0,120
59-85	2,75	1,63	0,546	1,705	0,404	1,301	0,109	0,185
-	2,75	1,72	0,424	1,705	0,404	1,301	0,015	0,230
-	2,75	1,74	0,320	1,705	0,404	1,301	<0	0,510
-	2,75	1,80	0,362	1,705	0,404	1,301	<0	0,495

$I_p$  – պլաստիկության թիվ,  $\delta_{sw}$  – ազատ ուշման դեֆորմացիա:

Մոնտնորիլոնիտային կավերի հիդրատացման պրոցեսը (ի տարրերություն կառլինիտային կավերի) ընթանում է ոչ միայն մասնիկների շուրջը հիդրատային քաղանքների գոյացմամբ, այլ նաև ջրի բափանցումով միներալի ներքին բյուրեղային ցանցի մեջ, որոնցով էլ որոշվում է ուշման դեֆորմացիայի մեծությունը: Ուստի այս կավերի դեպքում լրացուցիչ խոնավացումը

հանգեցնում է ուշման նաև այն դեպքում, եթե  $W > W_p$ : Աղյուսակ 2-ում բերված են ՀՀ տարածքի Սարիգյուղի բնատոնիտային կավի ջրաֆիզիկական հատկությունների ցուցանիշները:

Այսպիսով, ուշող կավային գետնահողերը որպես շինարարական նյութ օգտագործելիս նրանց սկզբնական խոնավության ընտրությունը պետք է կատարվի ոչ թե օպտիմալ խոնավությունից ելնելով, եթե ստացվում է առավելագույն խոռոչուն, այլ այն խոնավությունից, որի դեպքում լրացուցիչ խոնավացումը չի առաջացնում գետնահողի ուշում՝ ապահովացում:

**Մասշտարային էֆեկտ:** Գրական աղբյուրներում այս հարցը անբավարար է լրաբանված: Խնդրի վերաբերյալ կան տարրեր տեսակետներ: Համաձայն Ե.Ա. Սորոչանի, Բ.Ֆ. Ռելտովի [5, 6]՝ ուշման ճնշումը և դեֆորմացիան բնական պայմաններում գգալի փոքր են, քան լարորատոր պայմաններում բնական լարվածային վիճակին համապատասխանող գետնահողերի նմուշներինը: Բ.Ա. Սենժկինը [7] գտնում է, որ նմուշների չափերը իրականում չեն ազդրում ուշման ճնշման և դեֆորմացիայի վրա: Այդ բացայալ հակասությունը նա բացատրում է գետնահողում առկա մակրոծակուտինների, մակրոխոռոշների և այլ դատարկությունների առկայությամբ: Զրակլանման պրոցեսում ի հաջիվ այդ խոռոշների ծավալի փոքրացման գետնահողի ծավալի փոփոխություն չի կատարվում, այլ տեղի է ունենում ներքին վերակառուցում, ներքին ազրեգատային ուշում: Արդյունքում գետնահողում ներքին ծակոտիների չափերը հավասարվում են և խոռոշները վերանում: Աղյուսակ 3-ում բերված են Սիրիայի Արաբական Հանրապետության (ՍԱՀ) տարածքի ջրամբարի համասեռ պատվարի նարմնի ուշող կավային գետնահողերի ջրաֆիզիկական հատկությունների ցուցանիշները՝ որոշված բնական տեղադրման և բնականին համապատասխանող լարորատոր պայմաններում:

### Աղյուսակ 3

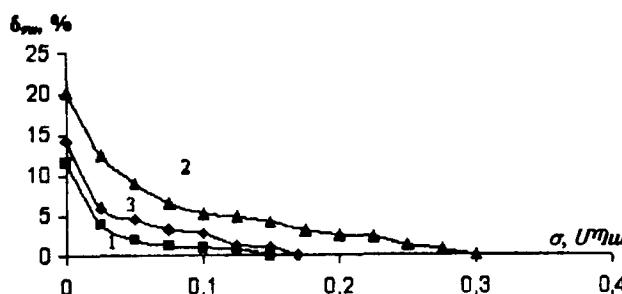
Փորձագույն Փողոց	Նմուշարկ- ման խո- րությունը ( $H$ ), մ	Խոտությունը պատվարի մարմնում ( $\rho$ ), գ/սմ <sup>3</sup>	Կմախքի խոտությունը պատվարի մարմնում ( $\rho_d$ ), գ/սմ <sup>3</sup>	Լարորատոր պայմաններ			
				$\sigma_{sw}$ , Մոյա	$\delta_{sw}$ , %	$\delta_{sw,p}/P$ ( $P = \rho H$ ), %/Մոյա	$\rho_{d,sw}$ (ճնշման տակ), գ/սմ <sup>3</sup>
2	5,2–6,2	1,85	1,66	0,266	19,7	10,8/0,12	1,48
3	9,0–9,5	1,90	1,63	0,290	21,0	8,0/0,18	1,50
4	7,0–7,5	1,89	1,55	0,190	13,4	2,8/0,15	1,51
5	5,0–5,5	1,92	1,57	0,195	16,3	7,1/0,11	1,46

Ինչպես երևում է աղյուսակից, բնական պայմաններում ուշող կավային գետնահողի կմախքի խոտությունը գերազանցում է լարորատոր պայմաններում միևնույն լարվածային վիճակում գտնվող 20 մմ հաստվածքով նմուշների կմախքի խոտությունը: Սա հաստատում է այն միտքը, որ լարորատոր պայմաններում ջրի առկայությունը հանգեցնում է ուշման, իսկ բնական պայմաններում՝ ոչ, ծավալի փոփոխություն տեղի չի ունենում: Այսինքն՝ ստացվում է, որ այս դեպքում լարորատոր փորձերը չեն կարող մոդել ծառայել բնական պայմաններում ընթացող պրոցեսների համար:

Լարվածային վիճակի ազդեցությունը ուշման դեֆորմացիայի վրա: Որպես ուսումնասիրության օբյեկտ ծառայել են ՍԱՀ-ի տարածքում գտնվող

ջրամբարի ուշող կավային գետնահողից կառուցված պատվարի մարմնից վերցրած նմուշները [8]:

Փորձարարական ուսումնասիրությունները իրականացվել են կոմպլեքտում սարքում [9]: Ուշման ճնշումը որոշվել է ուշման դեֆորմացիայի կոմպլեքտում սարքում:



Նկ. 1: Տարրեր հորատանցքերից (2) վերցրած գետնահողի ուշման դեֆորմացիայի կախվածությունը արտաքին ճնշումից. 1 - <2; 2 - <4; 3 - <6:

Արդյունքները բերված են նկ. 1-ում: Ինչպես երևում է նկարից, ուշման դեֆորմացիայի և արտաքին բեռնվածքի միջև կապը կրում է կորագիծ բնույթ: Համեմատած ազատ ուշման դեֆորմացիայի հետ՝ ուշման դեֆորմացիայի եական նվազում դիտվում է արտաքին բեռնվածքի սկզբնական ոչ մեծ փոփոխության միջակայքում:

Սահմանվորապես, 0,1  $Ug$  արտաքին ճնշման դեպքում ուշման դեֆորմացիան փոքրանում է 75-80%-ով:

Նկ. 2-ում բերված է ՍԱՀ-ի տարածքի ջրամբարի պատվարի վերին բիեֆի ջրի մակարդակից ներքև տարրեր խորություններից (h) վերցրած նմուշների կմախքի խոտության կախումը այլ խորություններից: Ինչպես երևում է նկարից, ջրամբարի կավային մարմնում ուշման պրոցեսի եական ազդեցությունը դիտվում է մինչև 3,5-4,0  $m$  խորությունը:

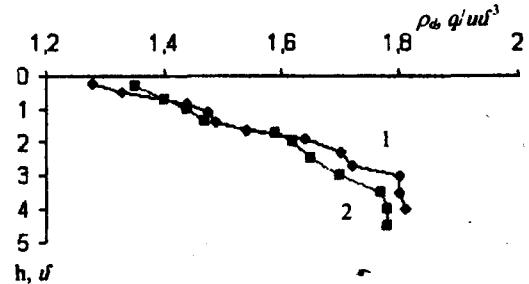
### Եզրակացություն:

1. Հայաստանի տարածքի միոցենի հասակի կարմրաշագանակագույն կավերի ուշման հատկությունը պայմանավորված է նրանց գերիսիտ վիճակով և միներալային կազմով (մոնտմորիլոնիտային կազմ):

2. Կառլինիտային կավային գետնահողերը խոնավացնելիս ուշման հատկությունը դրսերդվում է  $W < W_p$  արժեքների դեպքում: Բենտոնիտային (մոնտմորիլոնիտային) կավերը ուշման հատկությունը դրսերդվում են նաև  $W > W_p$ -ի դեպքում:

3. Լարորատոր պայմաններում ուշման ռասումնասիրությունները չեն կարող բնական պայմանների համար մողելավորման հիմք ծառայել: Ուշման ճնշումը և դեֆորմացիան այստեղ ստացվում են շատ ավելի բարձր արժեքներով, քան դաշտային պայմաններում (մասշտարային էֆեկտ):

4. Արտաքին ճնշման և ուշման դեֆորմացիայի միջև եղած կապը կրում է կորագիծ բնույթ: Պատվարների և այլ հողային կառույցների ուշման



Նկ. 2:  $\rho_d(h)$  կախման գրաֆիկները:

դեֆորմացիայի հիմնական մասը (75–80%) կարելի է չեզոքացնել ուռշման ճնշումից էապես փոքր արտաքին ճնշման դեպքում:

5. Պատվարի նարմնի վերին բիեֆի ջրի մակարդակից ներքև գտնվող հատվածներում ուռշման երևոյթների ազդեցությունը տարածվում է մինչև 3,5–4,0 մ:

**Զրաերկարանության և ճարտարագիտական  
երկրաբանության ամրիոն**

*Ստացվել է 27.02.2006*

#### ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Попов И.В. Природа прочности глинистых пород и ее кинетика при оползневых процессах. Оползни и борьба с ними. Ставрополь, 1964, с. 7–12.
2. Бьеррум Л. – Проблемы геомеханики, 1976, № 7, с. 50–77.
3. Гrimm P.E. Физико-химические свойства грунтов, глинистые минералы. Проблемы инженерной геологии. Сб. Статей. М., 1964, с. 11–29.
4. Осипов В.И., Бабик В.Г. – Инженерная геология, 1987, № 5, с. 18–27.
5. Рельтов Б.Ф. – Изв. ВНИИГ, 1947, т. 33, с. 17–21.
6. Сорочан Е.А. Строительство сооружений на набухающих грунтах. М.: Стройиздат, 1989, с. 300.
7. Снежкин Б.А. Изучение влияния высоты образцов на набухание глин. Инж. изыскания в строительстве: ПНИИС, Госстрой СССР, 1978, с. 38–42.
8. Hayroyan S.H. Impact of shrinkable fracturing on shear strength in clay soils. 67<sup>th</sup> EAGE Conference, Madrid, 2005.
9. Месчян С.Р. Экспериментальная реология глинистых грунтов. Еր.: Гитутյոն, 2005, с. 494.

С. Г. АЙРОЯН

#### ВЛИЯНИЕ ФАКТОРА НАБУХАНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ СООРУЖЕНИЙ И СКЛОНОВ, СЛОЖЕННЫХ ГЛИНИСТЫМИ ГРУНТАМИ

#### Резюме

В работе рассматриваются прикладные проблемы устойчивости земляных (гидротехнических) сооружений, сложенных из набухающих грунтов, а также их геотехнические особенности. Результаты лабораторных и полевых анализов привели к следующим выводам:

- Свойства набухания миоценовых красно-коричневых глин, распространенных на территории Армении, обусловлены их переуплотненным состоянием, а также минералогическим составом (монтморилонитовый состав).
- Каолинитовые глинистые грунты проявляют свойство набухания при влажности  $W < W_p$ , а бентонитовые (монтморилонитовые) глины – также при  $W > W_p$ .
- Результаты лабораторных исследований набухания глинистых грунтов не могут служить основой для моделирования естественных условий. Значения давления и деформации набухания при лабораторных исследованиях получаются намного выше, чем в естественных условиях (масштабный эффект).

- Связь между внешним давлением и деформацией набухания имеет криволинейный характер. Основная часть деформации набухания (75–80%) материала тела плотины может быть погашена с помощью внешнего давления с намного меньшим значением, чем значение давления набухания.
- В верхнем бьефе воздействие процессов набухания в теле плотины распространяется до глубин 3,5–4 м от поверхности воды.

S. H. HAYROYAN

## THE INFLUENCE OF SWELLING ON STABILITY OF SLOPES AND CONTRACTIONS COMPOSED OF CLAY SOILS

### Summary

The applied problems of stability of soil constructions (hydrotechnical constructions) composed of swelling clays and those geotechnical peculiarities are discussed in the paper. The results of laboratory and field investigations have lead us to the following:

- The swelling properties of red-brown clays of Miocene, extended in Armenia, are result of those overconsolidation state and mineralogical composition (montmorillonite clays).
- Kaolinite clay soils at moistening get property of swelling at values  $W < W_p$ , but bentonite clays- at values  $W > W_p$  as well.
- The values obtained at laboratory investigations of swelling clays could not be applied in modeling of natural conditions. The swelling pressure and deformation in laboratory tests is greater than the same parameters in natural conditions (scale effect).
- The graph of relation between external pressure and swelling deformation has a form of curve line. The main part of swelling deformation (75–80%) in a body of dam can be compensated by external load that is less than the swelling pressure value.
- At headwaters the influence of swelling processes in a body of a dam is distributed up to depths 3,5–4 m from water surface.

*Геология*

УДК 550.4

Г. А. МИНАСЯН

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ В РАЙОНЕ  
СОТКСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Исследования позволили оценить характер и степень загрязненности почв участков, примыкающих к западно-юго-западному флангу рудного поля Соткского золотополиметаллического месторождения, тяжелыми и токсичными металлами. Показано, что по суммарному показателю загрязнения эти почвы относятся к категории сильно загрязненных. Выявлены основные элементы-загрязнители. Для оценки влияния техногенеза на биосферу предлагаются проведение в дальнейшем комплекса дополнительных исследований по всей экосистеме.

Одной из важнейших проблем современности является охрана и защита окружающей среды от техногенного геохимического воздействия. Интенсификация эксплуатации Соткского месторождения позволяет предполагать увеличение техногенного поступления металлов в биосферу и его преобладание над природными потоками миграции. В связи с этим проблема оценки экологической ситуации с помощью проведения геохимического мониторинга почвенного покрова в районе месторождения является весьма актуальной задачей, т.к. там и в настоящее время производится значительный объем геолого-разведочных и эксплуатационных работ с проходкой многочисленных подземных и наземных горных выработок.

Необходимо отметить, что мониторинг, как правило, проводится на разных стадиях антропогенных изменений в окружающей среде, что позволяет исключить или свести к минимуму негативные последствия этих изменений [1].

Основными источниками тяжелых металлов являются рудничные и дренажные воды, а также горные породы, складируемые в отвалы. На поверхности под воздействием грунтовых вод эти породы разрушаются, нарушаются химические связи в минералах, освобождаются ионы металлов и химически активные комплексы, которые приобретают в приповерхностных условиях подвижность и поступают в водоносные горизонты, почву, растительность, фауну и далее в человеческий организм.

Исследования проводились на трех участках рудного поля Соткского золотополиметаллического месторождения: 1 – в районе юго-западного флан-

га, 2 – южнее участка 1, 3 – к западу от участка 2 (рис. 1). Для оценки экологической ситуации наиболее информативными оказались данные о микроэлементном составе верхнего гумусового горизонта почвенного слоя, полученные в результате эмиссионного спектрального анализа, проведенного в лаборатории ИГН НАН РА. В

пределах этого горизонта выявлены ореолы повышенного содержания некоторых тяжелых металлов (токсичных элементов), в отдельных случаях превышающего предел допустимых концентраций (ПДК).

Общая оценка степени опасности загрязнения почв определялась по значению суммарного показателя загрязнения:

$$Z_{\text{пп}} = \sum KK - n,$$

где КК – кларк концентрации

Рис. 1. Рудное поле Сотского месторождения.

аномальных элементов ( $KK > 1$ ),  $n$  – количество аномальных элементов.

В зависимости от значения  $Z_{\text{пп}}$  почвы подразделяются [2] на минимально загрязненные (<8), слабо (8–16), средне (16–32), сильно (32–64), очень сильно (64–128) и максимально загрязненные (>128).

Таблица 1

Анализ содержания элементов в почвах Сотского рудного поля (мг/кг)

Класс токсичности	Элементы	Кларк почв	ПДК	Участки								
				1			2			3		
				$\bar{X}$	KK <sub>n</sub>	$\bar{X} / \text{ПДК}$	$\bar{X}$	KK <sub>n</sub>	$\bar{X} / \text{ПДК}$	$\bar{X}$	KK <sub>n</sub>	$\bar{X} / \text{ПДК}$
I	V	100	150	148,7	<b>1,5</b>	1,0	127,0	<b>1,3</b>	0,8	<b>177,6</b>	<b>1,8</b>	1,2
	Co	8	30	20,2	<b>2,5</b>	0,7	13,5	<b>1,7</b>	0,45	10,5	<b>1,3</b>	0,35
II	Ni	40	30	136,9	<b>3,4</b>	45,6	<b>59,7</b>	<b>1,5</b>	19,9	<b>31,8</b>	0,8	10,6
	Sr	300	н.д.	<b>54,4</b>	0,2	–	32,4	0,2	–	125,3	0,4	–
	Mo	2	н.д.	0,5	<b>0,25</b>	–	0,79	0,4	–	1,04	0,5	–
	Ag	0,1	н.д.	0,059	0,6	–	0,015	0,15	–	0,021	0,2	–
	Ba	500	н.д.	147,7	0,3	–	222,2	0,4	–	331,1	0,7	–
	Pb	10	20	17,6	<b>1,8</b>	0,9	<b>30,6</b>	<b>3,1</b>	1,5	<b>21,5</b>	<b>2,15</b>	1,1
	Bi	0,009*	н.д.	0,317	<b>35,2</b>	–	0,393	<b>43,7</b>	–	0,323	<b>35,9</b>	–
III	Ti	4600	н.д.	3015	0,65	–	2863,5	0,6	–	3309,9	0,7	–
	Cr	200	0,005	<b>215,2</b>	<b>1,1</b>	43040,0	<b>90,2</b>	0,45	18040,0	<b>52,5</b>	0,3	10500,0
	Mn	850	1500	727,7	0,9	0,5	466,1	0,5	0,3	518,8	0,6	0,3
	Cu	20	3	<b>28,7</b>	<b>1,4</b>	9,6	<b>38,7</b>	<b>1,9</b>	12,9	<b>32,1</b>	<b>1,6</b>	10,7
	Zn	50	23	<b>98,8</b>	<b>2,0</b>	4,3	<b>66,0</b>	1,3	2,9	<b>89,0</b>	<b>1,8</b>	3,9
	Zr	300	н.д.	45,3	0,15	–	38,2	0,13	–	49,3	0,2	–
	Sn	10	н.д.	1,93	0,2	–	1,25	0,13	–	2,28	0,2	–
	Z <sub>m</sub>				40,9			54,5			44,55	

Примечание:  $\bar{X}$  – среднее содержание (подчеркнуты  $\bar{X} > \text{ПДК}$ ); KK<sub>n</sub> – кларки концентраций, нормированные по кларку почв [3, 4], (жирным выделены KK>1); ПДК – предел допустимых концентраций по [5, 6]; н.д. – нет данных; \* – кларк земной коры [4].

Для очагов загрязнения методом статистического кластерного анализа матриц коэффициентов парной корреляции выявлялись ассоциации микроэлементов, идентифицирующие почвообразующие и техногенные составляющие геохимического поля. Отдельно по этим ассоциациям, а также по группам элементов рассчитывался  $Z_{\text{пз}}$  классов токсичности (табл. 1): I – (V, Co); II – (Ni, Sr, Mo, Ag, Ba, Pb, Bi) и III – (Ti, Cr, Mn, Cu, Zn, Zr, Sn).

Геологическое строение Сотского золотополиметаллического месторождения детально освещено в многочисленных публикациях (см., напр., [7]). В рудах месторождения широко развиты пирит, арсенопирит, халькопирит, сфалерит, блеклые руды, самородное золото, антимонит, галенит, кварц, кальцит и другие минералы. Площадь месторождения и накопленные там многочисленные отвалы промываются водами бассейна р. Сотк.

**Распределение химических элементов – тяжелых и токсичных металлов – в почвах.** Геохимическая съемка исследуемых участков показала, что почва здесь интенсивно загрязнена основными рудными компонентами (табл. 1).

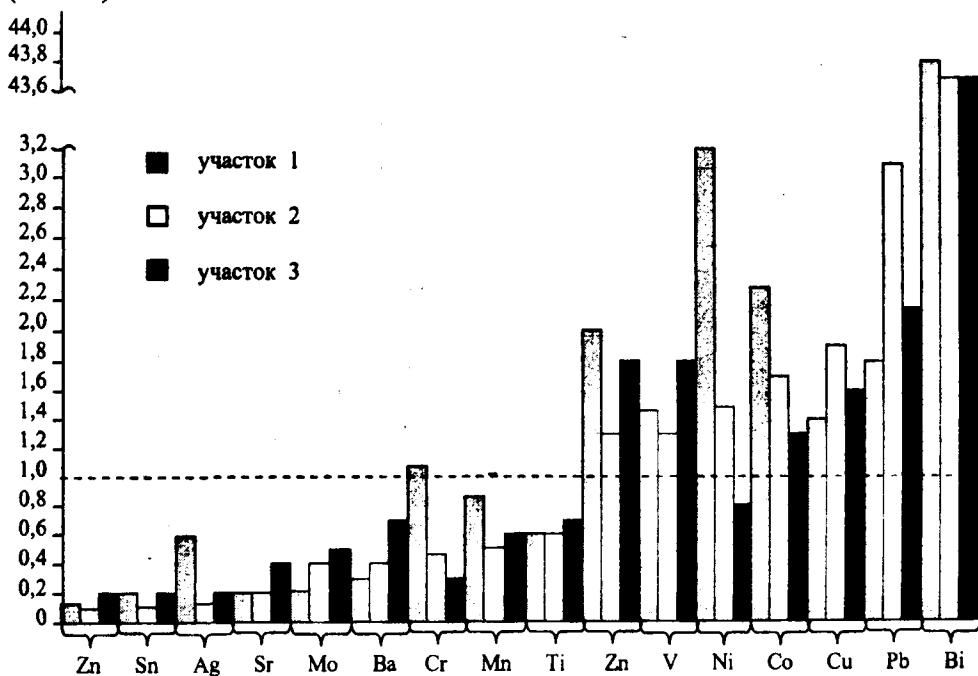


Рис. 2. Гистограмма распределения химических элементов в почвах участков 1, 2, 3 в единицах кларка почв. Пунктирной линией показан  $\text{KK}=1$ .

В почвах участка 1 (рис. 2) выявлены относительно высокие аномалии содержаний Bi, Ni, в меньшей степени – Co, Zn, Pb, V, Cu, Cr. Суммарный показатель загрязнения ( $Z_{\text{пз}}=48,9$ ) позволяет отнести почвы исследуемого участка к категории сильно загрязненных. Основными загрязнителями являются элементы II класса токсичности – Bi ( $\text{KK}_{\text{n}}=35,2$ ) и в меньшей степени – Ni ( $\text{KK}_{\text{n}}=3,4$ ).

Корреляционным (табл. 2) и последующим кластерным анализами в почвах участка 1 выделены ассоциации химических элементов, имеющих высокую положительную парную корреляцию (см. рис. 3, а).

Суммарный показатель загрязнения, рассчитанный по этим ассоциациям металлов, показал, что элементы первых двух ассоциаций практически не загрязняют почву участка 1 ( $Z_{\text{пп}}=0,4$  и  $5,5$  соответственно). В то же время, высокий суммарный показатель загрязнения ( $Z_{\text{пп}}=35,0$ ) элементами третьей ассоциации позволяет отнести эти почвы к категории сильно загрязненных. Здесь также  $\text{Bi}$  выступает как основной загрязнитель.

Таблица 2

*Коэффициенты парной корреляции между химическими элементами в почвах Сотского месторождения (количество проб=83;  $r_{0,05} \geq |0,216|$ ;  $r_{0,01} \geq |0,287|$ )*

	Sr	Ba	Ti	Mn	Cr	V	Ni	Co	Cu	Ag	Zn	Pb	Bi	Sn	Mo	Zr
Sr	1	0,338	0,110	-0,092	-0,185	-0,336	-0,247	-0,471	-0,310	0,122	-0,398	0,325	0,001	-0,276	0,211	0,217
Ba		1	-0,024	-0,394	-0,466	0,101	-0,137	-0,298	0,115	0,020	-0,414	0,568	-0,009	-0,142	0,642	-0,022
Ti			1	0,360	0,261	0,187	-0,023	-0,168	0,226	0,117	0,145	0,191	-0,086	0,301	-0,048	0,674
Mn				1	0,177	0,029	-0,175	0,118	0,387	0,042	0,433	-0,227	-0,095	0,504	-0,322	0,206
Cr					1	0,126	0,534	0,375	0,063	-0,006	0,446	-0,164	0,100	0,024	-0,516	0,177
V						1	0,333	0,314	0,057	-0,101	0,154	0,0004	-0,105	0,078	0,064	0,059
Ni							1	0,471	0,037	-0,043	0,230	-0,169	0,050	-0,120	-0,243	-0,129
Co								1	0,284	-0,034	0,550	-0,461	-0,002	0,172	-0,170	-0,407
Cu									1	0,117	0,494	0,170	0,146	0,416	0,107	-0,137
Ag										1	0,182	0,168	-0,052	0,059	0,071	0,061
Zn											1	-0,154	0,011	0,517	-0,228	-0,093
Pb												1	0,270	-0,078	0,647	0,116
Bi													1	-0,069	0,167	-0,083
Sn													1	-0,010	0,029	
Mo														1	-0,174	
Zr															1	

Примечание: г – критические значения коэффициентов парной корреляции при уровне значимости:  $r_{0,05} = 95\%$ ,  $r_{0,01} = 99\%$ .

Элементы, средние содержания которых превышают на участке 1 принятые в бывшем СССР ПДК, следующие: Cr – более чем в 43000 (!) раз, Ni – 4,56, Cu – 9,6, Zn – в 4,3 раза. В то же время, в некоторых случаях очевидна нереальность этих ПДК. Так, например, для Cu, Zn, Ni, Cr они существенно ниже их же кларков почв (для Cr в 40000 раз).

На участке 2 выявлены относительно высокие аномалии Bi (КК<sub>п</sub>=43,7) и Pb (КК<sub>п</sub>=3,1), в меньшей степени Cu, Co, Ni, Zn, V (рис. 2). Суммарный показатель загрязнения здесь несколько выше, чем на участке 1 ( $Z_{\text{пп}}=54,5$ ), что также позволяет отнести почвы этого участка к категории сильно загрязненных.

Одновременно  $Z_{\text{пп}}$ , рассчитанный по классам токсичности, указывает на то, что загрязнителями почв являются элементы практически из всех трех классов токсичности: I – V и Co, II – Bi и Pb, III – Cu и Zn.

Корреляционным (табл. 2) и кластерным (рис. 3, б) анализами выявлены также три ассоциации элементов, имеющих высокую положительную парную корреляцию. Основными загрязнителями почв являются элементы второй ассоциации Cu, Pb, Zn, Bi ( $Z_{\text{пп}}=46,0$ ), в меньшей степени первой – Co, Ni, V.

На исследованном участке 2 элементы, средние содержания которых превышают ПДК, следующие: Cr – более чем в 18000 раз, Ni – 1,99, Cu – 12,9, Zn – 2,9, Pb – в 1,5 раза.

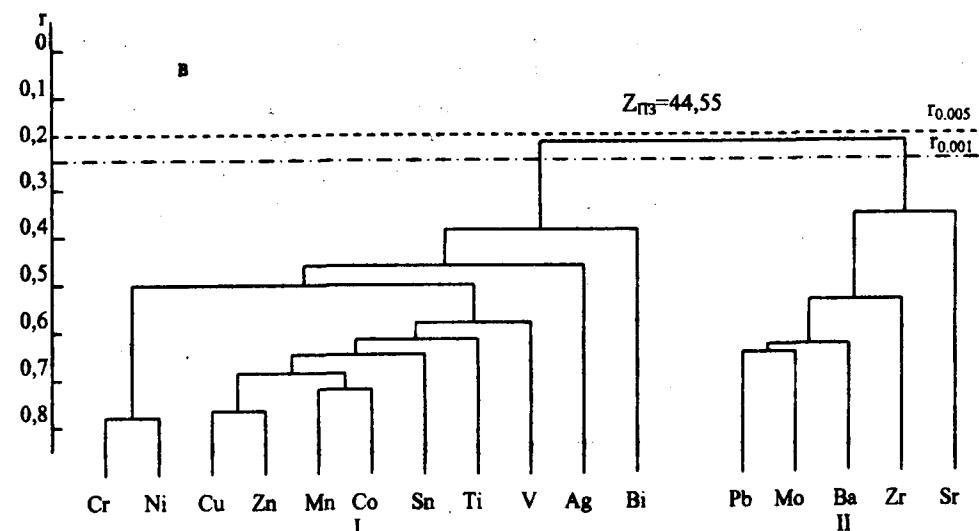
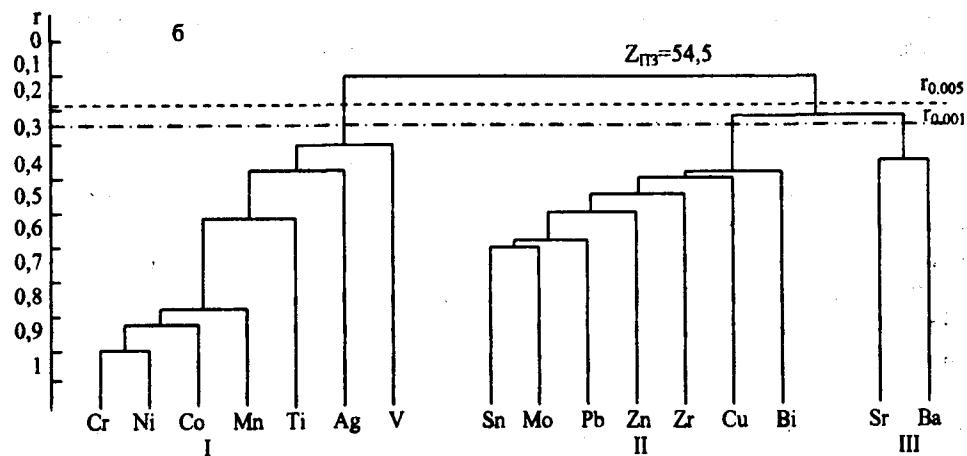
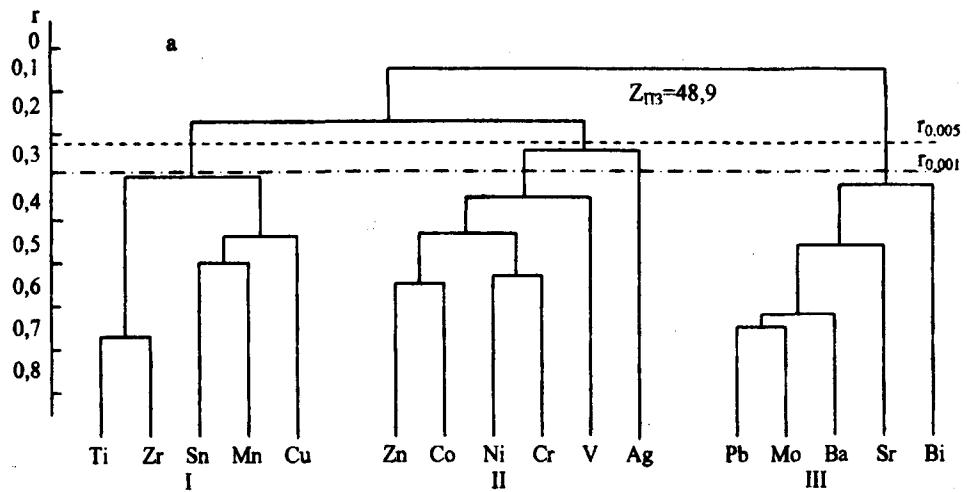


Рис. 3. Дендрограммы кластерного анализа химических элементов в почвах а - 1, б - 2, в - 3 участков.

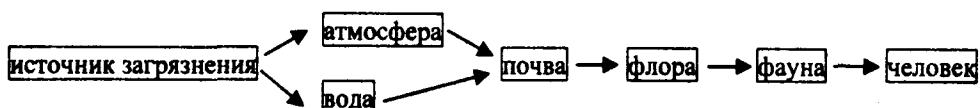
На участке 3 картина примерно такая же, как и на первых двух участках, хотя суммарный показатель загрязнения ( $Z_{\text{пп}}=44,55$ ) несколько ниже (табл. 1), что объясняется большей удаленностью участка от рудного поля. Здесь установлены высокие аномалии Bi (КК<sub>п</sub>=35,9), в меньшей степени Pb, Zn, V, Cu, Co (рис. 2).

Корреляционный (табл. 2) и кластерный (рис. 3, в) анализы выявили в почвах участка 3 ассоциации химических элементов, имеющих высокую положительную парную корреляцию. Основными загрязнителями почв являются элементы первой ассоциации, в частности Cu, Zn, Bi, Co, V. На этом участке элементы, средние содержания которых превышают ПДК, следующие: Cr – более чем в 10000 раз, Cu – 10,7, Ni – 1,06, Zn – 3,9, V – 1,2, Pb – в 1,1 раза.

Резюмируя вышеизложенное, можно отметить, что на всех трех участках Сотского месторождения спектр элементов-загрязнителей в целом идентичен: Bi (средний  $Z_{\text{пп}}=38,3$ ), Pb (2,35), Co (1,8), Zn (1,7), Cu (1,6), V (1,5), а также Ni, который практически не загрязняет почву лишь на третьем, наиболее удаленном от рудного поля участке. В то же время, превышающими ПДК элементами являются: Cr – в среднем в 24000 раз, Ni – 25,4, Pb – 17,7, Cu – 11,1, Zn – в 3,7 раза. Все три участка по суммарному показателю загрязнения почв относятся к категории сильно загрязненных (средний  $Z_{\text{пп}}=49,3$ ).

Такое повышенное загрязнение почв тяжелыми металлами может вызвать физиологические и морфологические изменения растений, произрастающих на зараженных участках. Характер этих возможных изменений в зависимости от обогащенности почв теми или иными элементами представлен в табл. 3. Существенное влияние на химический состав почвы оказывают грунтовые воды, т.к. тяжелые металлы поступают из антропогенных источников загрязнений, в частности из отвалов горных пород через водные системы. Увеличение содержания тяжелых металлов приводит к снижению продуктивности водных систем и токсичной растительности, следовательно, к потенциальной опасности для человека. Последствия влияния повышенных концентраций химических элементов на здоровье человека приведены в табл. 4 и 5.

Развитие горно-рудной промышленности обязывает обратить особое внимание на охрану окружающей среды. Очевидно, что ее загрязнение несет реальную опасность для здоровья человека. Для оценки влияния техногенеза на биосферу в целом целесообразно в дальнейшем проводить комплекс исследований в экосистеме:



Следует отметить, что процессы антропогенного распространения и концентрации химических элементов во многом аналогичны хорошо изученным процессам гипергенного рассеяния месторождений полезных ископаемых [8]. Поэтому первоначальным и наиболее эффективным методом изучения этого процесса является геохимическая съемка. Кроме того, важным

фактором является разработка вторичных источников ценных металлов, в частности отвалов. Эта утилизация имеет не только положительный экологический эффект, но и равносильна открытию и разработке новых промышленных месторождений [9].

Таблица 3

**Физиологические и морфологические изменения растений, обусловленные токсичностью металлов**

Элементы	Характер изменений
Cu	омертвевшие пятна на кончиках нижних листьев; багровые стебли, хлорозные листья с зелеными прожилками; задержка в росте корней; у некоторых видов ползучие бесплодные формы [10, 11]
Zn	хлорозные листья с зелеными прожилками; белые карликовые формы, омертвевшие пятна на кончиках листьев; задержка в росте корня [10]
Cu, Pb, Zn	сильное опушение побегов полыни <i>Artemisia</i> ; обильное цветение и плодоношение у эфедры <i>Ephedra procera</i> [10]
Ni	обесцвечивание пластинки листа у лапчатки двувильчатой <i>Potentilla</i> , уродливые ее формы; изменение окраски листьев до красной и буровато-черной у спиреи <i>Spiraea</i> , угнетение в росте, задержка развития, неполноценные семена [10]
Mo, Ni	задержка в росте, желто-оранжевая окраска; белые омертвевшие пятна на листьях; бесплестные, бесплодные формы [11]
Co	белые омертвевшие пятна на листьях; образование наростов на ветвях и коре деревьев [10, 12]
Mn	хлорозные листья, пораженные стебли и черешки; скрученные и сухие участки по краям листьев, деформации пластинки листа [10, 11]

Таблица 4

**Возможное влияние загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами на состояние здоровья населения [2]**

Элементы	Характерные заболевания при превышении ПДК
Cu	увеличение смертности от рака органов дыхания
Pb, Cu	увеличение числа нарушений течения беременности, родов, менструального цикла, мертворождаемости, преждевременных родов, врожденных уродств
Pb	увеличение смертности от сердечно-сосудистых заболеваний, общей заболеваемости взрослых и детей, изменения в легких детей
Zn	изменение морфологического состава крови, злокачественные образования, лучевые болезни
Mo, V	увеличение числа нарушений беременности, родов, заболеваемости детей, эндемическая подагра
Mn	увеличение частоты хронических пневмоний у детей, острых бронхитов и пневмоний у взрослых

Таблица 5

**Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по  $Z_{n3}$  [13]**

$Z_{n3}$	Показатель здоровья населения	Характер опасности
<16	отклонений нет	не опасно
16–32	увеличение общей заболеваемости детей и числа детей с хроническими заболеваниями	опасно
32–128	нарушение функционального состояния сердечно-сосудистой системы	опасно
>128	увеличение заболеваемости детского населения, нарушения репродуктивной функции женщин (увеличение токсикоза беременности, мертворождаемости, гипертрофии новорожденных)	высоко-опасно

## **Выводы.**

1. Геохимическая съемка (мониторинг) в пределах трех участков рудного поля Сотского золотополиметаллического месторождения показала, что почва здесь в целом интенсивно загрязнена основными рудными компонентами – тяжелыми и токсичными металлами (табл. 1).

2. По результатам статистического корреляционного метода и кластерного анализа показано, что на всех трех участках Сотского месторождения спектр элементов-загрязнителей в целом идентичен: Bi, Pb, Co, Zn, Cu, V, Ni. В то же время, элементами, превышающими принятый в бывшем ССРПДК, являются: Cr, Ni, Pb, Cu, Zn. Все три участка по суммарному показателю загрязнения почв относятся к категории сильно загрязненных (средний  $Z_{\text{пп}}=49,3$ ).

3. Очевидно, что с развитием горно-рудной промышленности загрязнение окружающей среды несет реальную опасность для здоровья человека. Для оценки влияния техногенеза на биосферу целесообразно в дальнейшем проводить комплекс исследований по экосистеме в целом.

*Кафедра минерологии, петрологии и геохимии*

*Поступила 27.12.2005*

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Мур Дж.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. М.: Мир, 1987, 288 с.
2. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории химическими элементами. М.: Изд-во ИМГРЭ, 1982, 112 с.
3. Добровольский В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние. М.: Мысль, 1983, 272 с.
4. Краткий справочник по геохимии. М.: Недра, 1972, 184 с.
5. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I–IV групп. Л.: Химия, 1988, 512 с.
6. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов V–VIII групп. Л.: Химия, 1989, 592 с.
7. Амирян Ш.О., Фарамазян А.С. Минералогия, геохимия и условия образования рудных месторождений Армянской ССР. Ер.: Изд-во АН Арм. ССР, 1974, 255 с.
8. Григорян С.В., Саэт Ю.Е. – Сов. геология, 1980, №11, с. 94–108.
9. Овчинников Л.Н. Прикладная геохимия. М.: Недра, 1990, 248 с.
10. Беус А.А., Грабовская Л.И., Тихонова Н.В. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1976, 248 с.
11. Хокс Х.Е., Уэбб Дж.С. Геохимические методы поисков минеральных месторождений. М.: Мир, 1964, 487 с.
12. Захаров Е.П., Захарова Г.М. – Тр. биохимич. лаб. АН СССР, 1974, №13, с. 57–117.
13. Смирнова Р.С., Ревич Б.А., Москаленко Н.И. Геохимические показатели состояния окружающей среды при сопоставлении комплексных схем охраны природы городов: Тез. докл. II Всесоюзн. совещ. по геохимии ландшафтov. Новороссийск: Изд-во Ростов. ун-та, 1986, с. 154–156.

**ԶՈԴԻ (ՍՈՏՔԻ) ՈՍԿՈՒ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԻ ՀՈՂԵՐԻ ԷԿՈԼՈԳԻԱԿԱՆ  
ՎԻՃԱԿԻ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ**

**Ամփոփում**

Հետազոտությունները բույլ են տվել գնահատել Սոտքի հանքային դաշտին հարող հարավարևմտյան ֆլանգի հողերի ծանր և տոքսիկ մետաղներով աղտոտվածության բնույթի ու աստիճանը, որոնք, համաձայն շրջակա միջավայրի պահպանության միջազգային գործակալության, համարվում են առավել առաջնային: Ըստ աղտոտվածության ցուցանիշի՝ տվյալ հողերը պատկանում են խիստ աղտոտվածության կատեգորիային: Բացահայտվել են իհմնական աղտոտիչ տարրերը: Ընդհանրապես՝ տեխնոգենեզի ազդեցությունը կենսոլորտի վրա գնահատելու համար առաջարկվում են համալիր երկրաբիմիական ուսումնասիրություններ:

G. H. MINASYAN

**ECOLOGICAL STATE EVALUATION OF MINE FIELD SOILS OF  
GOLD-POLYMETALLIC DEPOSIT**

**Summary**

The research allowed to evaluate the nature and degree of pollution with heavy and toxic metals of south-west flang soil in Sotk gold-polymetallic mine field. This issue is very urgent. According to the pollution criterion the data of soil types concern the high pollution category. The main polluting elements were discovered. To assess the impact of technogenesis on biosphere, additional complex eco-geochemical investigations are suggested.

## Աշխարհագրություն

УДК 556.512

Բ. Պ. ՄԱՅԱԿԱՆՅԱՆ, Լ. Ա. ՉԻԼԻՆԳԱՐՅԱՆ, Կ. Ա. ԱՂԱԲԱԲՅԱՆ, Բ. Գ. ԶԱՔԱՐՅԱՆ

### ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԳԵՏԱՅԻՆ ՀՈՍՖԻ ԶՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԲՆՈՒԹՅԱԳՐԵՐՆ ԸՍ ԱՎԱՋԱՆԱՅԻՆ ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ ՏԱՐԱԾՁՆԵՐԻ

**Ներածություն:** Զրային ռեսուրսների ռացիոնալ օգտագործման և կառավարման նպատակով ՀՀ տարածքում առանձնացվել են հինգ ավագանային կառավարման տարածքներ (ԱԿՏ)՝ Հյուսիսային, Ախուրյանի, Սևան-Հրազդանի, Արարատյան և Հարավային, որոնք միմյանցից տարբերվում են իրենց տարածքային, երկրաբանական, կիմայական, ջրաբանական և այլ պայմաններով:

Ավագանային կառավարման տարածքների ջրաբանական բնութագիրը: Հյուսիսային ավագանային կառավարման տարածքն զբաղեցնում է Կուրի ավագանին պատկանող գետերի ջրհավաք ավագանները (7185 կմ<sup>2</sup>): Տարածքը ունի լեռնային բարդ երկրաբանական կառուցվածք ու բազմաբնույթ ռելիեֆ, որտեղ հիմնականում տարածված են ջրամերժ ավարմները (քացառություն է կազմում Զորագետի վերին և միջին հոսանքների մի զգայի մասը, ուր տիրապետում են նեղութեանի և չորրորդականի խիստ ծակոտկեն ու ճեղքավորված հրաբխային ապարները):

Այս տարածքի ջրհավաք ավագաններին ամբողջ տարին բնորոշ է համեմատաբար մեղմ և խոնավ կլիմա, որի պատճառով տարածքի զգայի մասը անտառածածկ է: Այստեղ ջրագրական ցանցը բաղկացած է 2388 գետերից և գետակներից, որոնց ընդհանուր երկարությունը կազմում է 5913 կմ (այլ. 1, 2): Այստեղ 100 կմ-ից ավելի երկարություն ունի միայն Դեբեղ գետը, (ՀՀ սահմաններում Փամբակ գետի հետ միասին կազմում է 152 կմ): Տարածքի գետային ցանցի խտության գործակցի միջին արժեքը 0,82 կմ/կմ<sup>2</sup> է:

Ախուրյանի ավագանային կառավարման տարածքի զգայի մասն զբաղեցնում են Ծիրակի և Աշոցքի գոգավորությունները և Արարատյան գոգավորության մի մասը: Այստեղ գերակշռում են հրաբխածին խիստ ծակոտկեն ջրաբախանց ապարները, չորրորդականի լճային և գետային նստվածքները, որի պատճառով թափված տեղումների մեծ մասը ներծծվելով՝ ձևավորում է ստորերկրյա խորքային հոսք: Այս տարածքում լավ արտահայտված է կլիմայական և հողաբուսական վերընթաց գոտիականությունը:

Ախուրյանի ԱԿՏ-ն ընդգրկում է Ախուրյան և Մեծամոր (առանց Քասաղ գետի) գետերի ջրհավաք ավագանները: Այստեղ գետային ցանցը կազմված է

338 գետերից ու գետակներից, որոնց գումարային երկարությունը 2374 կմ է (հանրապետության տարածքի բոլոր գետերի երկարության 10,5%-ը): Միայն մեկ գետ՝ Ախուրյանը, ունի 100 կմ-ից ավելի երկարություն (186 կմ): Այս ԱԿՏ-ն ունի գետային ցանցի խտորդյան գործակցի ամենափոքր արժեքը՝ 0,47 կմ/կմ<sup>2</sup>:

#### Աղյուսակ 1

##### ՀՀ գետային ցանցի ընդհանրացված ցուցանիշներն ըստ ավազանային կառավարման տարածքների

Գետերը ըստ մեծության	Գետերի քանակը (վերևում) և երկարությունը (ներքևում), կմ					
	Հյուսի- սային	Ախուր- յանի	Սևան- Հրազդանի	Արարատ- յան	Հարա- վային	Ընդհա- նուրը
ամենափոքրերը (10 կմ-ից փոքր)	2304 4200	290 1082	1419 2817	2180 3330	2907 4188	9100 15617
10-25 կմ	68 928	33 551	97 1463	50 757	70 982	318 4681
25-50 կմ	10 304	12 402	11 350	6 221	6 183	45 1460
50-100 կմ	5 329	2 153	2 140	2 148	1 56	12 826
100 կմ և ավելի	1 152	1 186	1 141	—	1 119	4 598
Ամրող գետային ցանցը	2388 5913	338 2374	1530 4911	2238 4456	2985 5528	9479 23182
Գետային ավազանների մակերեսը, կմ <sup>2</sup>	7185	5024	7545	4256	4481	28491
Գետային ցանցի խոռո- րյան գործակցը, կմ/կմ <sup>2</sup>	0,82	0,47	0,65	1,05	1,23	0,81

Սևան-Հրազդան ավազանային կառավարման տարածքն իր գրաղեցրած մակերեսով ամենամեծն է (8790 կմ<sup>2</sup>): Այն գրաղեցնում է Սևանա լճի, ինչպես նաև Քասաղ ու Հրազդան գետերի ջրհավաք ավազանները: Այս տարածքում երկրաբանական և ջրաերկրաբանական կառուցվածքի տեսակետից միմյանց են հաջորդում հրաբխածին խիստ ծակոտկեն ջրաբախանց ապարները (Արագած լեռնազանգվածի արևելյան լանջերը, Գեղամա և Վարդենիս լեռնազահանների մեծ մասը) և հին նստվածքային, հրաբխանստվածքային ու ներժայքումային ջրամերժ ապարները (Փոքր Կովկասի ներքին շարի լեռնաշղթաներում): Թեև կլիմայական պայմանները խիստ բազմազան են, այնուամենայնիվ որոշակի է նրա վերըբաց գոտիականությունը: Հողարուսական ծածկույթը նոյնպես բաշխվում է վերըբաց գոտիականությամբ:

Սևան-Հրազդանի ԱԿՏ-ում, Հրազդան և Քասաղ գետերի ջրհավաք ավազաններում հաշվում են 1530 գետ և գետակ (հանրապետության տարածքի բոլոր գետերի 16,1%-ը), որոնց գումարային երկարությունը 4911 կմ է (հանրապետության բոլոր գետերի գումարային երկարության 21,2%-ը): Գետային ցանցի խտորդյան գործակցի միջին արժեքը առանց Սևանա լճի մակերեսի կազմում է 0,65 կմ/կմ<sup>2</sup>, իսկ վերջինիս հետ՝ 0,56 կմ/կմ<sup>2</sup>:

Արարատյան ԱԿՏ-ն աշքի է ընկնում ուղիեցի խիստ կտրտվածությամբ, որտեղ հիմնականում տարածված են հին նստվածքային, հրաբխանստվածքային և ներժայքումային ջրամերժ ապարները: Այստեղ մակերևութային և

ստորերկրյա հոսքերը գրեթե հավասար են: Կլիման Արարատյան դաշտում և Վայքի ցածրադիր շրջաններում բարեխառն ցամաքային է, որը լեռների մերձգագարային շրջաններում փոխվում է վերընթաց գոտիականության: Ըստ արտահայտված վերընթաց գոտիականությամբ է բաշխվում նաև հողաբուսական ծածկույթը: Այս ԱԿՏ-ում գետային ցանցը կազմված է 2238 գետերից և գետակներից (ՀՀ բոլոր գետերի 23,6%-ը), որոնց գումարային երկարությունը 4456 կմ է (ՀՀ բոլոր գետերի երկարության 19,2%-ը): Գետային ցանցի խտության գործակիցը 1,05 կմ/կմ<sup>2</sup> է:

## Աղյուսակ 2

### ՀՀ գետային ավագանների տեղաբաշխումն ըստ ավագանային կառավարման տարածքների

Ավագանային կառավարման տարածքներ, գետային ավագաններ	Զբաղեցրած մակերեսը, կմ <sup>2</sup>
1. Հյուսիսային ընդգրկում է Դեբեղ (3895 կմ <sup>2</sup> ), Աղսու (2480 կմ <sup>2</sup> ) գետերի և Կուրի փոքր գտակների (810 կմ <sup>2</sup> ) ջրհավաք ավագանները:	7185
2. Ախուրյանի ընդգրկում է Ախուրյան (2784 կմ <sup>2</sup> ), Մեծամոր (առանց Քասախի) և Սաստարայի հեղեղատ (2060 կմ <sup>2</sup> ), Ախուրյանի ու Մեծամորի գետաբերանների միջև ընկած անհոր ավագանի մակերեսը (185 կմ <sup>2</sup> ):	5029
3. Սևան-Հրազդանի ընդգրկում է Սևանա լիճը և ջրհավաք ավագանը (4750 կմ <sup>2</sup> ), Հրազդան (2560 կմ <sup>2</sup> ) և Ջասախ (1480 կմ <sup>2</sup> ) գետերի ջրհավաք ավագանները:	8790
4. Արարատյան ընդգրկում է Ազատ (572 կմ <sup>2</sup> ), Վեդի (633 կմ <sup>2</sup> ), Արփա (2080 կմ <sup>2</sup> ), գետերի և նրանց միջև գտնվող փոքր գետերի ջրհավաք ավագանները (971 կմ <sup>2</sup> ):	4256
5. Հարավային ընդգրկում է Որոտան (2176 կմ <sup>2</sup> ), Ողջի (884 կմ <sup>2</sup> ), Ծավ (457 կմ <sup>2</sup> ), Մեռի (336 կմ <sup>2</sup> ) գետերի և Հազարի գետի աջակողմյան փոքր գտակների (300 կմ <sup>2</sup> ) ու Արաքս բախվող փոքր գետերի ջրհավաք ավագանները (328 կմ <sup>2</sup> ):	4481
Ընդամենը	29741

Հարավային ԱԿՏ-ի մեջ մտնում են Որոտան, Ողջի, Մեռի և Արաքսի ավագանին պատկանող փոքր գետերի ջրհավաք ավագանները: Տարածքում գերակշռություն են առավելացնելու հին նստվածքային, հրաբխանատվածքային և ներժայքքումային ջրամերժ ապարները, թեև այդ շրջանի որոշ հատվածներ նույնպես ունեն հրաբխային ծագում, ինչպես օրինակ՝ Որոտան գետի ծախափնյա հատվածը (Սյունիքի հրաբխային բարձրավանդակի մի մասը): Այստեղ կլիմայական պայմաններն աշքի են ընկնում խիստ բազմազանությամբ, որի պատճառով ձևավորվում են չոր մերձարևադարձային կլիմայական տիպից մինչև ցուրտ լեռնային կլիմայի տիպերը: Համեմատաբար խոնավ կլիմայի հետևանքով տարածքի մի գգալի մասը անտառածածկ է: Այստեղ կան 2985 գետեր և գետակներ (հանրապետության տարածքի բոլոր գետերի 31,5%-ը), որոնց գումարային երկարությունը 5528 կմ է (ՀՀ բոլոր գետերի ընդհանուր երկարության 23,8%-ը): Այս ԱԿՏ-ի գետային ցանցի խտության գործակիցը ամենամեծն է, որը կազմում է 1,23 կմ/կմ<sup>2</sup>:

Ինչպես նշեցինք, յուրաքանչյուր ջրավագանային կառավարման տարածք կազմված է մի քանի համեմատաբար խոշոր գետային ավագաններից: Ստորև (աղյ. 3) բերվում են ջրավագանային կառավարման տարածքների հիմքը կազմող գետերի որոշ ջրաբանական բնութագրիչներ:

Թեև Հյուսիսային ավազանային կառավարման տարածքն իր գրաղեցրած մակերեսով (7185 կմ<sup>2</sup>, որը կազմում է հանրապետության տարածքի շուրջ 24%-ը) զիջում է Սևան-Հրազդան ԱԿՏ-ին (8790 կմ<sup>2</sup>, որը կազմում է հանրապետության տարածքի 29,6%-ը), սակայն այստեղ ձևավորվում է հանրապետությունում առաջացող գետային հոսքի շուրջ 27%-ը (հաշվի առած Սևանա լիճ ակտիվ ջրատվությունը): Այստեղ հոսքի մոդուլի արժեքը (8,14 լ/վ կմ<sup>2</sup>) գերազանցում է հանրապետության տարածքի հոսքի մոդուլի միջին արժեքը (տես աղյ. 4):

### Աղյուսակ 3

#### Ավազանային կառավարման տարածքների համեմատաբար խոշոր գետերի հիմնական ջրաբանական բնութագրեր

Գետ	Ջրհավաք ավազանի մակերեսը, կմ <sup>2</sup>	Գետի հոսքի բնութագրերը				Հոսքի գործակիցը
		Ժամանք, մ <sup>3</sup> /վ	մոդուլ, լ/վ կմ <sup>2</sup>	ծավալը, մլմ մ <sup>3</sup>	շերտը, մմ	
Դեբեղ՝ ՀՀ սահմաններում	3895	38,1	9,79	1203	309	0,44
Աղսուն՝ ՀՀ սահմաններում	2173	14,1	6,49	445	205	0,32
Ախուրյան՝ ՀՀ սահմաններում	2784	12,4	4,45	391	241	0,24
Մեծամոր	3545	33,0	9,30	1040	292	0,57
Ջասախ	1480	10,4	7,04	329	222	0,34
Հրազդան	2560	23,2	9,07	733	286	0,47
Մասրիկ	685	4,09	6,00	129	188	0,31
Արգիծի	384	5,48	14,3	173	450	0,69
Գավառագետ	480	3,74	7,79	118	246	0,31
Ազատ	572	6,91	12,1	218	381	0,60
Վեդի	633	2,76	4,35	87	136	0,24
Արփա՝ ՀՀ սահմաններում	2081	23,2	11,1	731	357	0,49
Որստան՝ ՀՀ սահմաններում	2176	22,3	10,2	703	323	0,44
Ողջի՝ ՀՀ սահմաններում	880	13,5	15,3	426	486	0,59
Մեղրի	342	3,61	10,6	114	333	0,47

Սևան-Հրազդան ԱԿՏ-ում կազմավորվում է հանրապետության տարածքում ձևավորված գետային հոսքի շուրջ 19,6%-ը: Անհրաժեշտ է նշել, որ այստեղ ձևավորված գետային հոսքի մի զգայի մասը թափվելով Սևանա լիճ, գոլորշանում է, ուստի նրա մեջ թափվող 847 մլմ մ<sup>3</sup> հոսքի միայն 265 մլմ մ<sup>3</sup>-ը (լիճ ակտիվ ջրատվության միջին արժեքը ժամանակակից մակարդակի պայմաններում) հանրապետության համար կարելի է ընդունել որպես ռեսուրս:

ԱԿՏ-ների մեջ առավել ջրառատ է Հարավայինը, որի տարածքը թեև գրաղեցնում է հանրապետության տարածքի միայն 15,1%-ը, սակայն այստեղ գետային հոսքը կազմում է հանրապետության տարածքում ձևավորվող գետային հոսքի շուրջ 20,6%-ը: Հենց այստեղ էլ նկատվում է հոսքի մոդուլի ամենաբարձր արժեքը՝ 9,86 լ/վ կմ<sup>2</sup>:

Ախուրյանի ավազանային տարածքում, որը կազմում է հանրապետության տարածքի մոտ 17%-ը, ձևավորվում է ամբողջ գետային հոսքի 16,3%-ը:

Արարատյան ԱԿՏ-ում, որի տարածքը ամենափոքրն է (հանրապետության տարածքի 14,3%-ը), ձևավորվում է ամբողջ հոսքի 16,3%-ը: Այստեղ հոսքի մոդուլի արժեքը իր մեծությամբ ( $8,25 \text{ լ/վ.կմ}^2$ ) երկրորդն է Հարավայինց հետո:

Հյուսիսային ավազանային կառավարման տարածքում ձևավորված  $58,5 \text{ մ}^3/\text{վ}$  հոսքից  $36,0 \text{ մ}^3/\text{վ}$  (կամ ամբողջ հոսքի 61,5%-ը) կազմում է գետերի մակերևութային հոսքը: Մակերևութային հոսքի մեծ արժեքը պայմանավորված է այստեղ գրեթե ամենուրեք տարածված (բացառությամբ Զորագետի վերին հոսանքների շրջանի) ջրամերժ ապարներով, որի հետևանքով թափված տեղումների զգալի մասը առաջանում է մակերևութային հոսք: Այս տարածքի գետերի հոսքի գործակցի միջին արժեքը կազմում է  $0,39$  (աղյ. 4), որը միայն մեծ է Սևան-Հրազդան ջրավազանային կառավարման տարածքի նույն գործակցից: Հոսքի գործակցի համեմատաբար փոքր արժեքը հիմնականում կապված է անտառածակույթի հետ, որտեղ թափվող տեղումների մի զգալի մասը պահպում է ծառերի տերևների, ճյուղերի և բների կողմից և առանց գետնին հասնելու գոլորշանում, իսկ որոշ մասն էլ գոլորշանում է բուսածածկից կատարվող տրամապիրացիայի հետևանքով:

#### Աղյուսակ 4

##### Գետերի հոսքի բնութագրի ներմաստան քատարավարման տարածքների

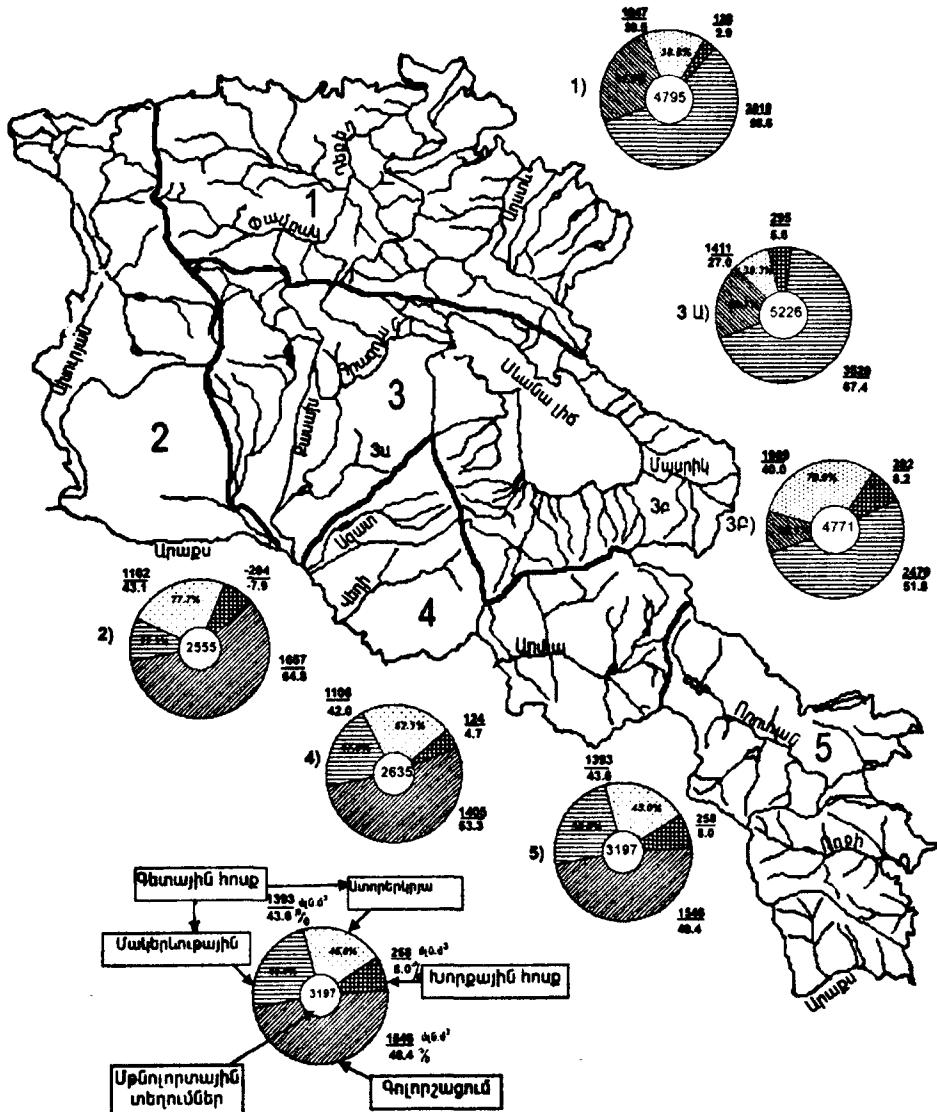
Ավազանային կառավարման տարածքները	Մակերեսը, $\text{կմ}^2$	Գետի ծախսը, $\text{մ}^3/\text{վ}$			Հոսքի միջին գործակցի		
		միջինը	մակերեւութային	ստորերկրյա	մոդուլը, $\text{լ/վ.կմ}^2$	շերտը, մմ	գործակիցը
Հյուսիսային	7185	58,5	36,0	22,5	8,14	257	0,39
Ախուրյանի	5029	34,9	7,8	27,1	6,94	219	0,43
Սևան-Հրազդանի*	8790 7536	44,7 60,4	27,1 17,6	17,6 42,8	5,08 6,87	160 217	0,26 0,37
Արարատյան	4256	35,1	16,8	18,3	8,25	260	0,42
Հարավային	4481	44,2	24,3	19,9	9,86	311	0,44
Ընդամենը	29741 28491	217,4 233,1	112,0 102,5	105,4 130,6	7,31 7,84	231 247	0,37 0,40

\* Վերևում՝ Սևանա լճի ակտիվ ջրատվությամբ (ժամանակակից մակարդակով), ներքևում՝ Սևանա լիճ թափվող գետերի հոսքի հետ միասին:

Ախուրյանի ավազանային կառավարման տարածքում հոսքի գործակցի համեմատաբար մեծ արժեքը ( $0,43$ ) պայմանավորված է կից ավազաններից այստեղ խորբային ճանապարհով բնոնաբակվող ստորերկրյա ջրերով: Հիմնականում այդ է պատճառը, որ այստեղ ձևավորվող գետային հոսքի միայն  $22,3\%-ը$  է ձևավորվում մակերևութային ջրերի հաշվին:

Ավազանային կառավարման 5 տարածքների մեջ հոսքի գործակցի ամենափոքր արժեքը Սևան-Հրազդանի տարածքին է, որը Սևանա լճի ակտիվ ջրատվության միջին արժեքի հետ կազմում է ընդամենը  $0,26$ , իսկ առանց դրա՝  $0,37$ : Հոսքի գործակցի այդպիսի փոքր արժեքը պայմանավորված է նախ նրանով, որ Սևանա լիճ թափվող  $847 \text{ մշ.մ}^3$  գետային հոսքի մի զգալի մասը գոլորշանում է լճի հայելու մակերևության: Ապա՝ այստեղ մեծ տարածում ունեցող հրաբխային ապարները խիստ ծակուլեն և ճեղքավոր-

ված են, ուստի թափված տեղամների մի զգայի մասը ներծծվելով՝ ձևավորում է ստորերկրյա խորքային հոսքը, որի մեծ մասը բեռնաբափում է այլ գետային ավազաններում [1, 2]:



Նկ. 1: Ջրային հաշվեկշիռ ավազանային կառավարման տարածքներում. 1 – Հյուսիսային, 2 – Ախուրյանի, 3 – Սևան-Հրազդանի (Ա – Սևանա լճի ակտիվ ջրատվորյան, Բ – առանց Սևանա լճի ակտիվ ջրատվորյան), 4 – Արարատյան, 5 – Հարավային:

Արարատյան ԱԿՏ-ում հոսքի գործակիցը 0,42 է, որը փոքր-ինչ մեծ է հանրապետության միջինից: Այսեղ գետերի հոսքի ստորերկրյա բաղադրիչը (52%) գերազանցում է մակերևութային հոսքը, ինչը պայմանավորված է Սևանա լճի ջրհավաք ավազանից ստորերկրյա խորքային ճանապարհով շուրջ 80 մկմ-մ<sup>3</sup> ջերերի բեռնաբափումով Ազատ և Եղեգիս գետերի ջրհավաք ավազաններում [1]:

Հոսքի գործակցի առավելագույն արժեքը դիտվում է Հարավային ԱԿՏ-ում (0,44), որը պայմանավորված է մի կողմից՝ Սյունիքի հրաբխային բարձրավանդակից այստեղ բեռնաբափվող ստորերկրյա ջրերի, իսկ մյուս կողմից՝ ծալքաբեկորային լեռների ջրամերժ ասպարների առկայությամբ: Այս տարածքում տեղումների գգալի մասը ձևավորվում է որպես մակերևութային հոսք (ամբողջի 55%-ը):

Հյուսիսային ԱԿՏ-ում գումարային գոլորշացումը կազմում է մքնութրտային տեղումների 58,6%-ը (հանրապետության տարածքից կատարվող գոլորշացման 25,7%-ը), գետային հոսքը՝ 38,5%-ը, իսկ խորքային հոսքը՝ 2,9%-ը (նկ. 1):

Ախուրյանի ԱԿՏ-ում գումարային գոլորշացումը գգալի կերպով մեծ է (64,9%), քանի Հյուսիսայինում (հանրապետության տարածքից կատարվող գոլորշացման 15,2%-ը), սակայն մեծ է նաև գետային հոսքի մասնաբաժինը (43,1%), որը, ինչպես նշեցինք, խորքային ճանապարհով բեռնաբափվող ստորերկրյա ջրերի շնորհիկ է, որի պատճառով այստեղ ջրային հաշվեկշիռը բացասական է (խորքային ներհոսքը կազմում է 204 մէ՛մ<sup>3</sup>):

Սևան-Հրազդանի ԱԿՏ-ում Սևանա լճից տեղի ունեցող գոլորշացման պատճառով գումարային գոլորշացման արժեքը բոլոր ԱԿՏ-ների համեմատ ամենամեծն է, որը կազմում է մքնութրտային տեղումների 67,4%-ը (հանրապետության տարածքից կատարվող գոլորշացման 32,2%-ը):

Սևանա լճի ակտիվ ջրատվությունը հաշվի առնելու դեպքում գետային հոսքը կազմում է մքնութրտային տեղումների 27%-ը, իսկ խորքայինը՝ 5,6%-ը: Սուանց լճի ակտիվ ջրատվության, այսինքն՝ Սևանա լիճ թափվող գետերի հոսքի հետ միասին գետային ամբողջ հոսքը կազմում է թափված մքնութրտային տեղումների 36,5%-ը: Խորքային ճանապարհով այստեղ բեռնաբափվող հոսքը կազմում է մքնութրտային տեղումների 7,5%-ը: Արարատյան ԱԿՏ-ում գումարային գոլորշացումը կազմում է մքնութրտային տեղումների 53,3%-ը (հանրապետության տարածքից կատարվող գոլորշացման 12,8%-ը) և զգալի կերպով զիջում է ինչպես Ախուրյանի, այնպես էլ Սևան-Հրազդանի ԱԿՏ-ի գումարային գոլորշացմանը, սակայն գետային հոսքը կազմում է 42%, որը զերազանցում է ինչպես Հյուսիսային, այնպես էլ Սևան-Հրազդանի ԱԿՏ-ի գետային հոսքի մասնաբաժինները և գրեթե հավասար է Ախուրյանի ԱԿՏ-ի գետային հոսքին: Խորքային հոսքը կազմում է մքնութրտային տեղումների 4,7% -ը:

Հարավային ԱԿՏ-ում գումարային գոլորշացումը կազմում է թափվող մքնութրտային տեղումների ընդամենը 48,3%-ը (հանրապետության տարածքից կատարվող գոլորշացման 14,6%-ը), զգալի կերպով զիջելով մյուս ԱԿՏ-ներից տեղի ունեցող գումարային գոլորշացմանը: Գետային հոսքը կազմում է մքնութրտային տեղումների 43,6%-ը:

Մքնութրտային տեղումների մի զգալի մասը ներծծվելով, ձևավորում է 258 մէ՛մ<sup>3</sup> խորքային հոսք, որը կազմում է այստեղ թափված տեղումների 8,1%-ը:

**Եղբակացություն:** Այսպիսով, նոր ձևավորված ավագանային կառավարման տարածքները միմյանցից տարբերվում են ոչ միայն ոելիեփի առանձնահատկություններով, երկրաբանական ու ջրաերկրաբանական, կլիմայական, հողաբուսական ծածկույթի պայմաններով ու տարածքների ընդգրկու-

մով (մեծությամբ), այլ նաև հոսքի ծևավորման և նրա տարածաժամանակային բաշխման ընդգծված յուրահատկություններով:

Եղի, <<ԶՀՀԻ, <այպետիլլումնտ

Ստացվել է 26.05.2006

## ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Մնացականյան Բ.Պ. Հայաստանի ջրային հաշվեկշիռը: Եր., Զանգակ-97, 2005:
2. Չիլինգարյան Լ.Ա., Մնացականյան Բ.Պ., Աղաբաբյան, Կ.Ա. Թորմաջյան Հ.Վ. Հայաստանի գետերի և լճերի ջրագրությունը: Եր., Ազրոպես, 2002:

Բ. Պ. ՄՆԱՑԱԿԱՆՅԱՆ, Լ. Ա. ՉԻԼԻՆԳԱՐՅԱՆ, Կ. Ա. ԱՂԱԲԱԲՅԱՆ, Բ. Գ. ԶԱԿԱՐՅԱՆ

## ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЧНОГО СТОКА АРМЕНИИ ПО РАЙОНАМ БАССЕЙНОВОГО УПРАВЛЕНИЯ

### Резюме

В статье приводятся характеристики речного стока Армении по вновь созданным районам бассейнового управления, показатели водного баланса, сравнительное описание гидрологических, гидрографических, климатических и других особенностей территории этих районов.

Բ. Պ. ՄՆԱՑԱԿԱՆՅԱՆ, Լ. Ա. ՉԻԼԻՆԳԱՐՅԱՆ, Կ. Ա. ԱՂԱԲԱԲՅԱՆ, Բ. Գ. ԶԱԿԱՐՅԱՆ

## DESCRIPTION OF RIVER FLOW OF ARMENIA ALONG REGIONS OF BASIN MANAGEMENT

### Summary

In the article descriptions of river flow of Armenia are given, which are created again along basin management, as well as activities of water balance, comparative description of hydrological, climatic peculiarities of these regions.

*Աշխարհագրություն*

УДК 550.4

Գ. Ս. ՄԱՆԱՍՅԱՆ

**ՄԱՐԴԿԱՅԻՆ ԳՈՐԾՈՒՆԻ ԴԵՐԻ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ ՇԻՐԱԿԻ  
ՈԵԼԻԵՖԱՌԱԶԱՅՄԱՆ (ՄՈՐՖՈԳԵՆԵԶԻ) ԵՎ ԷԿՈԼՈԳԻԱԿԱՆ  
ԻՐԱՎԻՃԱԿԻ ԶԵՎԱՎՈՐՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՅՈՒՄ**

Հայտնի է, որ մարդն իր տնտեսական գործունեության ծավալման ընթացքում, օգտագործելով տարածքի ընձեռած բնական պաշարներն ու պայմանները, ներգործում է բնության տարրերի ու երևույթների վրա: Մարդը ներգործում է ուղինֆառաջացնող գործնթացների ինտենսիվության ու ուղղության վրա, ստեղծում է ուղինֆի նոր ձևեր [1, 2]: Այդ ընթացքում նա հանդես է գալիս նաև էկոլոգիական որոշակի իրավիճակ առաջացնող գործնի դերում՝ վերափոխելով ու խախտելով ինչպես ամբողջ երկրահամակարգի, այնպես էլ նրա հիմքը հանդիսացող ռեզիլիան ու նրա տարրերի բնական վիճակը:

Շիրակի տարածքի գերակշիռ մասը զբաղեցնում են գյուղատնտեսական հողահանդակները, բնակավայրերը, ջրատեխնիկական կառույցները, հանքավայրերը, ճանապարհները և այլն: Այստեղ մարդու ծավալած կենսագործունեությամբ փոփոխվել են տիրապետող բնական համալիրները, որոնց փոխարեն ստեղծվել են նոր՝ կուլտուրական-կենցաղային համալիրներ: Տարածքում ուղինֆառաջացնող բացասական երևույթներից ու գործնթացներից բացի հնարավոր են ևս մի շարք այլ բնատեխնածին վտանգավոր երևույթներ, որոնք կարող են առաջացնել էկոլոգիական բնույթի ճգնաժամեր ու աղետներ:

Վերջին տարիներին բնական ու հասարակական մի շարք գործուների ազդեցության հետևանքով սկսել են առավել հաճախակի առաջանալ սելավային հոսքեր, նկատվում է էրոզիոն և տեղատարությամբ ինտենսիվության աճ, տարածքում զարգանում են նոր սողանքային զանգվածներ, փոփոխվում են ստորերկրյա ջրերի ռեժիմները և այլն:

Այս թուրքից խոսափելու, դրանց զարգացումը կանխելու, տարածքում էկոլոգիական կայուն վիճակ ապահովելու համար անհրաժեշտ է գնահատել այդ գործնթացների առաջացման պատճառները, դրանցում մարդկային գործունի դերը, դասակարգել այդ երևույթները ըստ առաջացման պայմանների, գնահատել դրանց զարգացման ինտենսիվությունն ու խորությունը և վտանգավորության աստիճանը:

Մարդածին ուղինֆառաջացման գործնթացը բարդ է, քանի որ այն պայմանավորված է մարդկային բազմաբուվանդակ գործունեությամբ և մեծ

մասամբ միահյուսված է (սինթեզված է) բնական գործընթացների հետ: Այդ է պատճառը, որ շատ հաճախ դժվար է լինում արհեստական (նարդածին) ռեկիեֆի ձևերն ու երևույթները տարրերել ու սահմանազատել բնականից: Այսպիսի դժվարություններից խուսափելու համար նպատակահարմար է ու անհրաժեշտ կատարել մարդածին ռեկիեֆառաջացման (նորֆողենեզի) դասակարգություն: Գեռմորֆոլոգների կողմից կատարվել են դասակարգման բազմաթիվ փորձեր [3–5], որոնք լրացնում կամ կրկնում են միմյանց: Դրանցից հետաքրքրություն են ներկայացնում մի քանիչը, որոնք առաջարկել են ուսումնորֆոլոգները:

Վ.Ա. Բրիլովը առաջարկում է առանձնացնել (տես [4]):

1. **ուղղակի, այդ թվում նպատակառուղղված մարդկային ներգործություն ռեկիեֆի վրա,**

2. **անուղղակի, հաճախ անկառավարելի ներգործություն՝ անցանկալի, բացասական բազմաթիվ հետևանքներով:**

Այս խնդրին այլ կերպ է մոտենում Մ.Ժ. Ժանդակը (նույն տեղում), որը տարբերում է մարդածին ռեկիեֆառաջացման հետևյալ տիպերը:

1. երկրագործական, 2. ճանապարհատրանսպորտային, 3. ջրատեխնիկական, 4. շինարարական, 5. ուզմասպաշտպանողական, 6. հնագիտական, 7. լեռնահանքարդյունաբերական:

Վերուծելով դասակարգման նշված և այլ սխեմաներ, առանձնացրել ենք մարդածին ռեկիեֆառաջացման երկու ձև:

1. **Մարդածին**, որի դեպքում մարդը հանդիս է գալիս անմիջական ռեկիեֆառաջացնող գործոնի դերում:

2. **Բնամարդածին կամ խրանող**: Այստեղ մարդն իր գործունեությամբ հանդիս է գալիս ռեկիեֆառաջացման բնական գործընթացների առաջացման, դրանց խթանման ու ակտիվացման դերում, որը կարող է լինել ինչպես զիտակցված, այնպես էլ ոչ զիտակցված: Հետևաբար, բնամարդածին ռեկիեֆառաջացումը կարելի է բաժանել նաև՝

ա) **նպատակառուղղված** և բ) **տարերային ռեկիեֆառաջացման**.

Ծիրակի տարածքում բնակչությունը զբաղված է բազմաբնույթ տնտեսական գործունեությամբ, որի տեղաբաշխումը և կազմակերպումը պատմականության ընթացքի է բնակլիմայական, այդ թվում ռեկիեֆային պայմաններին համապատասխան: Բնական բաղադրիչների և պայմանների, մասնավորապես ռեկիեֆի վերափոխման գործընթացում, բնօգտագործման յուրաքանչյուր ձևն ունի իր առանձնահատկությունը: Այստեղից՝ մարդու կենսագործունեության յուրաքանչյուր ձև տարբեր մասշտաբներով, խորությամբ ու ինտենսիվությամբ կարող է ազդել ռեկիեֆառաջացման պրոցեսի վրա:

Ռեկիեֆի վրա մարդածին գործոնի ազդեցության խորության գնահատման տեսակետից կարելի է առանձնացնել բնօգտագործման հետևյալ որակական կատեգորիաները:

1. **Զիսախտող բնօգտագործման ձևեր**, որոնք էական ներգործություն չեն ունենում մակերևութային և ստորերկրյա ջրային հոսքերի ռեժիմի վրա, և ռեկիեֆը գոնվում է բնական վիճակում:

2. **Թույլ խախտող**, եթե մարդու կենսագործունեության հետևանքով ռեկիեֆը վերափոխվում է այս կամ այն չափով, էականորեն փոփոխվում է նաև մակերևութային հոսքը, իսկ ստորերկրյա հոսքի վրա ներգործությունը աննշան է:

**3. Խախտող բնօգտագործման ձևեր, որոնց ժամանակ վերափոխվում են թե՝ ուղիելիքի, թե՝ ջրային հոսքերի բնական վիճակները:**

Ուղիելիքառաջացման գործընթացում մարդածին գործոնի դերի գնահատման մեջ կարևոր է պարզել նաև վերափոխված տարածքների ընդգրկման մակերեսները: Մարդու տնտեսական գործունեությունը որոշ դեպքերում կարող է ընդգրկել շատ փոքր տարածքներ: Այս դեպքում մարդու ներգործությունը և դրա հետևանքները ստանում են լոկալ նշանակություն: Այլ է պատկերը մեծ մակերեսների դեպքում, երբ մարդու ներգործությունը ծեռք է բերում ուղիոնալ նշանակություն: Ըստ վերափոխման ընդգրկման մակերեսների և կատարվել է դասակարգում և առանձնացվել են հետևյալ սահմանները.

- 1) թույլ վերափոխված (տարածքի մինչև 10%),
- 2) միջին չափի վերափոխված (10–30%),
- 3) ուժգին վերափոխված (30–50%),
- 4) խիստ վերափոխված տարածքներ (50%-ից ավելի):

Վերը քննարկված ցուցանիշների համադրումը թույլ է տալիս գնահատել ուղիելիքի վրա մարդու ներգործության ինտենսիվությունը: Ըստ ներգործության ինտենսիվության ընդունված է առանձնացնել հետևյալ որակական խմբերը.

- 1) նվազագույն ինտենսիվությամբ,
- 2) միջին ինտենսիվությամբ,
- 3) առավելագույն ինտենսիվությամբ ներգործություն:

Ուղիելիքի և ուղիելիքառաջացնող գործընթացների վրա մարդու ներգործության ինտենսիվության աստիճանը ուղղի կապի մեջ է տարածքի ուղիելիքի հատկանիշների, գեոնորֆոլոգիական իրավիճակի, բնակլիմայական առանձնահատկությունների, բնակեցման, տարածքի տնտեսական յուրացվածության աստիճանի և կենսագործունեության ձևերի հետ:

Վերը նշված սկզբունքով առանձնացվել և ըստ ուղիելիքառաջացման ինտենսիվության ու մորֆոգենեզի դասակարգվել են Շիրակի տարածքում ծավալվող տնտեսական գործունեության բոլոր ձևերը:

1. **Առավելագույն ինտենսիվությամբ մարդածին և բնամարդածին ուղիելիքառաջացնող ձևեր:** Սրանց շարքում մարգի ուղիելիքի վրա զգալի է զյուղատնտեսական գործունեության ազդեցությունը: Գյուղատնտեսական հողահանդակները գրավում են ամրող տարածքի 63%-ը, ընդ որում այս ցուցանիշը տարբեր է ըստ բարձրությունների: 1400–2000 մ բարձրաշափական գոտում դրանք գրավում են առավելագույն մակերեսներ՝ տվյալ գոտու տարածքի 95%-ից ավելին:

Ուղիելիքի վրա մեծ ազդեցություն ունեն նաև հանքարդյունաբերական համակիրը, շինարարական և կենցաղային գործունեությունը: Առանձնակի ուղադրության են արժանի մարզում առկա ջրատեխնիկական կառույցները՝ ջրամբարները, որոնց ամբարտակների հնարավոր փլուզումները հղի են շափազանց վտանգավոր հետևանքներով:

Վերը նշված կենսագործունեության ձևերից յուրաքանչյուրը ուղիելիքի ու նրա տարբերի վրա ունենում է թե՝ ուղղակի, թե՝ միջնորդավորված ներգործություն: Դրանք մարդածին ուղիելիքառաջացման գործընթացում դրսւորվում են և՝ նպատակադրույթական ձևով, և՝ տարբերայնորեն:

2. **Միջին և թույլ ինտենսիվությամբ բնամարդածին ուղիելիքառաջացնող ձևեր:** Նման ներգործությամբ առանձնանում են բնօգտագործման կե-

տային և գծային տիպերը՝ բնակավայրերը, արդյունաբերական կենտրոնները, ճանապարհները, խողովակաշարերը, ոռոգման համակարգերը: Վերջիններս, զբաղեցնելով փոքր մակերեսներ, հիմնականում տեղաբաշխված են ոելիեֆի համեմատարար կայուն և նպաստավոր տեղամասերում: Հետևաբար՝ ոելիեֆի վերափոխման գործընթացում ունեն քոյլ ներգործություն:

Ծիրակի տարածքում կատարված հետազոտությունների արդյունքները հանգեցրել են հետևյալ եզրակացությանը:

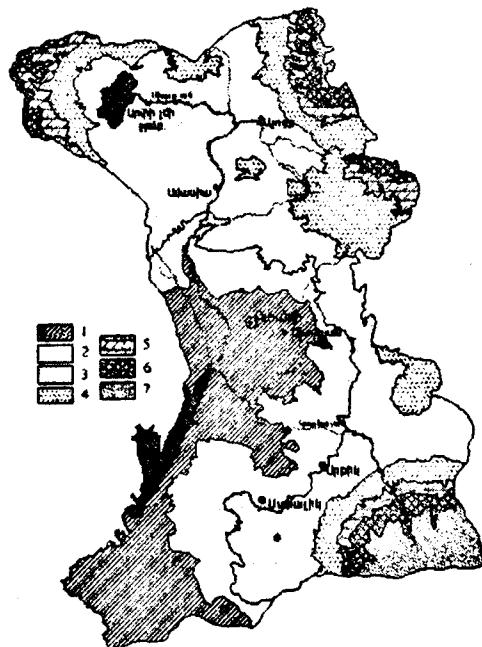
Նախ, որ Ծիրակի տարածքում ոելիեֆառաջնորդ մարդածին գործնները հանդիսանում են գալիս մի շարք առանձնահատկություններով.

1. Բնական միջավայրի տարրերի, մասնավորապես ռելիեֆի վրա մարդու ներգործել է հնագույն ժամանակներից. այն ունի դարերի պատմություն:

2. Խորհրդային տարիներին տնտեսության բեկումնային աճով և գիտության ու տեխնիկական միջոցների առաջընթացով պայմանավորված մարդու ներգործությունը ռելիեֆի ու նրա առանձին տարրերի վրա հասնել է առավելագույն չափերի:

3. Վերջին տասնամյակին որոշակի օրիենտիվ և սուրյենտիվ գործոններով պայմանավորված մարդու ներգործությունը բնական տարրերի ու երեխույնների վրա ստացել է անհետողական և տարերային բնույթ:

4. Մարդկային գործոնի դերը Ծիրակի տարածքի ռելիեֆի և բնական բաղադրիչների վերափոխման գործում միշտ եղել է նկատելի՝ պայմանավորված տարածքում բնական պայմանների ու պաշարների համեմատարար բարենպատ լինելու և բնակեցման բարձր աստիճան ունենալու հանգամանքով:



Ծիրակի ռելիեֆի և բնական բաղադրիչների մարդածին վերափոխման գործակիցների քարտեզն ըստ բարձրաշափական գոտիների

Պայմանական նշաններ. 1 – Ստորին գոտի՝ 1400–1600 մ,  $k=1$  վերափոխման գործակցով; 2 – նախայննային սարավանդների գոտի՝ 1600–1800 մ,  $k=0,8–1$ ; 3 – միջին բարձրության լոռնային գոտի՝ 1800–2200 մ,  $k=0,6–0,8$ ; 4 – բարձր լոռնային գոտի՝ 2200–2500 մ,  $k=0,4–0,6$  գործակիցներով:

Բարձրադիր լոռնային գոտի. 5 – 2500–2700 մ,  $k=0,2–0,5$ ; 6 – 2700–2900 մ,  $k=0,2–0,3$ ; 7 – 2900 մ և ավելի,  $k=0–0,1$  գործակիցներով:

Ծիրակի տարածքում բնակլիմայական ու ռելիեֆային պայմաններին ու պաշարներին համապատասխան որոշակի օրինաշափության են ենթարկվում մարդու բնակեցման, կենսապահովման ու կենսագործունեության առանձնահատկությունները: Ըստ տեղի բարձրության մարդու կենսագործունեության բնական պայմաններն ու պաշարները դառնում են առավել անպատճենագործություններ:

Դրան համապատասխան նվազում է բնակչության խտությունը և տարածքի յուրացվածության աստիճանը, հետևաբար նաև ռելիեֆի վրա ունեցած ներգործության աստիճանը: Այսինքն՝ ռելիեֆառաջացման գործնքացում նվազում է մարդածին գործոնի դերը: Հաշվի առնելով այս օրինաչափությունը՝ կազմվել է Շիրակի ռելիեֆի և բնական բաղադրիչների մարդածին վերափոխման գործակիցների (կ) քարտեզն ըստ բարձրաշավական գոտիների: Այդ գործակիցները հաշվվել են համապատասխան բարձրաշավական գոտու վերափոխված մակերեսի և այդ գոտու ընդհանուր մակերեսի հարաբերությամբ (տես քարտեզը):

*Քարտեզագրության և գեոմորֆոլոգիայի ամրիոն*

*Ստացվել է 18. 01.2006*

#### ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Դավթյան Պ., Մարտիրոսյան Ը. Շիրակի մարզում մարդու գործունեությունը որպես բնական աղետների (սելավների) ձևավորման խթանից: Հանրապետական գիտական նստաշղթան: Զեկուցումների հիմնադրույթներ: Եր., 1999, էջ 254–255:
2. Մարտիրոսյան Լ., Մուրադյան Յու. Գյուղատնտեսության ազդեցությունը Շիրակի մարզի բնական լանջավտների վրա: Աշխարհագրություն 2001, «Շիրակի մարզի բնական ռեսուրսների օգտագործման և բնապահպանության խնդիրները» կոնֆերանսի նյութեր: Եր., 2002, էջ 62–66:
3. Կесь Ա.С., Կօսօ Բ.Փ. Անտրոպոգенные изменения геоморфологических процессов и антропогенный рельеф. В кн.: Климат, рельеф и деятельность человека. М.: Наука, 1986, с. 47–58.
4. Сваричевская З.А., Луговинов И.Л. Техногенный морфогенез. В кн.: Климат, рельеф и деятельность человека. М.: Наука, 1986, с. 58–64.
5. Кружалин В.И. – Вестник МГУ, сер. 5, География, 1997, № 4, с. 11–14.

Г. С. МАНАСЯН

#### ОЦЕНКА РОЛИ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА В ПРОЦЕССЕ РЕЛЬЕФООБРАЗОВАНИЯ (МОРФОГЕНЕЗА) И ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ

#### Резюме

В работе приводятся качественная и количественная оценки роли человеческого фактора в рельефообразовании и формировании экологической ситуации.

Обсуждены и выделены два вида антропогенного рельефообразования. Оценены и классифицированы масштабы, глубина и интенсивность воздействия человека на рельеф и его элементы. Выявлены закономерности и особенности роли человеческого фактора в процессе рельефообразования Ширакского региона. Составлена карта коэффициентов антропогенных изменений

рельефа и природных элементов в Ширакском регионе по гипсометрическим поясам.

G. S. MANASYAN

## EVALUATION OF HUMAN INFLUENCE ON THE PROCESS OF FORMATION OF GEOMORPHIC AND ECOLOGICAL SITUATIONS

### Summary

In the work the qualitative and quantitative evaluation of the factor of human influence on the geomorphic and ecological situation is introduced.

Two types of anthropogenetic morphogeny have been introduced and indicated. Scale, depth and intensity of human influence on the relief and its elements have been evaluated and classified. Some laws and characteristics of human factors in the development of the relief of Shirak region have been revealed. The chart map of Shirak region of anthropogenetic relief changes and of natural consistence have been formed according to hypsometric zones.

УДК 512.57

Л. Р. НУРБЕКЯН

## ТЕОРЕМА КЕЛИ ДЛЯ АЛГЕБР ДЭ МОРГАНА

В данной статье предложена и доказана теорема Кели для алгебр Дэ Моргана, которая дает описание этих алгебр с помощью некоторого класса бинарных функций.

Теорема Кели для алгебр Дэ Моргана дает описание этих алгебр с помощью некоторого класса бинарных функций (такое описание впредь будем называть бинарным).

Вопросы о бинарном описании алгебраических систем рассматривались в работах [1–4]. Например, в статье [2] дано бинарное описание Булевых алгебр, а результат нашей работы будет ее обобщением.

Как известно, алгебра Дэ Моргана – это дистрибутивная решетка  $(D, +, \cdot)$ , наделенная 0-ем, 1-ей и унарной операцией  $\sim$ , которые удовлетворяют следующим условиям:

$$a + 0 = a,$$

$$(a^\sim)^\sim = a,$$

$$(a + b)^\sim = a^\sim \cdot b^\sim,$$

$$0^\sim = 1 \quad \forall a, b \in D.$$

Рассмотрим некоторое множество  $X$ . Обозначим через  $Bin(X)$  множество всех бинарных функций, определенных на  $X$ :  $Bin(X) = \{f : X \times X \rightarrow X\}$ .

Определим операции  $+$ ,  $\cdot$  и  $\sim$  на множестве  $Bin(X)$  следующим образом [1]. Для  $f, g \in Bin(X)$

$$(f + g)(x, y) = f(x, g(x, y));$$

$$(f \cdot g)(x, y) = f(g(x, y), y);$$

$$f^\sim(x, y) = f(y, x) \quad \forall x, y \in X.$$

Далее пусть  $0(x, y) = y$  и  $1(x, y) = x$  ( $x, y \in X$ ).

Теперь дадим несколько определений:

а) функция  $f : X \times X \rightarrow X$  называется *идемпотентной*, если

$$f(x, x) = x \quad \forall x \in X;$$

б) функция  $f : X \times X \rightarrow X$  называется *квазидиагональной*, если

$$f(f(x, x), f(x, y)) = f(x, y) \quad \forall x, y \in X;$$

в) функции  $f, g : X \times X \rightarrow X$  называются *квазикоммутативными*, если

$$f(g(x, x), g(y, z)) = g(f(x, y), f(x, z)) \quad \forall x, y, z \in X.$$

Предположим, что  $A$  есть некоторое подмножество множества  $\text{Bin}(X)$ . Тогда если

а)  $A$  замкнуто по отношению к операциям  $+$ ,  $\cdot$  и  $\sim$ ;

б) все функции  $A$  *идемпотентны* и *квазидиагональны*;

в) всякие две функции из  $A$  *квазикоммутативны*;

г) функции 0 и 1 принадлежат  $A$ ,

то  $A$  назовем *Дэ Моргановым классом бинарных функций*.

*Теорема* (теорема Кели для алгебр Дэ Моргана).

*Часть 1.* Всякое подмножество множества  $\text{Bin}(X)$ , которое является

*Дэ Моргановым классом бинарных функций*, одновременно является и алгеброй Дэ Моргана по отношению к операциям  $+$ ,  $\cdot$  и  $\sim$  вместе с функциями 0 и 1 как соответственно ноль и единица алгебры.

*Часть 2.* Всякая алгебра Дэ Моргана  $(D, +, \cdot, \sim, 0, 1)$  изоморфна некоторому *Дэ Морганову классу бинарных функций* из  $\text{Bin}(D)$ .

*Доказательство.*

*Часть 1.* Для доказательства нам достаточно проверить аксиомы алгебры Дэ Моргана, пользуясь свойствами а)-г), которыми наделены *Дэ Моргановы классы бинарных функций*.

*Часть 2.* Каждому элементу  $a$  из  $D$  сопоставим функцию  $\varphi_a(x, y) = a \cdot x + a^\sim \cdot y + x \cdot y$  ( $x, y \in D$ ).

Для функций  $\{\varphi_a\}_{a \in D}$  легко проверяются следующие тождества:

$$1) \varphi_a(x, \varphi_b(x, y)) = \varphi_{a+b}(x, y);$$

$$2) \varphi_a(\varphi_b(x, y), y) = \varphi_{a \cdot b}(x, y);$$

$$3) \varphi_a^\sim(x, y) = \varphi_{a^\sim}(x, y);$$

$$4) \varphi_a(x, x) = x;$$

$$5) \varphi_a(\varphi_a(x, x), \varphi_a(x, y)) = \varphi_a(x, y);$$

$$7) \varphi_0(x, y) = 0(x, y);$$

$$8) \varphi_1(x, y) = 1(x, y);$$

$$9) \varphi_a(1,0)=a \quad \forall x,y,a,b \in D.$$

Из последнего равенства следует, что отображение  $\varphi: D \rightarrow A = \{\varphi_a\}_{a \in D} \subset \text{Bin}(D) | a \mapsto \varphi_a$  есть биективное отображение. Из остальных тождеств следует, что  $A$  – *Дэ Морганов класс бинарных функций*, а значит, алгебра Дэ Моргана. Кроме того,  $\varphi$  сохраняет операции  $+, \cdot, \sim$  и элементы 0 и 1 (тождества 1–3, 7, 8), значит,  $\varphi$  – изоморфизм.

Теорема доказана.

*Кафедра алгебры и геометрии*

*Поступило 20.10.2005*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мовсисян Ю.М. – Изв. АН СССР. Математика, 1989, № 53, с. 1040–1055.
2. Bloom S.L., Esik Z. and Manes E.G. – Amer. Math. Monthly, 1990, v. 97, № 9, p. 831–833.
3. Esik Z. – International Journal of Algebra and Computation, 1998, v. 8, № 3, p. 311–316.
4. Мовсисян Ю.М. – Успехи математических наук, 1998, т. 53, с. 61–114.

L. R. ՆՈՐԵԿՅԱՆ

ՔԵՅԼԻԻ ԹԵՈՐԵՄԸ ԴԵ ՍՈՐԳԱՆԻ ՀԱՆՐԱՀԱՇԻՎՆԵՐԻ ՀԱՍՏՐ

## Ամփոփում

Սույն հոդվածում ապացուցվում է Քեյլիի թեորեմը Դե Մորգանի հանրահաշիվների համար: Այդ թեորեմը տալիս է Դե Մորգանի հանրահաշիվների նկարագրություն երկտեղանի ֆունկցիաների որոշակի դասի միջոցով:

L. R. NURBEKYAN

## CAYLEY'S THEOREM FOR DE MORGAN ALGEBRAS

### Summary

In this paper a Cayley's theorem is proved for De Morgan algebras. The theorem gives a representation of De Morgan algebras by some class of binary functions.

*Математика*

УДК 519.50

И. Г. ХАЧАТРЯН

**О ПАРАДОКСАХ ИНТУИТИВНОЙ ТЕОРИИ МНОЖЕСТВ**

Сообщение посвящено выяснению причин появления известных парадоксов в интуитивной теории множеств. Доказывается, что процесс образования множеств является незавершаемым, т. е. после образования какой угодно совокупности множеств можно образовать новое множество, а причина появления парадоксов связана с представлением процесса образования множеств как завершаемого процесса, т. е. все множества могут быть образованы.

В интуитивной теории множеств из каких-то объектов образуются множества (т. е. совокупности объектов), которые принимаются как объекты. Затем из имеющихся объектов образуются множества, которые в свою очередь принимаются как объекты и т.д. Покажем, что процесс образования множеств является незавершаемым, т.е. после образования какой угодно совокупности множеств можно образовать новое множество.

Множество всех подмножеств множества  $X$  обозначим через  $2^X$ , а объединение всех множеств из совокупности множеств  $Y$  – через  $\bigcup Y$ .

*Теорема 1.* Пусть  $X$  – множество. Тогда  $2^X \notin 2^X$ .

*Доказательство.* Предположим противное, т. е.  $2^X \in 2^X$ . Тогда  $2^X \subset X$ . Обозначим через  $S$  множество тех элементов из  $2^X$ , каждый из которых не является своим элементом. Так как  $S \subset 2^X \subset X$ , то  $S \in 2^X$ . Однако соотношения  $S \in S$  и  $S \notin S$  могут выполняться лишь одновременно, что невозможно. Следовательно,  $2^X \notin 2^X$ .

Теорема доказана.

Аналогично доказывается

*Теорема 2.* Пусть  $Y$  – такая совокупность множеств, что  $2^y \subset Y$  для каждого  $y \in Y$ . Тогда  $Y \notin Y$ .

*Теорема 3.* Пусть  $Y$  – некоторая совокупность множеств, а  $X = \bigcup Y$ . Тогда  $2^X \notin Y$ .

*Доказательство.* Ясно, что  $Y \subset 2^X$ , а в силу теоремы 1 имеем также  $2^X \notin 2^X$ . Поэтому  $2^X \notin Y$ .

**Теорема доказана.**

Теорема 3 показывает, что процесс образования множеств является незавершаемым, а выражение «все множества» – бессмысленным. Однако имеет смысл говорить о всех имеющихся множествах и их множестве.

Теорема 3 опровергает укоренившееся представление о том, что процесс образования множеств является завершаемым (т. е. все множества могут быть образованы), а причина появления в интуитивной теории множеств известных парадоксов связана с самим интуитивным понятием множества (по этому поводу см. [1], стр. 39–63; [2], стр. 224; [3], стр. 357; [4], стр. 332–341). На самом деле причина появления этих парадоксов заключается в неправильном представлении о характере процесса образования множеств. Таким образом, при восприятии процесса образования множеств как незавершаемого процесса интуитивная теория множеств становится свободной от известных парадоксов. Вопреки мнению, высказанному в [5], стр. 14, построение теории множеств можно осуществить на интуитивной основе.

Более подробному обсуждению рассматриваемых вопросов, а также некоторых вопросов, связанных с формализацией интуитивной теории множеств, автор намерен посвятить отдельную статью.

*Кафедра дифференциальных уравнений*

*Поступило 11.10.2006*

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Клини С.К. Введение в метаматематику. М.: ИЛ, 1957.
2. Клини С.К. Математическая логика. М.: Мир, 1973.
3. Натансон И.П. Теория функций вещественной переменной. М.: Наука, 1974.
4. Бурбаки Н. Теория множеств. М.: Мир, 1965.
5. Куратовский К., Мостовский А. Теория множеств. М.: Мир, 1970.

## **Ի. Գ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ**

**ԲԱԶՄՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՆԵՐՁԳԱՅԱԿԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅԱՆ  
ՊԱՐԱԴՈՔՍՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ**

## **Ամփոփում**

Հաղորդումը նվիրված է բազմությունների ներզգայական տեսությունում հայտնի պարադոքսների առաջացման պատճառների բացահայտմանը: Ապացուցվում է, որ բազմություններ կազմելու պրոցեսն ավարտ չունեցող է, այսինքն՝ կամայական համախմբությամբ բազմություններ կազմելուց հետո կարելի է կազմել նոր բազմություն, իսկ պարադոքսների առաջացման պատճառը բազմություններ կազմելու պրոցեսը որպես ավարտ ունեցող

պրոցես ընկալելմ է, ըստ որի բոլոր բազմությունները կարող են լինել կազմված:

I. G. KHACHATRYAN

## ON PARADOXES OF INTUITIVE THEORY OF SETS

### Summary

The message investigates the reasons of occurrence of known paradoxes in the intuitive set theory. We prove, that the process of formation of sets is non-finishing, i.e. after formation of arbitrary set of sets it is possible to form a new set, and the reason of occurrence of paradoxes is connected with representation of process of formation of sets as a finishing process, i.e. all sets can be formed.

Физика

УДК 548.0:532.783

Г. Г. БАДАЛЯН, Х. М. КАЗАРЯН

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЛЩИН ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ В ЛИОТРОПНЫХ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

При помощи дифракции рентгеновских лучей и поляризационного оптического микроскопа исследована зависимость толщины доменной границы от концентрации амфи菲尔ного вещества в лиотропной жидкокристаллической системе. Показано, что при малых концентрациях доменная граница представляет собой водяной слой, а при больших – липидную бислойную ламеллу. Обнаружена связь между шириной рефлекса рентгеновских лучей под малыми углами и толщиной доменной границы.

Как известно [1], в лиотропных жидкокристаллических (ЛЖК) системах доменом называется структурная область, в которой директор имеет определенное направление. При малых концентрациях амфи菲尔ного вещества доменные границы представляют собой междоменный водяной слой, а границы домен–вода – гидратные головки амфи菲尔ного вещества. Это очень четко прослеживается в исследованиях с поляризационным оптическим микроскопом при малых концентрациях амфи菲尔ного вещества.

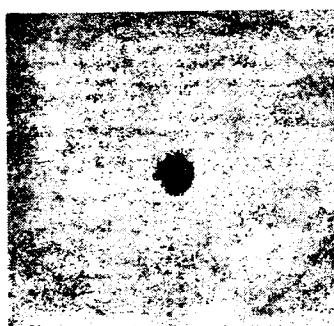


Рис. 1. Рентгенодифракционная картина ЛЖК-системы с ориентированными доменами и узкими доменными границами.

при малом, так и при большом количестве воды имеются домены с разными ориентациями [2].

Однако при большом содержании воды углеводородные хвосты молекул являются более подвижными. Это означает, что ламеллы более рыхлые и

дифракционные кольца расширены, а доменные границы увеличены за счет размеров ламелл. Действительно, при дифракции рентгеновских лучей под малыми углами наблюдается увеличение ширины рефлекса. Кажется, что параллельно упорядоченности углеводородных хвостов, когда толщины ламелл становятся строго определенными, дифракционные кольца становятся более резкими, вследствие чего толщина кольца рефлекса уменьшается.

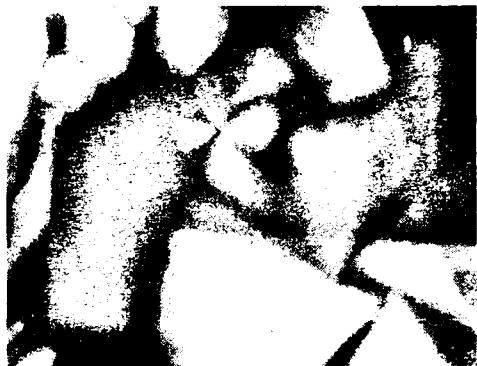


Рис. 2. Поляризационная микроскопическая картина широкой доменной границы ЛЖК-системы при 85%-й концентрации амфи菲尔ного вещества.

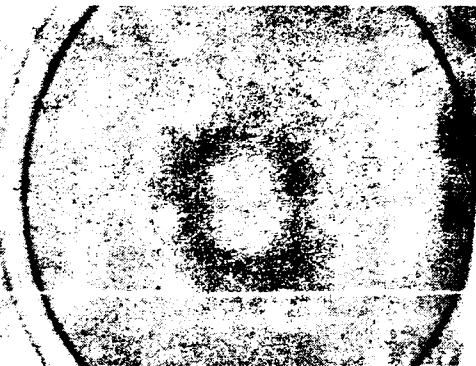


Рис. 3. Рентгенодифракционная картина ЛЖК-системы с ориентированными доменами и широкой доменной границей.

Для образца с малым количеством воды и при отражении под большими углами наблюдается превращение диффузного гало в резкое кольцо, которое является следствием упорядоченности углеводородных хвостов [3]. Однако такое кольцо малой ширины должно было получаться и при дифракции под малыми углами. При дальнейшем уменьшении содержания воды ширина дифракционного маленького кольца также уменьшается, а рефлекс становится более резким. Начиная с некоторых концентраций дифракционные картины продолжают становиться более резкими при дифракции под малыми углами, а ширина дифракционного кольца начинает увеличиваться. При 20%-ом содержании воды наблюдается максимальное расширение дифракционного кольца. В картине, полученной поляризационным микроскопом (рис. 2) при отмеченной концентрации, доменные границы настолько широкие, что имеют вид черных полос. Через этот слой поляризационный свет не проникает, так как на доменной границе при переходе из одного домена к другому ламеллы изгибаются. Следовательно, оптическая ось ламелл располагается так, что она не может вращать вектор поляризации, в результате чего вторая призма Николя не проницаема для этого луча. Однако изогнутые ламеллы, составляющие доменную границу, могут удовлетворять условию Бретга и, следовательно, при отражении под углом  $\theta + \Delta\theta$  увеличивают ширину дифракционного кольца. Это начинается с момента, когда между двумя доменами толщина водяного слоя достигает минимума или они соприкасаются между собой. Доменные границы, образующиеся из изогнутых ламелл амфи菲尔ного вещества и воды, обеспечивают переход направления директора от домена к домену (рис. 2). Так как уменьшение количества воды приводит к уменьшению межламеллярного водяного слоя, то толщина доменной границы возрастает.

тает за счет размеров самого домена. При соприкосновении двух доменов рефлекс, полученный под малыми углами, обладает максимальной резкостью. Параллельно уменьшению воды происходит соприкосновение доменов, и ширина рефлекса малоугловой дифракции возрастает (рис. 3).

Таким образом, при большом количестве воды доменная граница представляет собой водяной слой, который легко наблюдается под микроскопом. При ее малом содержании доменная граница, образующаяся из изогнутых ламелл, также наблюдается под микроскопом при больших концентрациях амфи菲尔ного вещества. Однако при промежуточных концентрациях, когда толщина доменной границы мала, ее уже невозможно наблюдать. В этом случае толщину доменной границы можно определить из динамики изменения ширины дифракционного кольца, получившегося при дифракции рентгеновских лучей под малыми и большими углами.

Кафедра общей физики

Поступило 17.03.2006

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бадалян Г.Г., Шагинян А.А. – Биофизика, 1988, т. 33, вып. 1, с. 92–96.
2. Бадалян Г.Г., Казарян Х.М., Степанян М.А., Минасянц М.Х., Шагинян А.А. – Известия АН Арм. ССР. Физика, 2002, т. 37, № 6, с. 382–386.
3. Hyde S.T. Identification of Lyotropic Liquid Crystalline Mesophases. Handbook of Applied Surface and Colloid Chemistry. Ed. by K. Holmberg, Chapter 16, John Wiley & Sons, 2001.

## Հ. Գ. ԲԱԴԱԼՅԱՆ, Խ. Մ. ԿԱԶԱՐՅԱՆ

ԵՊՈՏՐՈՒ ՀԵՂՈՒԿԲՅՈՒՐԵՂԱԿԱՆ ՀԱՍՏԱԿԱՐԳԵՐՈՒՄ  
ԴՈՒՇՆԱՅԻՆ ՍԱՀՄԱՆՆԵՐԻ ՀԱՍՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ  
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄ

## Ամփոփում

Լիոտրուական հեղուկը լուսական համակարգերում ունիտենյան ճառագայթների դիֆրակցիայի և բևեռային օպտիկական մանրադիտակի միջոցով ուսումնասիրված է դրմենային սահմանի հաստության կախվածությունը ամֆիֆիլ նյութի կոնցենտրացիայից: Ցույց է տրված, որ փոքր կոնցենտրացիաների դեպքում դրմենային սահմանը հանդիսանում է ջրային շերտը, իսկ քարձը կոնցենտրացիաների դեպքում՝ լամելները (լիպիդային երկշերտը): Ստացված է կապ ունիտենյան ճառագայթների ուժիների և դրմենային սահմանների հաստությունների միջև:

INVESTIGATIONS OF DOMEN BOUNDARY THICKNESSES IN  
LYOTROPIC LIQUID CRYSTAL SYSTEMS

**Summary**

The domen boundary thickness dependence of amphiphil substance concentration in lyotropic liquid crystal systems was investigated, through X-ray diffraction and polaroid optical microscope, the domen boundary is the water layer itself, but at higher concentration the domen boundary is the lipid bilayer of lamellas. A connection between the X-ray reflex and thicknesses of domen boundaries was obtained.

**Химия**

УДК 542.61+535.2+546.92+668.814

Н. О. ГЕОКЧЯН, М. Ж. ГЕГЧЯН, А. А. ЕГИАЗАРЯН,  
Дж. А. МИКАЕЛЯН, А. Г. ХАЧАТРЯН

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПЕНТАЙОДОПЛАТИНАТА (IV) С ТИАЗИНОВЫМ  
КРАСИТЕЛЕМ ТИОНИНОМ В СЕРНОКИСЛОЙ СРЕДЕ**

Изучено взаимодействие йодидного комплекса платины (IV) с органическим основным красителем тиазинового ряда тионином (TH) в сернокислой среде. Установлены оптимальные условия образования ионного ассоциата (IA) и его экстракции в органическую фазу, концентрация красителя, диапазон определяемых содержаний платины (IV) и избирательность экстракции. Определен состав образующегося IA.

Ранее для экстракционно-абсорбциометрического определения микрограммовых количеств платины (IV) в сернокислой среде из тиазиновых красителей нами были применены толуидиновый голубой (ТГ) [1], тетраметилтионин (ТетрМТ) [2] и триметилтионин (ТриМТ) [3]. Настоящее исследование посвящено изучению возможностей применения основного красителя тиазинового ряда тионина (TH) для экстракционно-абсорбциометрического определения микрограммовых количеств платины (IV) в сернокислой среде. Для этой цели он применяется впервые. Ранее TH был применен для определения микрограммовых количеств золота (III) в сернокислой среде [4].

Экспериментальная часть. Стандартные и рабочие растворы платины (IV) ( $H_2[PtCl_6]$ ) готовили по методике, приведенной в [5]. Водный раствор тионина готовили растворением точной навески препарата красителя квалификации ч.д.а. в дистиллированной воде. Раствор йодида калия (KI) готовили из точной навески препарата квалификации х.ч. Использовались органические растворители квалификации ч.д.а. и х.ч., дихлорэтан (ДХЭ) квалификации ч., которые дополнительной очистке не подвергались. Равновесные значения pH водной фазы контролировали при помощи pH-метра pH-121 со стеклянным электродом. Оптическую плотность (ОП) водных растворов и органических экстрактов измеряли на спектрофотометре СФ-16. Кислотность водной фазы регулировали добавлением серной кислоты.

Известно, что йодидный комплекс платины(IV)  $[PtI_6]^{2-}$  наиболее устойчив из всех галогеноплатинатов(IV) [6]. Известно также, что комплексная кислота  $H_2[PtI_6]$  образует соли с органическими основными красителями.

Естественно было предположить, что гексайодоплатинат (IV) будет взаимодействовать и с первым представителем тиазинового ряда тионином. Нами впервые было установлено, что анион пентайодоплатината (IV) образует с ТН соединение, эктрагирующееся различными органическими растворителями и их бинарными смесями. Наиболее эффективным экстрагентом, обеспечивающим максимальные значения ОП экстрактов ионного ассоциата (ИА) при минимальных значениях ОП «холостых» экстрактов, оказался дихлорэтан. После экстракции ИА выделяется в виде осадка, который хорошо растворяется в ацетоне (5 мл).

Соотношение объемов водной и органических фаз составляет 2:1 (10 и 5 мл соответственно). Сняты спектры светопоглощения экстрактов ИА и «холостых», а также водного раствора ТН. Максимум светопоглощения наблюдается для органических экстрактов при длине волны  $\lambda=580 \text{ нм}$ , а для водного раствора красителя при  $550 \text{ нм}$ .

При установлении оптимальной кислотности водной фазы оказалось, что экстракцию ИА пентайодоплатината (IV) ТН можно проводить в интервале от pH 4,0 до 1,0 N по серной кислоте. Было установлено, что максимальные и постоянные значения ОП экстрактов ИА наблюдаются при pH 2,0 по  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Наибольшее количественное извлечение ИА в органическую фазу имеет место при  $[\text{KI}]=(0,4-0,5) \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}$  и концентрации реагента красителя, обеспечиваемой добавлением 1,0–2,0 мл 0,05% раствора тионина.

Методом повторной экстракции было установлено, что для практически полной экстракции образующегося ИА пентайодоплатината (IV) ТН достаточно однократного экстрагирования в течение 2 мин. Степень извлечения составляет 82%, что было определено методом повторного экстрагирования [7].

ОП экстрактов ИА остается постоянной в течение 60 мин. Диапазон определяемых концентраций платины (IV) составляет  $3,11-87,08 \text{ мкг Pt}$  в 10 мл водной фазы. Каждующийся молярный коэффициент светопоглощения органических экстрактов платины (IV) с ТН  $\bar{\epsilon}_{(580)} = 2,1 \cdot 10^4 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ ,  $C_{\min}=0,08 \text{ мкг/мл}$ .

В найденных оптимальных условиях была изучена также избирательность экстракции, в частности влияние различных посторонних и сопутствующих ионов на результаты определения платины (IV) в виде пентайодоплатината (IV) тионина. Определению  $49,8 \text{ мкг}$  платины в 10 мл водной фазы не мешают миллиграммовые количества хрома (III), магния, кадмия, алюминия, никеля (II), кобальта (II), а также  $1 \cdot 10^{-1} M$  раствора нитрат-иона. Определению мешает палладий (II).

На основании полученных данных разработана методика экстракционно-абсорбциометрического определения микрограммовых количеств платины в платиносодержащих катализаторах органического синтеза.

Кафедра аналитической химии

Поступило 04.05.2006

#### ЛИТЕРАТУРА

- Геокчян Н.О., Егизарян А.А., Микаелян Дж.А., Хачатрян А.Г. – Ученые записки ЕГУ, 2000, № 2, с. 72–76.

2. Геокчян Н.О., Егиазарян А.А., Микаелян Дж.А., Хачатрян А.Г. – Ученые записки ЕГУ, 2003, № 1, с. 75–79.
3. Геокчян Н.О., Микаелян Дж.А., Егиазарян А.А., Хачатрян А.Г. – Хим. ж. Армении, 2004, т. 57, № 4, с. 57–62.
4. Геокчян Н.О., Егиазарян А.А., Микаелян Дж.А., Хачатрян А.Г. – Заводск. лаб., 1998, т. 64, № 11, с. 15–17.
5. Овсепян Е.Н., Чан Ким Тъен, Микаелян Дж.А. – ЖАХ, 1983, т. 38, вып. 7, с. 1277–1278.
6. Рос А., Yatela M. – J. Chem. Soc., 1960, p. 3431–3433.
7. Блюм И.А. Экстракционно-фотометрические методы анализа. М.: Наука, 1970, с. 34.

Ն. Օ. ԳՅՈԿՉՅԱՆ, Մ. Ժ. ԳՅՈԿՉՅԱՆ, Ա. Ա. ԵՂԻԱԶԱՐՅԱՆ,  
Զ. Ա. ՄԻԿԱԵԼՅԱՆ, Հ. Գ. ԽԱՇՏՐՅԱՆ

**ՊԵՆՏԱՍԱՅՈԴԱՊԼԱՏԻՆԱՑ(IV)-Ի ՓՈԽԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԹԻԱԶԻ-  
ՆԱՅԻՆ ՇԱՐՁԻ ՆԵՐԿԱՆՅՈՒԹ ԹԻՌՆԻՆԻ ՀԵՏ ԾԵՄՐԱԹԹՎԱՅԻՆ  
ՄԻՋԱՎԱՅՐՈՒՄ**

### Ամփոփում

Ուսումնասիրվել է պենտայոդապլատինատ(IV)-ի փոխազդեցությունը թիազինային շարքի հիմնային ներկանյութ թիոնինի հետ ծծմբաթթվային միջավայրում: Հաստատվել են իոնային ասոցիատի (ԻԱ) առաջացման օպտիմալ պայմանները և նրա էքստրակցիան օրգանական ֆազ, ներկանյութի կոնցենտրացիան, պլատին(IV)-ի որոշվող կոնցենտրացիոն սահմանը և էքստրակցիայի ընտրողականությունը: Որոշված է առաջացող ԻԱ-ի բաղադրությունը:

N. O. GEOKCHIYAN, M. J. GEKCHIYAN, A. A. EGHIAZARYAN,  
J. A. MICKAELYAN, H. G. KHACHATRYAN

### INTERACTION OF PENTAIODOPLATINATE (IV) WITH THIAZINE RAW DYE THIONINE IN SULFURIC ACID MEDIUM

#### Summary

Interaction of pentaiodoplatinate (IV) with thiazine raw organic basic dye thionine in sulfuric acid environment has been studied.

The optimal conditions for the formation of ionic associate (IA) and its extraction in organic phase, also concentration of dye, the range of platinum (IV) content, selectivity of extraction are determined. The content of IA is determined.

## Биология

УДК 576.852.24

А. С. АКОПЯН, О. А. ПАНОСЯН, И. Л. БАЗУКЯН

### ВЫДЕЛЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ ИЗ ЗАКВАСОК МАЦУНА РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ АРМЕНИИ

Из образцов мацуна, собранных в разных регионах Армении, выделены молочнокислые бактерии, относящиеся к родам *Lactobacillus* и *Streptococcus*. Изучены их биологические свойства и показана высокая антимикробная активность по отношению к грамположительным и грамотрицательным бактериям.

Большое разнообразие эколого-географических условий Армении с ее выраженной вертикальной зональностью способствовало развитию уникальных ассоциаций молочнокислых микроорганизмов в молочных продуктах, среди которых особое значение имеет мацун. На протяжении многих веков армяне готовили богатые белками традиционные кисло-молочные продукты, которые обладают значительной физиологической, в частности антибактериальной и антиоксидантной активностью [1–6]. Поэтому выделение и создание коллекции культур этих микроорганизмов, изучение их биологических свойств и выявление биотехнологического потенциала актуально и открывает новые перспективы для получения разных биопрепараторов.

**Материал и методика.** Объектами исследования являлись молочно-кислые бактерии, выделенные нами из проб мацуна, взятого в мелких крестьянских хозяйствах различных сел на территории Армении. Выделение чистых культур бактерий проводилось на среде МРС [7] при 37 и 45°C для мезофильных и термофильных культур соответственно. Выделение молочно-кислых бактерий осуществлялось методом накопительных культур и прямого высеива разведенного образца мацуна на питательную среду [7]. Культуры поддерживались путем периодических пересевов на свежие питательные среды и хранились при 4°C.

Определение антибактериальных свойств выделенных чистых культур проводилось методом диффузии в агар с использованием цилиндриков [2]. В качестве тест-организмов брали представителей различных групп микроорганизмов: *Escherichia coli*, *Staphylococcus citreus*, *St. aureus*, *Salmonella typhimurium*, *Bacillus subtilis*, *B. subtilis*, *B. mesentericus*. После 24-часовой инкубации при температуре, оптимальной для развития тест-культуры, измеряли диаметр зоны отсутствия роста.

С целью идентификации молочнокислых бактерий использовали комплекс признаков: культуральных, морфологических, физиологических и биохимических. Тестирование признаков для диагностики культур осуществляли согласно общепринятым методам [8, 9]. Штаммы идентифицировались до вида с помощью диагностических ключей определителя Берги [8, 10] и с учетом характеристик этих бактерий в первоисточниках [2, 3].

**Результаты и обсуждение.** Зоны ингибирования роста ряда тест-организмов наиболее активными культурами представлены в таблице 1.

Таблица 1

Зоны подавления роста тест-организмов в мм

Тест-организм	№ культуры						
	10.2	28.2	49.1	53.1	54.1	58.5	59.2
<i>E. coli</i>	10	10	14	10	14	12	12
<i>S. citreus</i>	12	16	14	—	10	10	10
<i>S. aureus</i>	—	10	10	10	—	18	9
<i>S. typhimurium</i>	10	12	12	10	12	10	10
<i>B. subtilis</i>	—	10	—	—	—	20	—
<i>B. mesentericus</i>	14	—	18	18	18	22	16

Как видно из таблицы 1, почти все штаммы проявляли антагонистическую активность. Особенно можно отметить культуру 58.5, которая сильно угнетала рост *B. mesentericus*, *S. aureus* и *B. subtilis*. Кроме того, все культуры проявляли антагонизм также против *E. coli* и *S. typhimurium*. Рост грамположительных бактерий угнетался сильнее, чем грамотрицательных.

Целью дальнейших исследований была идентификация отобранных культур. Для определения их таксономического статуса исследовано более 10 диагностически важных культуральных, морфологических, физиологических и биохимических признаков.

Все бактерии представлены неподвижными, не образующими спор прямыми палочками (штаммы 10.2, 28.2, 53.1) или кокками (штаммы 49.1, 54.1, 58.5, 59.2), окрашивающимися по Граму положительно. Размеры лактобацилл варьируют в пределах  $0,35\text{--}0,9 \mu\text{м} \times 1,26\text{--}11,84 \mu\text{м}$ . Как лактобациллы, так и стрептококки образуют мелкие, чечевицеобразные или неправильные, гладкие, плоские, тусклые, бесцветные однородные колонии с ровным краем и диаметром 1,5–2 мм.

Культуры различаются по способности к росту на средах с различными концентрациями NaCl и разными источниками углерода, имеют разные интервалы pH и температуры роста. Большинство из выделенных культур являются мезофилами ( $37^{\circ}\text{C}$ ), некоторые растут также и при высоких температурах ( $45^{\circ}\text{C}$ ), т.е. являются термотolerантными. Термофильные культуры 10.2 и 53.1 растут при температурах  $50^{\circ}\text{C}$  и более. Помимо культуры 58.5, почти все культуры растут при  $10^{\circ}\text{C}$ .

Исследованные стрептококки более стойки к воздействию высоких значений pH и концентрации NaCl, чем лактобациллы. Так, культуры стрептококков 58.5 и 59.2, растущие в среде, содержащей NaCl в концентрации от 1 до 6,5%, толерантны по отношению к высоким значениям pH (табл. 2).

Все новые изоляты являются каталазо-отрицательными гомоферментативными бактериями. Газ на среде с глюкозой не образуют, нитриты из нитратов не восстанавливают, гиппурокислый натрий не усваивают, желатину не расщепляют. Определение аргининдезаминазной активности этих культур показало, что только две культуры стрептококков (штаммы 58.5 и 59.2) образуют аммиак из аргинина. Среди изученных культур только штамм 58.5 восстанавливает метиленовый голубой.

Таблица 2

*Некоторые физиологические признаки выделенных молочнокислых бактерий*

Физиологические особенности		№ штамма					
		10.2	28.2	49.1	53.1	54.1	58.5
Рост при	2% NaCl	-	-	-	-	-	+++
	6,5% NaCl	-	-	-	-	-	+++
	pH 7,2	+	+	+	+	+	+
	pH 9,6	-	-	-	-	±	±
	10°С	+++	+	+	+	-	+
	45°С	+	+	-	+++	-	+++
	50°С	++	-	-	+++	-	-

Изучалась способность изолятов усваивать различные источники углерода. Все штаммы одинаково хорошо усваивают глюкозу и арабинозу. Данные по сбраживанию остальных сахаров представлены в таблице 3.

Таблица 3

*Сбраживание углеводов молочнокислыми бактериями*

№ штамма	Раффиноза	Сорбит	Глюконат	Мальтоза	Лактоза	Сорбоза	Манноза	Сахароза
10.2	+	+	+	-	+	-	+	+
28.2	+	+	+	-	+	-	+	+
49.1	±	+	+	0*	0	0	0	0
53.1	+	+	+	-	-	-	-	-
54.1	-	+	-	0	0	0	0	0
58.5	+	-	+	0	0	0	0	0
59.2	+++	+	-	0	0	0	0	0

\* Условное обозначение: 0 – не определено.

Согласно полученным данным, изученные штаммы относятся к родам *Lactobacillus* (53.1, 10.2, 28.2) и *Streptococcus* (49.1, 54.1, 58.5, 59.2). Предварительные данные позволяют отнести эти штаммы к следующим видам: *Lactobacillus lactis* (53.1), *L. casei* (10.2, 28.2), *Streptococcus cremoris* (49.1, 54.1), *Str. lactis* (58.5, 59.2).

Выделенные культуры сохраняются в коллекции культур микроорганизмов кафедры микробиологии и биотехнологии микроорганизмов и распределений ЕГУ и послужат в дальнейшем объектом исследований с целью выявления природы вещества с антагонистической активностью.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ерзикян Л.А. Биологические особенности некоторых рас молочнокислых бактерий. Ер.: Изд-во АН Арм. ССР, 1971, 210 с.
2. Квасников Е.И., Нестеренко О.А. Молочнокислые бактерии и пути их использования. М.: Изд-во АН Уз. ССР, 1975, 384 с.
3. Степаненко П.П. Микробиология молока и молочных продуктов. М.: ООО «Все для Вас-Подмосковье», 1999, 413 с.
4. Goh K.T., Haisman D.R., Archer R.H., Singh H. – Food Research International, 2005, v. 38, p. 605–613.
5. Deraz S.F., Karlsson E.N., Hedstrom M., Andersson M.M., Mattiasson B. – Journal of Biotechnology, 2005, v. 117, p. 343–354.
6. Mkrtumyan M.K., Bazukyan I.L., Panosyan O.A., Akopyan A.S., Karapetyan Yu.I. III Moscow Inter. Congress «Biotechnology: State of the art and prospects of development». 2005, part 2, p. 134.
7. Практикум по микробиологии. Под ред. Нетрусова А.И. М.: Изд-во АН РФ, 2005, 603 с.
8. Краткий определитель бактерий Берги. Под ред. Хоулота Дж.М. М.: Мир, 1980, 485 с.
9. Holt J.G., Krieg N.R., Sneath P.H. A., Staley J.T. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. V. 2. Baltimore, Hong-Kong, London, Sydney: The Williams and Wilkins Co., 1986, pp. 1043–1070, 1208–1234.
10. Хоулот Дж., Криг Н., Снит П., Стейли Дж., Уильямс С. Определитель бактерий Берги. В 2-х т. М.: Мир, 1997, 800 с.

Ա. Ս. ՀԱԿՈԲՅԱՆ, Հ. Հ. ՓԱՆՈՍՅԱՆ, Ի. Լ. ԲԱԶՈՒԿՅԱՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՏՄՐԲԵՐ ԾՐՋԱՆՆԵՐԻ ՍԱԾՆԻ ՄԵՐԱՆՆԵՐԻ  
ԿԱԹՆԱԹՎԱՅԻՆ ՍԱՆՐԵՆԵՐԻ ՄՆԶԱՏՈՒՄՆ ՈՒ  
ՈՒԽՈՒՄՆԱՄԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

### Ամփոփում

Հայաստանի տարրեր շրջաններից հավաքված մածնի նմուշներից մեկուսացվել և ուսումնասիրվել են *Lactobacillus* և *Streptococcus* ցեղերին պատկանող կաբնարբարվային բակտերիաներ: Ցույց է տրվել նրանց բարձր հակամանրեալական ակտիվությունը ինչպես գրամդրական, այնպես էլ գրամբացածական մանրէների նկատմամբ:

A. S. HAKOBYAN, H. H. PANOSYAN, I. L. BAZUKYAN

### ISOLATION AND STUDY OF LACTIC ACID BACTERIA FROM MATSUN'S FERMENTS OF DIFFERENT REGIONS OF ARMENIA

#### Summary

Matsun samples from different regions of Armenia were collected. Lactic acid bacteria belonging to genus *Lactobacillus* and *Streptococcus* were isolated and studied. Their high antibacterial activity against gram-positive and gram-negative bacteria has been shown.

## ԱՆՎԱՆԻ ԳԻՏԱԿԱՄՆԸ ԵՎ ՎԱՍՏԱԿԱԾԱՍ ՄԱՆԿԱՎԱՐԺԸ

(Կենսաբանական գիտությունների դրկտոր,  
պրոֆեսոր Յուրի Գեղրդիկի Պոպովի ծննդյան 70-ամյակի առթիվ)



Լրացավ վաստակաշատ գիտնական և մանկավարժ, կենսաբանական գիտությունների դրկտոր, պրոֆեսոր Յուրի Գեղրդիկի Պոպովի ծննդյան 70 և աշխատանքային գործունեության 45-ամյակը:

Յու.Գ. Պոպովը ծնվել է 1936 թվականին Երևանում: 1953թ. ուսկեմնայով ավարտել է դպրոցը, իսկ 1958-ին՝ գերազանցությամբ ավարտել ԵՊՀ կենսաբանության ֆակուլտետը: Նույն տարում ընդունվել է ասպիրանտուրա և ուսանել նախ Մոսկվայի Մանրէաբանության ինստիտուտում ակադեմիկոս Ա.Ա. Խմչենեցկու, այնուհետև շարունակել Երևանի համալսարանում ակադեմիկոսներ Մ.Ա. Տեր-Կարապետյանի և Մ.Ա. Դավթյանի ղեկավարությամբ: 1961 թվականից աշխատում է ԵՊՀ կենսաբանության ֆակուլտետում՝ սկզբում որպես ասիստենտ, ապա՝ ավագ դասախոս և դրույնությունում:

1975 թվականին պաշտպանել է թեկնածուական, իսկ 2003-ին՝ դրկտորական ատենախոսությունները: 2006 թ. նրան շնորհվել է պրոֆեսորի գիտական կոչում:

Յու.Գ. Պոպովը շուրջ 20 տարի (մինչև օրս) ղեկավարում է ԵՊՀ բույսերի ֆիզիոլոգիայի (հետազայում՝ մանրէաբանության, բույսերի և մանրէների կենսատեխնոլոգիայի) ամբիոնը, որի աշխատակազմը համարված է իր աշակերտներով: Նա նաև ամբիոնին կից գիտական խմբի ղեկավարն է:

Արժեքավոր են պրոֆ. Պոպովի և աշխատակիցների հետազոտությունները մանրէաբանության, կենսատեխնոլոգիայի և բույսերի ֆիզիոլոգիայի ասպարեզներում: Նրա ղեկավարությամբ կատարվում են տեսական և կիրառական կարևոր նշանակություն ունեցող հետազոտություններ:

Այսպես, մշակվել են կենսապատրաստուկների ստացման համար արժեքավոր երկրորդային հակաբակտերիական և հակաբաղցկեղային

մետարություններ արտադրող բույսերի մեկուսացված կուլտուրաների աճեցման պայմանները: Այդ կուլտուրաները կարող են հանդիսանալ կենսաքանորեն ակտիվ հակաքաղկեդային նյութերի այլընտրանքային աղբյուր՝ բավարարելով ֆիտոգեն բժշկական պատրաստուկների աճող պահանջարկը: Մեկուսացված կուլտուրաների և կլոնային բազմացման մեթոդի ներդրումը հնարավորություն է տալիս նաև պահպանել Հայաստանի ֆլորայի անհետացող բույսերի, այդ բվում արժեքավոր դեղաբույսերի պաշարները: Պրոֆ. Պոպովի դեկավարությամբ ամբիոնում կատարվում են կարճաբթվային և Եքստրեմոֆիլ մանրէների կենսաքազմազանության հետազոտություններ կենսատեխնոլոգիայում դրանց կիրառման հեռանկարները բացահայտելու նպատակով: Մեկուսացվել և ուսումնասիրվել են մի շարք ֆերմենտների ակտիվ արտադրիչներ, ամբիոնում ստեղծվել է կարճաբթվային և Եքստրեմոֆիլ մանրէների կուլտուրաների հարուստ հավաքածու: Պրոֆ. Պոպովի կողմից նշանակվել և հիմնավորվել է բույսերի աճի և զարգացման վրա բակտերիական մելանինի խթանիչ ազդեցության մասին վարկած:

Յու.Գ. Պոպովի գիտական գործունեությունը իր արտացոլումն է գտել շուրջ 120 գիտական աշխատություններում, որոնք հիմք են հանդիսացել նրա ամմիջական դեկավարությամբ 7 թեկնածուական ատենախոսությունների պաշտպանության համար: Ներկայումս նա դեկավարում է 6 ասպիրանտ:

Որպես գիտնական Յու.Գ. Պոպովը ճանաչում է ձեռք բերել ոչ միայն Հայաստանում, այլ նաև նրա սահմաններից դուրս: Նրա շնորհիվ ամբիոնը սերտ համագործակցության մեջ է արտասահմանյան մի շարք երկրների առաջատար գիտահետազոտական ինստիտուտների՝ Մոսկվայի Գ.Ֆ. Գաուզեի անվան նոր հակաբիոտիկների բացահայտման գիտահետազոտական ինստիտուտի, Նանտի, Սոֆիայի, Ֆլադեքիայի, Նյու Օերսիի համալսարանների, Համբուրգի համալսարանի տեխնիկական մանրէաբանության ինստիտուտի, Նեապոլի կենսամոլեկուլային քիմիայի ինստիտուտի, Դանիական ֆիրմայի հետ:

Յու.Գ. Պոպովը գեկուցումներով համեստ է եկել ԱՄՆ-ում, Եվրոպայի և ԱՊՀ-ի մի շարք երկրներում կազմակերպված գիտաժողովներում: Նրա շատ աշակերտներ աշխատում են տարբեր երկրների գիտահետազոտական լաբորատորիաներում և բժշկագիտական կենտրոններում ու շարունակում են իրենց նպաստը բերել ամբիոնի գիտական աշխատանքներին:

Պրոֆ. Պոպովի բարձր արոֆեսիոնալիզմը և մարդկանց նկատմամբ ուշադիր, սրտացավ վերաբերմունքը միշտ ապահովել են նրա նկատմամբ մեծ սերն ու խորը հարգանքը: Անխոնջ գիտնականի աշխատասիրությունը և գիտությանը անսահման նվիրվածությունը համախմբում, ոգևորում են նրա աշխատակիցներին ու ուսանողներին:

Ցանկանը անվանի գիտնականին և ուսուցչին՝ Յուրի Գեորգիի Պոպովին, քաջառողջություն և երկար տարիների արգասաքեր աշխատանքով լի կյանք:

**ԵՊՀ ոեկտորատ,  
Կենսաբնության ֆակուլտետ**

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ

О.А. Саркисян, С.В. Григорян, М.А. Григорян, Э.Х. Харазян, А.С. Аванесян – Перспективы возможной нефтегазоносности Ширакского прогиба (Республика Армения) .....	3
--	---

### МАТЕМАТИКА

А.А. Асатрян, И.Г. Хачатрян – Решение уравнения Кортевега–де Фриза методом обратной задачи рассеяния .....	16
Г.Г. Саакян – О характеристическом уравнении для двупараметрического матрич- ного уравнения.....	21

### МЕХАНИКА

В.М. Белубекян, М.В. Белубекян – Поверхностные электроупругие сдвиговые волны в пьезоактивной системе слой–полупространство .....	25
--	----

### ФИЗИКА

Г.С. Карапетян – Определение выходов фотоядерных реакций методом наведен- ной активности.....	31
✓ А.Р. Балабекян – Сравнение кинематических характеристик ядер-отдачи, образо- ванных из мишени $^{65}\text{Cu}$ , с теоретическими расчетами .....	36
Л.Р. Алоян, Г.В. Ананян, В.И. Варданян, Е.Б. Далян – Влияние боковых групп порфиринов на их взаимодействие с ДНК .....	40
✓ В.И. Варданян – О двух типах противоопухолевых соединений, препятствующих разделению нитей ДНК при разрушении двойной спирали.....	46

### ХИМИЯ

Н.М. Бейлерян, П.Г. Минасян, Дж.Г. Чшмаритян – О константах скорости эл- ементарных актов полимеризации акриламида в водных растворах, инициро- ванной персульфатом калия .....	51
---	----

✓	<b>А.Л. Затникян – Теоретические исследования молекулярных комплексов диэтилсульфоксид–вода.....</b>	58
✓	<b>С.А. Саргисян, К.С. Маргарян, Ш.М. Манукян – Основные закономерности адсорбции винилимидазола на гладком платиновом электроде.....</b>	62
✓	<b>Ж.М. Арстамян, М.А. Мкртчян – Экстракционно-фотометрическое определение анальгина малахитовым зеленым в лекарственных препаратах.....</b>	67

## БИОЛОГИЯ

✓	<b>Н.П. Казарян, К.В. Григорян, М.А. Саркисян, Ш.С. Каян – Численность аммонифицирующих бактерий в светло-каштановых и бурых полупустынных почвах яблоневых садов после интродукции энтомопатогенных кристаллообразующих бацилл.....</b>	71
✓	<b>Н.С. Акопян, М.А. Карапетян, Н.Ю. Адамян, К.В. Багдасарян, Р.С. Арутюнян – Влияние голубого пятна на электрическую активность ретикулярных нейронов продолговатого мозга в условиях кислородной недостаточности.....</b>	78
✓	<b>А.Р. Агабабян, В.Г. Григорян, Н.Д. Арутюнян, А.Ю. Степанян, Л.С. Степанян – Влияние творческой деятельности на показатели сердечного ритма.....</b>	84
✓	<b>А.Г. Давоян – Изучение аллельного полиморфизма (GATA)<sub>n</sub>-содержащих локусов партеногенетических ящериц <i>Darevskia dahli</i> (сем. <i>Lacertidae</i>) .....</b>	90
	<b>Г.М. Каракешишян, З.Г. Элбакян, И.А. Навасардян – Оценка влияния климатического фактора на урожайность.....</b>	94

## ГЕОЛОГИЯ

<b>Р.С. Минасян, В.П. Варданян – Эффективность применения геофизических методов при решении гидрогеологических и инженерно-геологических задач .....</b>	98
<b>С.Г. Айроян – Влияние фактора набухания на устойчивость сооружений и склонов, сложенных глинистыми грунтами.....</b>	106
<b>Г.А. Минасян – Оценка экологического состояния почв в районе Сотского золоторудного месторождения .....</b>	113

## ГЕОГРАФИЯ

<b>Б.П. Мнацаканян, Л.А. Чилингарян, К.А. Агабабян, Б.Г. Закарян – Характеристики речного стока Армении по районам бассейнового управления .....</b>	122
<b>Г.С. Манасян – Оценка роли человеческого фактора в процессе рельефообразования (морфогенеза) и формирования экологической ситуации.....</b>	130

## СООБЩЕНИЯ

<b>Л.Р. Нурбекян – Теорема Кели для алгебр <math>\mathcal{D}\mathcal{E}</math> Моргана .....</b>	136
<b>И.Г. Хачатрян – О парадоксах интуитивной теории множеств.....</b>	139
<b>Г.Г. Бадалян, Х.М. Казарян – Исследование толщин доменных границ в лиотропных жидкокристаллических системах .....</b>	142
<b>Н.О. Геокчян, М.Ж. Гегчян, А.А. Егизарян, Дж.А. Микаелян, А.Г. Хачатрян – Взаимодействие пентайдодплатината (IV) с тиазиновым красителем тионином в сернокислой среде .....</b>	146

## **CONTENTS**

### **REVIEWS**

<b>H.H. Sargsyan, S.V. Grigoryan, M.A. Grigoryan, E.Kh. Kharazyan, A.S. Avanes- syany – Perspectives of possible existence of oil and gas reserves in Shirak depression (Republic of Armenia) .....</b>	<b>3</b>
---	----------

### **MATHEMATICS**

<b>H.A. Asatryan, I.G. Khachatrian – Solution of the Korteweg-de Vriez equation by the method of inverse scattering problem.....</b>	<b>16</b>
<b>G.H. Sahakyan – About characteristic equation for two-parameter matrix equation.....</b>	<b>21</b>

### **MECHANICS**

<b>V.M. Belubekyan, M.V. Belubekyan – Surface electroelastic shear waves in a system of piezoactive layer and half-space.....</b>	<b>25</b>
---	-----------

### **PHYSICS**

<b>G.S. Karapetyan – Investigation of some processes of photonuclear reactions at low and intermediate energies .....</b>	<b>31</b>
<b>A.R. Balabekyan – Comparison of recoil properties of nuclei formed from the target <math>^{65}\text{Cu}</math> with theoretical calculations .....</b>	<b>36</b>
<b>L.R. Aloyan, G.V. Ananyan, V.I. Vardanyan, Ye.B. Dalyan – The influence of peripheral substituents on interaction of porphyrins with DNA.....</b>	<b>40</b>
<b>V.I. Vardanyan – On the two types of antitumor compounds prohibiting strand separation under the double helix damage .....</b>	<b>46</b>

## CHEMISTRY

N.M. Beylerian, P.G. Minassian, J.H. Chshmarityan – On the rate constants of elementary steps of initiated with potassium persulfate acrilamide polymerization in water solutions.....	51
A.L. Zatikyan – Theoretical study of the diethylsulfoxide–water molecular complexes .....	58
S.H. Sargsyan, K.S. Margaryan, Sh.M. Manukyan – Main peculiarities of the imidazole sorption on the smooth platinum electrode.....	62
Zh.M. Arstamyan, M.A. Mertchyan – Extraction-photometric determination of analginum by malachite green in pharmaceuticals.....	67

## BIOLOGY

N.P. Ghazaryan, K.V. Grigoryan, M.A. Sargsyan, Sh.S. Kharyan – The quantity of ammonium creating bacterium of light brown and grey semi desert soils of apple orchards after the introduction of entomo pathogen bacterium creating crystals.....	71
N.S. Akopyan, M.A. Karapetyan, N.Yu. Adamyan, K.V. Bagdasaryan, R.S. Arutunyan – Influence of the medulla oblongata reticular neurons to locus coeruleus stimulation in hypoxia conditions .....	78
H.R. Aghababian, V.H. Grigorian, N.D. Harutyunyan, A.Yu. Stepanyan, L.S. Stepanyan – Influence of creative activity on parameters of the heart rhythm .....	84
A.G. Davoyan – Study of allelic polymorphyzm of (GATA) <sub>n</sub> -containing loci in the parthenogenetic lizards <i>Darevskia dahli</i> ( <i>Lacertidae</i> ).....	90
H.M. Qaraqechichian, Z.G. Elbakian, I.A. Navasardyan – Estimation of climatic conditions influencing on productivity .....	94

## GEOLOGY

R.S. Minasyan, V.P. Vardanyan – Effectiveness of application of geophysical methods in task solution of hydrogeology and engineering geology .....	98
S.H. Hayroyan – The influence of swelling on stability of slopes and constrictions composed of clay soils.....	106
G.H. Minasyan – Ecological state evaluation of mine field soils of gold-polymetallic deposit .....	113

## GEOGRAPHY

B.P. Mnatsakanyan, L.A. Chillingaryan, K.A. Aghababyan, B.G. Zakaryan – Description of river flow of Armenia along regions of basin management .....	122
G.S. Manasyan – Evaluation of human influence on the process of formation of geomorphic and ecological situations.....	130

## COMMUNICATIONS

L.R. Nurbekyan – Cayley's theorem for De Morgan algebras .....	136
I.G. Khachatryan – On paradoxes of intuitive theory of sets .....	139
H.G. Badalyan, Kh.M. Ghazaryan – Investigations of domen boundary thicknesses in lyotropic liquid crystal systems .....	142

N.O. Geokchiyan, M.J. Gekchiyan, A.A. Eghiazaryan, J.A. Mickaelyan, H.G. Khachatryan – Interaction of pentaiodoplatinate (IV) with thiazine raw dye thionine in sulphuric acid medium .....	146
A.S. Hakobyan, H.H. Panosyan, I.L. Bazukyan – Isolation and study of lactic acid bacteria from matsun's ferments of different regions of Armenia.....	149

Outstanding scientist and distinguished teacher (professor Yuri Popov on the occasion of the 70 <sup>th</sup> anniversary).....	153
--	-----

## ԿԱՆՈՆՆԵՐ ՀԵՂԻՆԱԿՆԵՐԻ ՀԱՍՄԱՆ

1. «Գիտական տեղեկագիր» համեստում հրատարակվում են Երևանի պետական համալսարանում կատարված տեսական ու փորձարարական բնույթի օրիգինալ հոդվածներ, հաղորդումներ ու նամակներ՝ մարթնատիկայի, ինֆորմատիկայի, մեխանիկայի, ֆիզիկայի, ռադիոֆիզիկայի, քիմիայի, 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 հորեւսանների մասին համառոտ նյութեր:
3. Բնագրերը ներկայացվում են երկու օրինակով, համակարգչային շարվածքով՝ «Word» ծրագրով (հայերեն տեքստը՝ Times Armenian, ուստերեն՝ 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 րե-ով, 1,5 հնտերվալով՝ աջ և ձախ կողմերում պահպանելով 3 մմ դաշտ: Վերին ծախս անկյունում գրվում է ҮԴԿ-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 հորուների, 100 բառից ոչ ավելի ծավալով:
4. Հոդվածի ծավալը աղյուսակներով չպետք է գերազանցի 10 էջը, հաղորդմանը՝ 4, նամակինը՝ 2:
5. Հոդվածները ձևակերպվում են հստակ ենթաքամունքներով: **Ներածություն** կամ **Անդրի պրվածք**, որտեղ պետք է հիմնավորվի տվյալ հետազոտության անհրաժեշտությունը ու հրատապությունը, **Հետազոտության մեթոդիկան** և **Եղանակագրություն**, 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 բնանակվող խնդրի հետ առնչվող ժամանակակից հրատարակումների վրա: Դրանք բերվում են բնագրի լոգով ըստ հանդիպման հերթականության, կարգային համարը նշվում է քառակուսի փակագծերում ([1], [2-5]): Հոդվածի վերջում նոյն հաջորդականությամբ բերվում է գրականության ցուցակը՝ կարգային համարը, հեղինակների ազգանուններն ու անվանատառերը: Պարբերական հրատարակությունների համար այնուհետև հաջորդում է ամսագրի ընդունված կրճատ անվանումը առանց շակերտների, հրատարակման թվականը, հատորը ու բոլորկման համարները, հերթական համարը, էջը, գրքի դեպքում՝ վերնագիրը, հրատարակման վայրը, հրատարակչությունը, թվականը: Շիրատարակված աշխատանքի վերաբերյալ (բացի դիսերտացիայից) գրականության մեջ նշել չի թույլատրվում:
8. Միևնույն նյութը աղյուսակի և նկարի ձևով ներկայացնել չի թույլատրվում:
9. Թույլատրվում է 5-ից ոչ ավելի նկար, որոնք իրենց բացառություններով պետք է ներկայացնել առանձին File-ով:
10. Հոդվածի տեքստի վերջում՝ ձախ կողմում, նշվում է այն ամբիոնը կամ լարորատորիան, որտեղ կատարվել է աշխատանքը:
11. Հոդվածը ստորագրվում է բոլոր հեղինակների կողմից:
12. Խմբագրությունը հեղինակին տալիս է առաջին սրբազրությունը, որտեղ ուղղման ենթակա են տպագրության սխալները:
13. Խմբագրությունը հեղինակներին ճրի տրամադրում է հանդեսի 1 օրինակ և հոդվածի 5 առանձնատիպ: