

ISSN 0132-0173

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ
ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ

2
1999



ԵՐԵՎԱՆ
ЕРЕВАН



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

Издаётся с 1925 г. (с 1967 г. – периодически).

ԽՍԻՍԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈՒԼԵԳԻԱ

ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ Ռ.Մ. (*գլխ. խմբագիր*), ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ Ս.Գ. (*գլխ. խմբագրի տեղակալ*),
ՇԱՐԱՄԲԵՅԱՆ Լ.Թ. (*պատ. քարտուղար*)
ԲՈՅՆԱԳՐՅԱՆ Վ.Ո., ԴԱՆԻԵԼՅԱՆ Է.Ա., ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Ի.Գ., ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Հ.Գ.,
ՀՈՎԷՓՅԱՆ Լ.Լ., ՍԱՐԳՍՅԱՆ Շ.Ա., ՍԱՐԿԻՐՈՍՅԱՆ Ռ.Մ., ՇՈՒՔՈՒՐՅԱՆ Ս.Կ.,
ՉՈՒՐԱՐՅԱՆ Է.Վ., ՍԱՐԳՍՅԱՆ Հ.Հ., ՍԱՐԳՍՅԱՆ Ս.Վ.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ԱՐՄՈՒՅԱՆ Ր.Մ. (*գլ. редактор*), ՍԱՐԿՅԱՆ Ս.Գ. (*зам. гл. редактора*),
ՇԱՐԱՄԲԵՅԱՆ Լ.Թ. (*отв. секретарь*)
ԲՈՅՆԱԳՐՅԱՆ Վ.Ր., ԴԱՆԻԵԼՅԱՆ Է.Ա., ՄԱՐԿԱՐՅԱՆ Մ.Ա., ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ Ր.Մ.,
ՕՍԻՍՅԱՆ Լ.Լ., ՍԱՐԿԻՍՅԱՆ Օ.Ա., ՍԱՐԿԻՍՅԱՆ Ս.Վ., ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Ա.Գ.,
ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Ի.Գ., ՄԱՐԿԱՐՅԱՆ Մ.Ա., ՄԱՐՏԻՐՅԱՆ Ս.Կ.

Издательство Ереванского университета
© "Ученые записки" ЕГУ, естественные науки. 1999

Сдано в производство 14.07.1999 г. Подписано к печати 30.11.99 г. Формат 70×108
1/16. Офсетная печать. 8,5 печ. л.=11,9 усл. п. л. 14,45 уч. изд. л. Заказ 166. Тираж 250.
Регистрационный номер 258

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

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Ռ.Մ.Մարտիրոսյան – Երևանի պետական համալսարանը 80 տարեկան է 3

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Մ.Յու. Մովսիսյան, Ս.Մ.Նադիրյան – Հաշվեյի խմբերի վրա պատահական թափառումների հավասարաչափ բաշխվածության մասին 7

Հ.Ա.Մաշտոցյան, Գ.Ռ. Ասատրյան – M-բվաբանությունների դասակարգման հիման վրա բվաբանական բանաձևերի դասակարգման մասին 12

Է.Ա.Միրզախանյան – Հիլբերտյան տարածության ենթաբազմությունների անվերջ չափանի հոմոտոպիական խմբերի որոշ հատկությունների մասին 17

Ա.Մ.Մովսիսյան – Գուլիի թեորեմի կատեգորիական տարբերակը 25

ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Վ.Ժ.Հայրապետյան, Ն.Ա.Կուտուբյան, Դ.Լ. Հռվսեփյան – Անիզոտրոպ անհամասեռ սեպի հակահարթ խնդիրներ 30

Կ.Վ.Պապոյան, Ա.Հ.Գևորգյան, Ա.Գ.Ծատուրյան – Էլեկտրական դաշտում գտնվող մածուցիկ հաղորդիչ հեղուկ շերտի մակերևութային ալիքների կայունության մասին 38

ՖԻԶԻԿԱ

Լ.Ս.Ալլաևյան – Մակերևութային էլեկտրամագնիսական ալիքները երկմակարդականի ատոմների համակարգում 42

Վ.Բ.Պախալով – Տարածա-Ժամանակային համանմանությունը ֆոտոնների զրանցման էքսպերիմենտում 47

ՔԻՄԻԱ

Հ.Հ.Դարբինյան – Հիմնային օրգանական ներկանյութերը որպես ամպերաչափական ռեագենտներ: XV. Տետրա-, տրի- և դիմերիթիոնինների էլեկտրաքիմիական հատկությունների ուսումնասիրությունը պինդ էլեկտրոդների վրա 52

Դ.Ս.Գաբրիելյան, Ա.Ա.Վերդյան, Ա.Ս.Սահակով, Լ.Գ.Մուսատաճովա – Ֆելդիտը որպես սորբենտ հազվագյուտ տարրերի նրբաշերտ քրոմատոգրաֆիայում 56

Կ.Ի.Աբայան, Ա.Ս.Մաղյան – Մանրէաբանական արտադրության ֆերմենտացիոն լուծույթներից Լ-պրովինի անջատման և մաքրման քիչափոնային տեխնոլոգիա 59

Կ.Մ.Նրիցյան, Գ.Պ.Փիրումյան, Ս.Կ.Գրիգորյան, Մ.Լ.Նրիցյան – Ամինաբբվային խմբեր պարունակող իզոցիանոտրաթթվի նոր դիալի ածանցյալներ.....

Ռ.Ս.Հարությունյան, Ա.Ժ.Համբարձումյան, Գ.Ս.Սյժնոնյան, Ն.Մ.Բեյլերյան – Հավելույթների և ջերմաստիճանի ազդեցությունը դոզեցիվերեքսմեթիլամոնիումի բրոմիդի միջլազոյացման օրինաչափությունների վրա ջրային միջավայրում

ԿԵՆՍԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Մ.Ա.Դավթյան, Ջ.Հ.Վարդանյան, Ի.Վ.Գոգինյան – Ոլոռի ծիլերի արգինազի սուբստրատային ինդուկցիան

Կ.Գ.Ղարագոյան, Մ.Մ.Մեքրոնյան, Գ.Ա.Հովեյան, Ա.Հ.Մարտիրոսյան, Ա.Գ.Խաչատրյան – Սպիտակ առնետների էրիթրոցիտների թաղանթների ֆոսֆոլիպիդային կազմի և արյան ազատ ռադիկալային օքսիդացման պրոցեսների ինտենսիվության փոփոխությունները միակողմանի գանգլիոսիմպատեկտոմիայի, ինչպես նաև սուր ակուստիկ ստրեսի հետ նրա զուգակցման պայմաններում

Ն.Ռ.Հակոբյան – Էստրադիոլի ազդեցությունը առնետի գլխուղեղի բջիջների կորիզային մատրիքսի ֆոսֆոնոգլիտիդների կազմի վրա

Ե.Ն.Շչերբակովա, Մ.Կ.Մկրտումյան, Յու.Գ.Պոպով – Տորոնի կալյուսային հյուսվածքի մորֆոֆիզիոլոգիական բնութագիրը.....

Ջ.Ա.Աբրահամյան, Ի.Վ.Շահազիզյան – «Պոլիվինիլացետատ» գործարանի արտանետումների ներգործությունը հողի միկրոմիցետների կոմպլեքսի ստրուկտուրայի վրա

ԵՐԿՐԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Վ.Պ.Վարդանյան, Ռ.Ս.Սիմասյան – Արագածի լեռնազանգվածի հնաոելիեֆր և ստորերկրյա հոսքի բաշխումը (երկրաֆիզիկական ուսումնասիրությունների տվյալներով).....

Ա.Ս.Ավանեսյան, Հ.Հ.Սարգսյան – Հայաստանի ուժեղ երկրաշարժերի օջախային զոնաների երկրաբանական կառուցվածքը (հաղորդում 1).....

ԱՇԽԱՐՀԱԳՐՈՒԹՅՈՒՆ

Հ.Ս.Բայան – Հայկական հրաբխային բարձրավանդակի ուղղածիզ լանդշաֆտային գոտիականության գեոքրոնիական ասպեկտները (Հայաստանի Հանրապետության օրինակով).....

Հ.Յ.Սյայադյան -- Վարդենիսի հրաբխային բարձրավանդակի բարձրադիր սարահարթերի ջրաբիացման պրոբլեմը

ՀԱՂՈՐԴՈՒՄՆԵՐ

Ռ.Խ.Ադամյան, Մ.Գ.Հարությունյան, Ս.Ա.Ներսիսյան, Գ.Մ.Դամազյան, Թ.Վ.Սանամյան, Ս.Կ.Գրիգորյան – լուծիչի բաղադրության ազդեցությունը KTiOPO₄ բյուրեղների որակի վրա

Ն.Օ.Գոլոյան, Ա.Ա.Եղիազարյան, Ջ.Ա.Միքայելյան, Հ.Գ.Խաչատրյան – Օսմիումի (IV) միկրոզրամային քանակների էքստրակցիոն-աբսորբիոմետրիկ որոշումը թիագինային շարքի ներկանյութ մեթիլենային կապույտով

ՆԱՄԱԿ ԽՄԱԲԱՐՈՒԹՅԱՆԸ

Ն.Մ.Բեյլերյան, Գ.Գ.Գրիգորյան, Մ.Ռ.Թովմասյան, Հ.Հ.Միսիթարյան – Առածգական ալիբային սշակման ազդեցությունը սիլիկաժելի ադսորբցիոն և կատալիտիկ հատկությունների վրա

Ա.Ա.Սարգսարյան, Մ.Ա.Գրիգորյան, Գ.Մ.Հակոբյան, Վ.Պ.Վարդանյան – Հայաստանի ատոմակայանի տարածքում 1994-1997 թվականներին կատարած գրավիչափական ուսումնասիրությունների արդյունքները.....

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԸ 80 ՏԱՐԵԿԱՆ Է

Ռ.ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ

(Երևանի պետական համալսարանի ռեկտոր, ակադեմիկոս)

Հայաստանի կրթության և գիտության առաջատար Երևանի պետական համալսարանը 80 տարեկան է: Դա ոչ միայն մշակութային ու համազգային կարևոր հորելյան է և տոնական մեծ իրադարձություն մայր կրթօջախի համար, այլև մեր պետականության 80 տարիներին գիտակրթական ասպարեզում ձեռքբերումների մի յուրօրինակ ամփոփում է:

Մեզանում բարձրագույն կրթության արձատները հասնում են դարերի խորքը: Դեռևս անտիկ աշխարհի համալսարաններում ուսանել են ոչ քիչ թվով հայազգի երիտասարդներ:

Հայաստանում մշակույթի և գիտության ծաղկումը 5-րդ դարում, որը կապված էր մեծ լուսավորիչ և գիտնական Մեսրոպ Մաշտոցի և նրա տաղանդավոր աշակերտների անվան և գործի հետ, ինչպես նաև տաղանդաշատ մտավորականների առկայությունը չէին կարող չառաջադրել երկրում սեփական համալսարաններ ու բարձր տիպի դպրոցներ ունենալու պահանջ, և դրանք ստեղծվեցին Գլաձորում, Տաթևում և այլուր:

Միջնադարյան Հայաստանի համալսարանները հսկայական դեր են կատարել գիտության և մշակույթի պատմության մեջ՝ պատրաստելով գիտության և արվեստի տարբեր բնագավառների մասնագետներ, որոնք ոչ միայն ստեղծեցին հայ մշակույթի մեծարժեք կոթողներ, այլև կարևոր նպաստ բերեցին համաշխարհային քաղաքակրթությանը:

Հայ պետականության անկման հետ մեկտեղ, ցավոք, կտրվեց նաև բարձրագույն կրթության շղթան: Գլաձորի, ապա նրա ժառանգորդ Տաթևի համալսարանների փակվելուց հետո դարերով ընդհատվեց մոտ հազարամյա պատմություն ունեցող հայկական բարձրագույն դպրոցի կյանքը:

Հետագայում կրթական գործը Հայաստանում վերելք է ապրում 1828 թվականից հետո, երբ Արևելյան Հայաստանը միավորվում է Ռուսաստանի հետ: Հայոց կրթական համակարգի վերականգնման և զարգացման գործում բացառիկ դեր են կատարում Մոսկվայի Լազարյան ճեմարանը, Թիֆլիսի Ներսիսյան դպրոցը և Էջմիածնի Գևորգյան ճեմարանը: Նրանց ուսուցիչների ու սաների՝ գրողների, հոգևորականների, բժիշկների, փաստաբանների ջանքերով, մասնավորապես, կանգուն մնաց հայոց ազգային կրթական համակարգը:

Ծոռոսանք, որ 19-րդ դարի կեսերից հայոց կրթական գործի զարգացմանը հետամուտ էին նաև արևմտահայ մտավորականները, որոնց ջանքերով Վենետիկում, Իզմիրում, Պոլսում, Խարբերլում, Վանում ու այլ քաղաքներում հիմնադրվեցին դպրոցներ ու վարժարաններ, որոնք համբավվոր ու երկարակյաց դպրանոցներ դարձան՝ կրթելով բազմաթիվ սերունդներ:

Եվ միայն 1918 թվականի մայիսից հետո, երբ պատմության կամքով վերականգնվեց դարեր առաջ կորած պետականությունը, հայկական համալսարանի ստեղծման հարցը կրկին հրապարակ եկավ որպես անկախ պետականության առաջնահերթ խնդիր:

1919 թվականի մայիսի 16-ին որոշում ընդունվեց Երևանում համալսարան հիմնելու մասին: Այն պետք է գործեր չորս բաժիններով՝ պատմալեզվաբանական, տնտեսաիրավաբանական, բժշկական և ֆիզիկամաթեմատիկական: Համալսարանի տեսուչ (ռեկտոր) նշանակվեց հայտնի իրավագետ, պրոֆեսոր Յուրի Ստեփանի Ղամբարյանը:

Տեխնիկական պատճառներով համալսարանը ժամանակավորապես բացվեց Ալեքսանդրապոլում և միայն 1920թ. հունիսի 21-ի որոշմամբ այն տեղափոխվեց Երևան:

1920 թվականի վերջին խորհրդային կարգերի հաստատումից հետո համալսարանի հիմնադրման տարեթիվը հանիրավի վավերացվեց խորհրդային շրջանից՝ 1920 թվականից: Այդ նոտեցումն էլ անջատման գծիկ էր դրել համալսարանի պատմության երկու փուլերի միջև, որն էլ տեղիք է տվել մի շարք թյուրիմացությունների: Եվ որ ամենից ցավալիկ է, տասնամյակներ շարունակ մոռացության էին տրվել համալսարանի իսկական կազմակերպիչների ու նրա առաջին ռեկտորի՝ համաեվրոպական ճանաչում ունեցող իրավագիտության պրոֆեսոր Յուրի Ղամբարյանի անունները: Ռեկտորի առաջնության պատիվը ինքնաբերաբար վերագրվել էր Ղամբարյանի արժանավոր հաջորդ, նշանավոր հայագետ-պատմաբան Հակոբ Մանանդյանին:

Անցել են տասնամյակներ: Համալսարանի 80-ամյա պատմական ուղին եղել է ինքնահաստատման, մեծ հաջողությունների, գիտական կարևոր հայտնագործությունների և միաժամանակ անհաջողությունների ու կորուստների ճանապարհ: Եկել է ժամանակը լրացնելու և ամբողջացնելու մայր համալսարանի գիտական պատմությունը: Համալսարանի բոլոր մվիդյալները պետք է արժանանան իրենց անձի ու վաստակի իսկական գնահատությանը:

Ութ տասնամյակների ընթացքում Երևանի պետական համալսարանը Հայաստանին և մայրենի խորհրդային Միությանը տվել է մոտ 80 հազար բարձրորակ մասնագետներ, որոնք հաջողությամբ աշխատել և աշխատում են տնտեսության, գիտության, մշակույթի, լուսավորության, կրթության բնագավառներում: Նրանցից շատերը խոշոր գիտնականներ են, նշանավոր գրողներ, մանկավարժներ, պետական և հասարակական գործիչներ:

Համալսարանը հանրահայտ գիտական կենտրոն է: Այնտեղ գործում են միջազգային ճանաչում ունեցող մի շարք գիտական դպրոցներ, որոնք զարգացման նոր հնարավորություններ են ստացել: Ժամանակի քննությունը բռնելու իմաստով առավել շահեկան վիճակում է գիտության բնագիտական թևը: Համալսարանը խոշոր նվաճումներ ունի ֆիզիկայի (տեսական ֆիզիկա, օպտիկա, միջուկային ֆիզիկա, պինդ մարմնի ֆիզիկա, կիսահաղորդիչների ֆիզիկա, ռադիոֆիզիկա, լազերային տեխնոլոգիա) մաթեմատիկայի (կոմպլեքս փոփոխականի ֆունկցիաների տեսություն, կոմբինատորային ինտեգրալ երկրաչափություն, դիֆերենցիալ հավասարումներ ու ֆունկցիոնալ անալիզ, ալգորիթմական լեզուներ), մեխանիկայի (անիզոտրոպ, անհամասեռ առածգական մարմիններ, մագնիսաառածգականության և առածգականության մաթեմատիկական տեսություն), քիմիայի (լակտոնները քիմիա), կենսաբանության բնագավառներում: Բնագիտական ավանդական դպրոցների գործառնանը զուգընթաց ձևավորվում են գիտական նոր ուղղություններ ու թեմաներ, որոնց զարգացումը խթանում է միջազգային համագործակցությունը: Հունամիտար գիտությունները հիմնականում ներառում են հայագիտությունը, հայ լեզվաբանական և փիլիսոփայական փաստարկման հայտնի դպրոցները:

Երևանի պետական համալսարանի միջազգային կապերը սկիզբ են առել նրա հիմնադրման առաջին տարիներից: Հայրենիքի ազգային անդրանիկ կրթօջախը փորձված բարձրորակ դասախոսների անհրաժեշտություն էր զգում: Եվրոպայի հայտնի համալսարաններից Երևան տեղափոխվեցին բազմաթիվ հայազգի անվանի գիտնականներ: Միաժամանակ նրանց կապերի շնորհիվ Եվրոպայի համալսարանների հետ ստեղծվեցին ակադեմիական առնչություններ: 1926-1927 ուսումնական տարիներից համալսարան ուսումնառության եկան առաջին սփյուռքահայերը: Ան-

ցած տասնամյակների ընթացքում համալսարանում սովորել են հազարավոր օտար-երկրացիներ աշխարհի շատ երկրներից, այդ թվում բազմաթիվ սփյուռքահայեր: Նրանցից շատերը պաշտպանել են թեկնածուական և դոկտորական ատենախոսություններ:

Ներկայումս համալսարանը համաձայնագրեր ունի աշխարհի 25 երկրների 74 համալսարանների և գիտական կենտրոնների հետ: Միջազգային համագործակցության շրջանակները ներառում են ուսումնագիտական գործունեության բոլոր ոլորտները: Փոխանակումներին տարեկան մասնակցում են 200-250 մարդ: Համալսարանը ակտիվ մասնակցություն ունի միջազգային գիտատեխնիկական և ուսումնական ծրագրերին, որոնք և՛ ֆինանսական կարևոր աղբյուր են, և՛ մեր գիտության և կրթության միջազգայնացման հիմնական միջոց: Երևանի պետական համալսարանն այսօր համալսարանականների միջազգային ընկերակցության, եվրոպական համալսարանների ընկերակցության, համալսարանների նախագահների միջազգային ընկերակցության լիիրավ անդամ է:

1990-ական թվականների սկզբին հանրապետությունում ստեղծված քաղաքական, գաղափարական, տնտեսական և մշակութային նոր իրադրությունը միանգամայն այլ պահանջներ էր ներկայացնում կրթությանը, ինչն անհրաժեշտ էր դարձնում ոչ միայն պահպանել համալսարանի լավագույն ավանդույթները, այլև ձեռք բերել կրթության նոր որակ: Այդ նոր համալսարանի կայացմանն էր ուղղված Հայաստանի Հանրապետության նախագահի 1992 թ. հրամանագիրը ԵՊՀ-ին առանձնաշնորհելով ինքնավար կրթական, գիտական և մշակութային հաստատության կարգավիճակ:

Համալսարանը նախաձեռնեց իր վերափոխումը, որը կազմակերպվեց երկու ուղղությամբ:

1. ԵՊՀ-ի գործունեության վերափոխման իրավական հիմքի ստեղծում, որը սկիզբ առավ 1992թ. համալսարանի նոր օրինադրության մշակումով, ինչը կիրառման մեջ դրվեց 1996թ. ՀՀ կառավարության կողմից հաստատվելուց հետո: 1999թ. ընդունված «Կրթության մասին» ՀՀ օրենքը վերջնականապես վերահաստատեց ԵՊՀ-ի իբրև կրթության և գիտության կենտրոնի ինքնավարությունը, ինչպես նաև առհասարակ համալսարանական կրթության ազատականությունը:

2. Բուն կրթական համակարգի վերափոխում: Այսպիսով ԵՊՀ-ի առջև ծառայած էին ներհակ խնդիրներ. մի կողմից անխուսափելի էր դառնում միջազգային կրթական չափանիշների ընդունումը, մյուս կողմից սեփական ավանդույթների պահպանումը և ազգային արժեքների վերագտնումը: Նշված հանգամանքները համալսարանի վերափոխումը դարձնում էին բավականին բարդ, համապարփակ՝ ներառելով իրավական, սոցիալական և այլ բազմափուլ հայեցակետեր:

Վերափոխման առաջին փուլը (1993-1999) ընդգրկում էր համալսարանի գործունեության բոլոր կողմերը՝ կրթության կառուցվածքը (անցում եռաստիճան կրթական համակարգի), բովանդակությունը (ուսումնական ծրագրերի նորացում), ուսումնական գործընթացը (ուսանողների գիտելիքների գնահատման նոր կանոնակարգի, կրթական նոր տեխնոլոգիաների ներդրում և այլն), միջազգային կապերը և այլն:

1995-96 ուսումնական տարվանից գործածության մեջ դրվեցին բակալավրիատի ուսումնական նոր ծրագրերը: Նրանցում պահպանված էր ԵՊՀ-ում ավանդվող դասընթացների հիմնական էությունը՝ լրամշակված միջազգային կրթությանը բնորոշ միջառարկայականության սկզբունքով: Այս շարունակական աշխատանքն է, որ պիտի ստեղծի ԵՊՀ-ի միջազգային ճանաչման հիմքը:

Համալսարանական կրթության համապարփակության ապահովմանն էր ուղղված մի շարք նոր՝ աստվածաբանության, միջազգային հարաբերությունների, քաղաքագիտության, սոցիալական աշխատանքի, արվեստաբանության, օդերևութաբանության, ջրաբանության, թարգմանչական գործի, դեղագիտության և այլ մասնագիտությունների հիմնումը՝ համապատասխան ամբիոններով և հետազոտական հնարավորություններով:

Նոր համակարգի քառամյա գործառնության (1995-99թ.) արդյունքների վերլուծությունը պարզում է, որ վերափոխումն ընդհանուր առմամբ պետք է դրականորեն գնահատել, քանզի մարտավարական հիմնախնդիրը լուծված է, կասեցվել է համալսարանական կրթության անկումը և ձևավորվում են ռազմավարական նպատակի իրագործումն ապահովող մի շարք բաղադրիչներ: Այս կապակցությամբ վերջին երեք-չորս տարիների ընթացքում ձեռնարկվել են բազմաբնույթ միջոցառումներ, որոնց հետևանքով ուսումնագիտական ամբողջ համակարգը իր կառույցներով համալրվել է մեծ թվով կոմպյուտերներով, որոնց հենքի վրա ստեղծվել է ներքին համալսարանական տեղեկատվական ցանց, որը միացված է համաշխարհային ինտերնետ տեղեկատվական ցանցին: Կոմպյուտերացման պրոցեսում է ամբողջ գրադարանային համալիրը, այն միացված է համաշխարհային հատուկ գրադարանային ցանցին: Ստեղծվում է էլեկտրոնային քարտայան մոտ երկու միլիոն կտոր գրքերի համար:

Համալսարանի վերափոխման քառամյա գործունեության արդյունքում նախադրյալներ են ստեղծվել նրա առաջընթացի համար: ԵՊՀ-ն անցնում է վերափոխման երկրորդ՝ զարգացման փուլ, որն ունի իր խնդիրները.

– իրացնել օրենսդրորեն սահմանված ինքնավարությունը, ամբողջացնել համալսարանական կրթական քաղաքականությունը,

– երիտասարդացնել համալսարանի գիտամանկավարժական կազմը՝ նրա պատրաստակալությունը համապատասխանեցնելով 21-րդ դարի փոփոխվող հասարակության պահանջներին,

– խթանել համալսարանի ակադեմիական ու գիտական առանձնահատկությունների զարգացմանը, համալսարանական գիտության առաջընթացը ծառայեցնել կրթության որակի բարձրացմանը,

– հայագիտության համապարփակ զարգացման հիմքի վրա ապահովել հումանիտար կրթության պատշաճ մակարդակ՝ ուղղված էթնոկիրների ու հասարակության մշակութային ազդեցականացմանը և նոր արժեքների հաստատմանը,

– ապահովել համալսարանի բարձր վարկը տարածաշրջանում և իրագործել նրա համազգային պատասխանատվությունը:

Կրթությունը միտված է ապագայի, ուստի պիտի ապահովենք համալսարանի զարգացումը՝ այն լավագույնս հարմարեցնելով 21-րդ դարում ազգային ու համամարդկային խնդիրների լուծմանը:

Հայ գրերի գյուտից սկսվող, մաշտոցյան առաջին դպրոցներից մինչև այսօրվա Հայաստանի անկախ Հանրապետության ազգային մեծ համալսարանը ձգվող մեր գիտության և մշակույթի նվաճումների ճանապարհի բարձրակետում հպարտությամբ նայենք մեր անցած ճանապարհին, հիշենք մեծ ու փոքր մեր երախտավորներին և առօրյա հոգսերով ծանրաբեռ, մեր բաժին պատասխանատվության զգացումով գործի լծված՝ կերտենք մեր գիտության, ժողովրդի, երկրի բարեկեցիկ ապագան:

УДК 519.217

М.Ю.МОВСИСЯН, С. М. НАРИМАНЯН

РАВНОМЕРНАЯ РАСПРЕДЕЛЕННОСТЬ СЛУЧАЙНЫХ
 БЛУЖДАНИЙ НА СЧЕТНЫХ ГРУППАХ

В работе получен ряд достаточных условий, обеспечивающих равномерную распределенность случайных блужданий как на произвольных, так и на некоторых конкретных счетных группах.

1. Пусть X_n – однородная марковская цепь со счетным фазовым пространством E и n -шаговыми переходными вероятностями $p(n, x, y)$, $x, y \in E$. Везде в дальнейшем предполагается, что рассматриваемые цепи неприводимы и непериодичны. Тогда известно (см. , напр. , [1]), что существует $\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{p(n, x, y)}$ и не зависит от x и y . Обратную величину этого предела обозначим через ρ и назовем спектральным радиусом цепи X_n . Если \mathcal{A} – класс всех подмножеств пространства E , то оператор сдвига P , связанный с цепью X_n , действует в пространстве \mathcal{A} -измеримых функций по формуле

$$Pf(x) = \sum_{y \in E} p(x, y)f(y) ; p(x, y) = p(1, x, y).$$

Функция $f \geq 0$ называется α -гармонической для X_n , если $\alpha Pf = f$, и α -эксцессивной, если $\alpha Pf \leq f$, где $\alpha > 0$. Множество α -гармонических функций образует выпуклый конус, крайние точки которого называются α -минимальными гармоническими функциями.

Приведем два известных и необходимых нам результата из граничной теории Мартина [2].

а) Разложение Рисса. Каждая α -эксцессивная функция f единственным образом представляется в виде

$$f(x) = G_\alpha [f(x) - \alpha Pf(x)] + h_\alpha(x), \tag{1}$$

где h_α – α -гармоническая функция, а $G_\alpha \varphi$ – потенциал функции $\varphi \geq 0$, т. е.

$$G_\alpha \varphi(x) = \sum_{y \in E} g_\alpha(x, y)\varphi(y), \quad g_\alpha(x, y) = \sum_{m=0}^{\infty} \alpha^m p(m, x, y). \tag{2}$$

б) Представление Шоке. Всякая α -гармоническая функция f допускает единственное интегральное представление через α -минимальные гармонические функции:

$$f(x) = \int_B f_\beta(x) \nu(d\beta), \tag{3}$$

где $B = \{\beta\}$ – граница Мартина цепи X_n , находящаяся во взаимно-однозначном

соответствии с множеством α -минимальных гармонических функций, а ν – вероятностная спектральная мера Мартина.

Замечание 1. Если $\alpha > \rho$, то не существует α -гармоническая функция, кроме тождественно равной нулю.

Действительно, пусть $f \neq 0$ – некоторая α -гармоническая функция для X_n , причем $\alpha > \rho$. Выберем β так, чтобы $\rho < \beta < \alpha$. Ясно, что f – β -эксцессивная функция и в силу (1):

$$f(x) = G_\beta [f(x) - \beta P f(x)] + h_\beta(x).$$

Но поскольку $\beta > \rho$, то из (2) получаем, что функция Грина $g_\beta(x, y) = \infty$, т. е. $G_\beta \equiv \infty$. Следовательно, $\beta P f = f$. Сопоставляя это с равенством $\alpha P f = f$, получим $f \equiv 0$.

2. Начиная с этого момента будем считать, что множество состояний E цепи X_n является группой с единицей e . Если переходные вероятности удовлетворяют условию $p(x, y) = p(e, x^{-1}y)$ (тогда, конечно, $p(gx, gy) = p(x, y)$ для любого $g \in E$), то говорят, что цепь X_n инвариантна слева. Инвариантные марковские цепи в E будем называть случайными блужданиями на группе E . Случайное блуждание на E называется симметричным, если $p(e, x) = p(e, x^{-1})$ для любого $x \in E$.

Наша цель изучить вопрос о существовании и виде предела

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{p(n-s, e, x)}{p(n, e, y)}; \quad x, y \in E, \quad s \geq 0.$$

Разумеется, этот предел существует далеко не всегда, и задача нетривиальна лишь тогда, когда и числитель и знаменатель стремятся к нулю. Особенно важен случай, когда этот предел равен 1.

Определение. Скажем, что случайное блуждание X_n на группе E равномерно распределено, если для любых $x, y \in E$ и $s \geq 0$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{p(n-s, e, x)}{p(n, e, y)} = 1.$$

Известен следующий результат [3].

Лемма 1. Пусть X_n – финитное случайное блуждание на группе E со спектральным радиусом $\rho = 1$. Тогда для любого $x \in E$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{p(n-1, e, x)}{p(n, e, x)} = 1.$$

Здесь финитность блуждания X_n означает, что для любого $x \in E$ лишь для конечного числа y -ов $p(x, y) > 0$.

Для доказательства основного результата (теорема 1) нам нужна еще одна вспомогательная

Лемма 2. Если X_n – финитное случайное блуждание на группе E со спектральным радиусом $\rho = 1$, то семейство функций

$$\varphi_n(x, s) = \frac{p(n-s, x, e)}{p(n, e, e)}, \quad s < n,$$

для достаточно больших n равномерно ограничено.

В самом деле,

$$\varphi_n(x, s) \leq \frac{1}{c} \cdot \frac{p(n-s+M, e, e)}{p(n, e, e)},$$

где M выбран так, что $p(M, e, x) > 0$, а $c = \min_{z \in E} p(M, e, z)$. Осталось применить лемму I.

Теорема 1. Пусть X_n – финитное случайное блуждание на группе E со спектральным радиусом $\rho = 1$. Если для X_n единственной гармонической функцией является константа, то X_n равномерно распределено на E .

Доказательство. Имеем очевидное представление

$$\varphi_n(x, s) = \sum_{y \in E} p(x, y) \varphi_n(y, s+1), \quad (4)$$

которое означает, что функции $\varphi_n(x, s)$ при $s \leq n$ гармоничны для пространственно-временного процесса $X \times T$. Здесь T – детерминированное движение на множестве $\{0, 1, 2, \dots\}$. В силу леммы 2 множество предельных точек семейства $\{\varphi_n\}$ не пусто. Пусть $\varphi(x, s)$ – некоторая предельная точка этого семейства: $\varphi(x, s) = \lim_{k \rightarrow \infty} \varphi_{n_k}(x, s)$. Записав (4) для φ_{n_k} и переходя к пределу, получаем, что

$$\varphi(x, s) = \sum_{y \in E} p(x, y) \varphi(y, s+1), \quad (5)$$

при этом существенно используя финитность блуждания X_n . Получили, что функция $\varphi(x, s)$ – гармоническая для процесса $X \times T$. Известно [4], что такая функция представляется в виде $\varphi(x, s) = \alpha^s f(x)$, где f – α -гармоническая функция для X_n . Теперь из (3) и замечания 1 имеем представление

$$\varphi(x, s) = \int_{B_1} f_\beta(x) \nu(d\beta) + \int_{\substack{U \\ \alpha < 1}}^{B_\alpha} f_\beta(x) \alpha^s \nu(d\beta \times d\alpha), \quad (6)$$

где B_α – множество α -минимальных гармонических функций для X_n при $\alpha = 1$ с нормировкой $f(e) = 1$. Покажем, что второе слагаемое в правой части (6) равно 0. В самом деле, по лемме 1 $\varphi(e, s) = 1$, и поэтому

$$1 - \int_{B_1} f_\beta(e) \nu(d\beta) = \int_{\substack{U \\ \alpha < 1}}^{B_\alpha} f_\beta(e) \alpha^s \nu(d\beta \times d\alpha). \quad (7)$$

В (7), устремив $s \rightarrow \infty$, получим $\nu(B_1) = 1$, т. е. мера Мартина полностью сосредоточена на множестве гармонических (1-гармонических) функций. Итак,

$$\varphi(x, s) = \int_{B_1} f_\beta(x) \nu(d\beta),$$

откуда, поскольку единственная гармоническая функция для X_n есть константа, а $\varphi(e, s) = 1$, следует, что $\varphi(x, s) \equiv 1$. Таким образом, для компактного семейства $\{\varphi_n\}$ единственной предельной точкой является функция $\varphi(x, s) \equiv 1$. Осталось учитывать инвариантность переходных вероятностей. Теорема доказана.

Следствие. Пусть E – нильпотентная группа, X_n – финитное случайное блуждание на E . Если его спектральный радиус $\rho = 1$, то X_n равномерно распределено на E . Действительно известно [5], что для произвольного блуждания

на нильпотентной группе только при условии $\rho = 1$ все гармонические функции постоянны. Остается применить теорему 1.

Замечание 2. Аналогичный следствию результат верен и для абелевых групп. Однако в [1] совершенно другим методом доказывается, что лишь условие $\rho = 1$ (финитности от X_n не требуется) обеспечивает равномерную распределенность блуждания X_n на абелевой группе.

3. Здесь коротко обсудим вопрос о равномерной распределенности для симметричных случайных блужданий на счетных группах.

Определение. Группа E называется аменабельной, если для любого симметричного случайного блуждания на E его спектральный радиус $\rho = 1$.

Лемма 3. Пусть $E = \{x_1, x_2, \dots\}$ – счетная группа. Если всякая подгруппа E_n , порожденная множеством $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, аменабельна, то и группа E аменабельна.

В самом деле, пусть $p(e, x)$ – переходные вероятности некоторого симметричного блуждания X_n на E и пусть $\varepsilon > 0$. Применим метод урезания: выберем x_1, x_2, \dots, x_n таким образом, чтобы

$$\sum_{i=1}^n p(e, x_i^{\pm 1}) = 1 - \varepsilon_1 > 1 - \varepsilon,$$

и рассмотрим на E_n случайное блуждание Y_n с переходными вероятностями $q(e, x_i^{\pm 1}) = (1 - \varepsilon_1)^{-1} p(e, x_i^{\pm 1})$. Очевидно, что $p(n, e, e) \geq (1 - \varepsilon_1)^n q(n, e, e)$. Отсюда, учитывая, что Y_n – симметричное блуждание на аменабельной группе E_n , немедленно получим $\rho = 1$ для блуждания X_n на группе E .

Лемма 4. Если для любого финитного симметричного блуждания на группе E его спектральный радиус равен 1, то это верно и для любого (не обязательно финитного) симметричного блуждания на E .

Доказательство можно провести методом урезания, подобно лемме 3. Так как разрешимые, в частности, и нильпотентные группы аменабельны [3], то в силу последних двух лемм и следствия теоремы 1 можем сформулировать такой результат.

Теорема 2. Если E – счетная нильпотентная группа, то любое симметричное случайное блуждание на E равномерно распределено.

Отметим, что аналогичный теореме 2 результат совершенно другими методами был получен в [6].

*Кафедра теории вероятностей и
математической статистики*

Поступила 08.04.1999

ЛИТЕРАТУРА

1. Наримания С.М. Предельная теорема об отношениях для случайного блуждания на группах. – Вестник МГУ, Мат., Мех., 1975, №6, с. 17-24
2. Дынкин Е.Б., Юшкевич А.А. Теоремы и задачи о процессе Маркова. М.: Наука, 1967.
3. Наримания С.М. Некоторые эргодические теоремы для цепей Маркова: Автореф. дис. на соискание уч. ст. канд. физ.-мат. наук, М.: МГУ, 1980.
4. Молчанов С.А. Граница Мартина прямого произведения марковских процессов. – Сиб. матем. журн., 1970, т. XI, №2, с. 370-380.
5. Наримания С.М. О единственности гармонических функций для случайных блужданий на счетных группах. – Уч. записки ЕГУ, 1997, №2 (187), с. 3-7.
6. Aves A. Limite de quotients pour des marches aleatoires sur des groups. – Comptes Rendus, 1973, v. 276, №4, p. 317-320.

Մ.ՅՈՒ. ՄՈՎՍԻՍՅԱՆ, Ս. Մ. ՆԱԻԲՆԱՆՅԱՆ

**ՀԱՇՎԵԼԻ ԽՄԲԵՐԻ ՎՐԱ ՊԱՏԱՀԱԿԱՆ ԹԱՓԱՌՈՒՄՆԵՐԻ
ՀԱՎԱՍԱՐԱՉԱՓ ԲԱՇԽՎԱԾՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ**

Ա ն փ ո փ ու մ

Աշխատանքում ստացված են մի շարք բավարար պայմաններ, որոնք ապահովում են ինչպես կանայական, այնպես էլ որոշ հայտնի հաշվելի խմբերի վրա պատահական թափառումների հավասարաչափ բաշխվածությունը:

УДК 517.11

А.А. МАШУРЯН, Г.Р. АСАТРЯН

О КЛАССИФИКАЦИИ АРИФМЕТИЧЕСКИХ ФОРМУЛ
 НА ОСНОВЕ КЛАССИФИКАЦИИ М-АРИФМЕТИК

Эта статья посвящена исследованию синтаксиса теории индукции. В начале статьи мы описываем основные формализмы этой теории – М-арифметики без антифинитных аксиом и классифицируем некоторую совокупность из известных арифметических соотношений по признаку их доказуемости в той или иной М-арифметике. Во второй части статьи доказываем теорему 5 о противоречивости М-арифметики PM , что позволяет естественным образом частично упорядочить основные М-арифметики в виде диаграммы, приведенной в конце статьи.

В отличие от традиционно исследуемых арифметических теорий, рассматриваемых, напр., в [1], имеющих только бесконечные модели, М-арифметики, впервые введенные в [2], имеют и конечные модели – унарны конечной характеристики. Это обстоятельство дает возможность “беспристрастного” изучения аксиомы индукции, в результате чего возникает новая математическая теория, представленная своими тремя направлениями (синтаксис, семантика и функционалогия унарнов) в [3] и названная в [4] теорией индукции. Наименьшей из М-арифметик является $Minar$ – теория, описывающая необходимый минимум для изучения аксиомы индукции, т. е. саму эту аксиому, аксиомы равенства и операции перехода к последователю. Однако наше исследование мы основываем на следующей “по величине” М-арифметике – на абсолютной М-арифметике AM , являющейся наименьшей из М-арифметик, язык которой содержит символы для операций сложения и умножения:

Система собственных аксиом AM следующая:

- 1) $x = y \supset (x = z \supset y = z)$,
- 2) $x = y \supset x' = y'$,
- 3) $x + 0 = x$,
- 4) $x + y' = (x + y)'$,
- 5) $x \cdot 0 = 0$,
- 6) $x \cdot y' = x \cdot y + x$,
- 7) $\alpha(0) \supset (\forall x(\alpha(x) \supset \alpha(x')) \supset \forall x\alpha(x))$ для каждой формулы $\alpha(x)$ со свободной переменной x .

Остальные рассматриваемые в данной статье М-арифметики получаются из AM добавлением к ее аксиоматике одной или двух из следующих формул (аксиомы Пеано) или их отрицаний: $P1) \forall x(x' \neq 0)$, $P2) \forall x\forall y(x' = y' \supset x = y)$.

Таким образом основными М-арифметиками являются

- 1) AM ,
- 2) $M_1M = AM + P1$,
- 3) $M_2M = AM + P2$,
- 4) $\overline{M_1M} = AM + \neg P1$,
- 5) $\overline{M_2M} = AM + \neg P2$,
- 6) $\overline{M_1M} + P2$,
- 7) $\overline{M_2M} + P1$,
- 8) $PM = AM + P1 + P2$ (фактически, PM – общеизвестая арифметика Пеано – формализм S из [1]),
- 9) $\overline{PM} = AM + \neg P1 + \neg P2$.

Определение. Алгебраическая система (A, a_0, φ) , где $A \neq \emptyset$, $a_0 \in A$, $\varphi: A \rightarrow A$, называется унаром, если из

$$1) X \subseteq A, 2) a_0 \in X, 3) x \in X \Rightarrow \varphi(x) \in X$$

следует, что $X = A$.

Определение. Унар, изоморфный унару $(\{0, 1, \dots, n+k-1\}, 0, \varphi)$, $k > 0$, с

$$\varphi(x) = \begin{cases} x+1, & \text{если } x \neq n+k-1, \\ n, & \text{если } x = n+k-1, \end{cases}$$

называется унаром характеристики (n, k) .

Определение. Формулу арифметического языка мы называем

- а) абсолютно доказуемой, если она является теоремой АМ,
- б) Т-формулой (где Т – какая либо М-арифметика), если она является теоремой Т, но не доказуема ни в одной из вышеперечисленных М-арифметик, не являющихся надтеориями Т;
- в) пеановой, если она – РМ-формула.

Теорема 1. Следующие формулы абсолютно доказуемы:

- а) все формулы, необходимые и (в совокупности) достаточные для того, чтобы утверждать, что АМ-теория с равенством в сигнатуре $(0, ', +, \cdot, =)$;
- б) сложение и умножение коммутативны, ассоциативны и взаимосвязаны дистрибутивным законом;
- в) для любых натуральных чисел m, n и любого терма $t: t \neq 0 \supset \exists y (y' = t)$,

$$t \cdot \bar{1} = t, \quad \overline{m+n} = \overline{m} + \overline{n}, \quad \overline{m \cdot n} = \overline{m} \cdot \overline{n}, \quad t + \overline{n} = t^{(n)},$$

где, как обычно, запись $t^{(n)}$ означает терм $\overbrace{t \dots t}^{n}$;

- г) формальные варианты свойств отношения неравенства, кроме перечисленных в теоремах 2, 3 и 4.

д) все обычные свойства делимости, кроме соотношения $t|s \ \& \ s|t \supset t = s$; при этом $t|s$ (t делит s) означает формальный вариант отношения делимости и вводится как сокращение формулы $\exists y (s = t \cdot y)$.

Доказательство. Пункт а) имеется в [5]. Для доказательства остальных пунктов достаточно заметить, что в доказательствах из [1] этих формул в арифметике Пеано, аксиомы Пеано P1 и P2 не используются.

Теорема 2. Следующие формулы пеановы:

- 1) $t + s = \bar{1} \supset ((t = 0 \ \& \ s = \bar{1}) \vee (t = \bar{1} \ \& \ s = 0))$,
- 2) $t \cdot s = \bar{1} \supset (t = \bar{1} \ \& \ s = \bar{1})$, 9) $x = 0 \vee \dots \vee x = \bar{k} \equiv x \leq \bar{k}$,
- 3) $s \neq 0 \supset (t \cdot s = r \cdot s \supset t = r)$, 10) $A(0) \ \& \ \dots \ \& \ A(\bar{k}) \equiv \forall x (x \leq \bar{k} \supset A(x))$,
- 4) $m \neq n \Rightarrow \overline{m} \neq \overline{n}$, 11) $x = 0 \vee \dots \vee x = \overline{k-1} \equiv x < \bar{k}$ (для $k > 0$),
- 5) $t < s \supset s \leq t$, 12) $A(0) \ \& \ \dots \ \& \ A(\overline{k-1}) \equiv \forall x (x < \bar{k} \supset A(x))$,
- 6) $t \leq r \equiv t < r'$, 13) $\forall x (\forall z (z < x \supset A(z)) \supset A(x)) \supset \forall x A(x)$,
- 7) $r \neq 0 \supset (t < s \equiv t \cdot r < s \cdot r)$, 14) $A(x) \supset \exists y (A(y) \ \& \ \forall z (z < y \supset \neg A(z)))$,
- 8) $t \leq r \ \& \ r \leq t \supset t = r$, 15) $t|s \ \& \ s|t \supset t = s$.

Доказательство. Доказуемость этих формул имеется в [1]. Остается доказать, что они при $T \neq PM$ не являются теоремами Т. Для этого для каждой из этих

формулу укажем модель соответствующей теории, в которой эта формула ложна (т. к. приводимые ниже модели являются унарными, будем указывать только характеристику унарных). При этом с учетом следствия из теоремы 5 достаточно рассмотреть случаи $T = \overline{M_1M}$ и $T = \overline{M_2M}$.

$$1) \overline{M_1M} : (0,3), t = s = \bar{2};$$

$$\overline{M_2M} : (1,1), t = s = \bar{1};$$

$$9) \overline{M_1M} : (0,2), k = 0, x = 1;$$

$$\overline{M_2M} : (1,2), k = 1, x = 2;$$

$$2) \overline{M_1M} : (0,3), t = s = \bar{2};$$

$$\overline{M_2M} : (1,3), t = s = \bar{2};$$

$$10) \overline{M_1M} : (0,2), k = 0, A(x) \stackrel{def}{=} x = 0;$$

$$\overline{M_2M} : (1,2), k = 1, A(x) \stackrel{def}{=} x = 0 \vee x = \bar{1};$$

$$3) \overline{M_1M} : (0,4), s = t = \bar{2}, r = 0;$$

$$\overline{M_2M} : (1,2), s = t = \bar{2}, r = \bar{1};$$

$$11) \overline{M_1M} : (0,3), k = 1, x = 2;$$

$$\overline{M_2M} : (1,2), k = 1, x = 2;$$

$$4) \overline{M_1M} : (0,2), m = 3, n = 1;$$

$$\overline{M_2M} : (1,1), m = 2, n = 1;$$

$$12) \overline{M_1M} : (0,3), k = 1, A(x) \stackrel{def}{=} x = 0;$$

$$\overline{M_2M} : (1,2), k = 1, A(x) \stackrel{def}{=} x = 0;$$

$$5) \overline{M_1M} : (0,2), t = \bar{1}, s = 0;$$

$$\overline{M_2M} : (1,2), t = \bar{1}, s = \bar{2};$$

$$13) \overline{M_1M} : (0,2), A(x) \stackrel{def}{=} x = x';$$

$$\overline{M_2M} : (1,1), A(x) \stackrel{def}{=} x = 0;$$

$$6) \overline{M_1M} : (0,1), t = r = 0;$$

$$\overline{M_2M} : (1,2), t = \bar{2}, r = 0;$$

$$14) \overline{M_1M} : (0,2), A(x) \stackrel{def}{=} x = x;$$

$$\overline{M_2M} : (1,2), A(x) \stackrel{def}{=} x = \bar{1} \vee x = \bar{2};$$

$$7) \overline{M_1M} : (0,4), r = t = \bar{2}, s = 0;$$

$$\overline{M_2M} : (2,2), r = \bar{2}, t = \bar{3}, s = \bar{1};$$

$$15) \overline{M_1M} : (0,3), t = \bar{1}, s = \bar{2};$$

$$\overline{M_2M} : (1,3), t = \bar{1}, s = \bar{2}.$$

$$8) \overline{M_1M} : (0,2), t = 0, r = \bar{1};$$

$$\overline{M_2M} : (1,2), t = \bar{1}, r = \bar{2};$$

Теорема 3. Следующие формулы являются M_1M -формулами:

$$1) t + s = 0 \supset (t = 0 \& s = 0),$$

$$6) t < r \equiv t' \leq r,$$

$$2) t \neq 0 \supset (s \cdot t = 0 \supset s = 0),$$

$$7) t < t',$$

$$3) t < s \supset (s < r \supset t < r),$$

$$8) r > 0 \supset (t > 0 \supset r \cdot t > 0),$$

$$4) t \leq s \supset (s < r \supset t < r),$$

$$9) r \neq 0 \supset (t > \bar{1} \supset t \cdot r > r),$$

$$5) 0 < t',$$

$$10) t \leq 0.$$

Доказательство. В доказательствах этих формул в РМ аксиома Р2 не используется. Остановимся на неопускаемости. Достаточно рассмотреть случай $T = \overline{M_1M}$. Как и в случае доказательства теоремы 2, ниже указываем только характеристики унарных:

$$1) (0,2), t = s = \bar{1};$$

$$6) (0,1), t = r = 0;$$

$$2) (0,4), t = s = \bar{2};$$

$$7) (0,1), t = 0;$$

$$3) (0,2), t = r = 0, s = \bar{1};$$

$$8) (0,4), r = t = \bar{2};$$

4) $(0,2), t = r = 0, s = \bar{1}$;

9) $(0,4), r = \bar{2}, t = \bar{3}$;

5) $(0,2), t = \bar{1}$;

10) $(0,2), t = \bar{1}$.

Теорема 4. Следующие формулы являются M_2M -формулами:

1) $t + s = r + s \supset t = r$,

2) $t \triangleleft t$,

3) $t < s \equiv t + r < s + r$.

Доказательство. В доказательствах этих формул в РМ аксиома Р1 не используется. Поэтому достаточно доказать, что они не являются теоремами $T = M_2M$. Укажем соответствующие модели:

1) $(1,2), t = 0, r = \bar{2}, s = \bar{1}$;

2) $(1,1), t = \bar{1}$;

3) $(1,1), t = \bar{1}, s = 0, r = \bar{1}$.

Перейдем к классификации М-арифметик.

Теорема 5. Теория \overline{PM} противоречива.

Доказательство. Доказательство проводим построением противоречия в \overline{PM} в традиционной форме формального вывода – конечной последовательности формул, сопровождаемой анализом вывода. При этом обоснование вхождения некоторой формулы в эту последовательность, заключающееся в применении некоторого допустимого средства X к предыдущим формулам номеров n_1, \dots, n_k , записываем операторно в виде $X(n_1, \dots, n_k)$.

1) $\exists x (x' = 0)$ аксиома \overline{PM} ,

2) $a' = 0$ С-правило (1),

3) $\exists x \exists y (x' = y' \ \& \ x \neq y)$ аксиома \overline{PM} ,

4) $b' = c' \ \& \ b \neq c$ С-правило (3),

5) $b' = c'$ тавтология (4),

6) $b \neq c$ тавтология (4),

7) $\forall x \forall y \forall z (x = y \supset x + z = y + z)$ теорема АМ,

8) $b' = c' \supset b' + a = c' + a$ правило индивидуализации (7),

9) $b' + a = c' + a$ МР (5,8),

10) $\forall x \forall y (x' + y = x + y')$ теорема АМ,

11) $b' + a = b + a'$ правило индивидуализации (10),

12) $c' + a = c + a'$ правило индивидуализации (10),

13) $b + a' = c + a'$ транзитивность равенства (11, 9, 12),

14) $b = c$ свойство нуля (2, 13),

15) $b = c \ \& \ b \neq c$ тавтология (14, 6),

16) $(b = c \ \& \ b \neq c) \supset \exists x \exists y (x = y \ \& \ x \neq y)$ \exists -введение (15),

17) $\exists x \exists y (x = y \ \& \ x \neq y)$ (противоречие) МР(15, 16).

Лемма о непротиворечивом расширении ([1], [5]). Пусть теория Т непротиворечива, и α – замкнутая формула в языке Т. Тогда α доказуема в Т ($T \vdash \alpha$) в том и только в том случае, если теория $T + \neg \alpha$ противоречива.

Непосредственным применением этой леммы получаем следующее следствие теоремы 5:

Следствие.

$$1) \overline{M_1M} + P2 = \overline{M_1M},$$

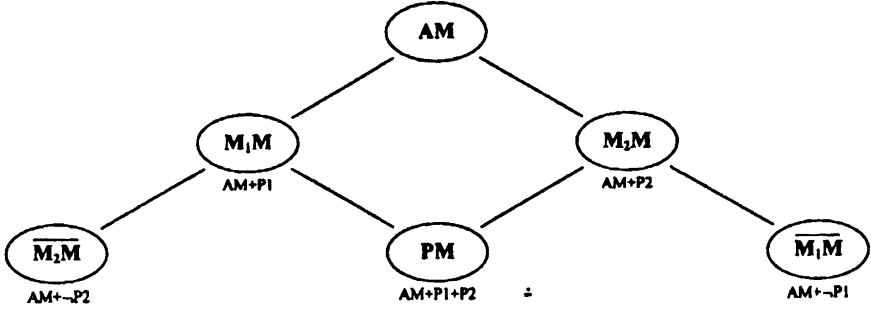
$$3) M_1M \leq \overline{M_2M},$$

$$2) \overline{M_2M} + P1 = \overline{M_2M},$$

$$4) M_2M \leq \overline{M_1M}.$$

Если принимаем непротиворечивость теории PM, то в пунктах 3) и 4) имеют место строгие неравенства.

Резюмируя, получаем следующую диаграмму.



Она представляет взаимосвязи рассмотренных арифметических теорий; при этом линия между двумя теориями означает, что теория, расположенная выше, является подтеорией другой.

Кафедра алгебры и геометрии

Поступила 08.04.1999

ЛИТЕРАТУРА

1. Mendelson E. Introduction to mathematical logic. D. Van Nostrand: Princeton, 1964.
2. Машурян А.С. Непротиворечивость некоторых теорий первого порядка. – Межвуз. сб. ЕГУ: Математика, 1985, №3.
3. Mashuryan A.S.. Polya series and representability of functions in finite models of some arithmetical theories. – Journal of contemporary mathematical analysis. Armenian Acad. of Sci., 1995, v. 30, №1.
4. Машурян А.С. М-арифметики и их модели. – Уч. записки ЕГУ, №1, 1998.
5. Մաշուրյան Ա. Համարողության արվեստի արահետներում. ասույթաբանություն, տրամաբանություն, քվարանություն. Երևան, Նոյյան Տապան, 1997:

Հ.Ա. ՄԱՇՈՒՐՅԱՆ, Գ.Ռ. ԱՍԱՏՐՅԱՆ

М-ӨՎԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԴԱՍԱԿԱՐԳԱՄԱՆ ՀԻՄԱՆ ՎՐԱ
ӨՎԱԲԱՆԱԿԱՆ ԲԱՆԱՁԵՎԵՐԻ ԴԱՍԱԿԱՐԳԱՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Այս հոդվածը նվիրված է վերհանգման տեսության ձևադրության հետազոտմանը: Հոդվածի սկզբում նկարագրում ենք այդ տեսության հիմնական ձևաբանությունները՝ վերջավորաներից հենասույթներից զերծ M-քվարանությունները, և դասակարգում քվարանական հայտնի առնչությունների մի ստվար խումբ ըստ այս կամ այն M-քվարանությունում ապացուցելի լինելու սկզբունքի: Հոդվածի երկրորդ մասում ապացուցում ենք քվարանություններից մեկի հակասականությունը (մակասույթ 5), ինչը հնարավորություն է ընձեռում հիմնական M-քվարանությունները բնական կերպով մասնակիորեն կարգավորելու հոդվածում ներկայացվող գծապատկերի տեսքով:

УДК 515.1

Յ.Ա. ՄԻՐՅԱԽԱՆՅԱՆ

О НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВАХ БЕСКОНЕЧНОМЕРНЫХ ГОМОТОПИЧЕСКИХ ГРУПП ПОДМНОЖЕСТВ ГИЛЬБЕРТОВА ПРОСТРАНСТВА

В этой статье приводятся некоторые свойства построенных в [1,2] бесконечномерных гомотопических групп $\Pi_q(X, x_0)$ и $\Pi_q^c(X, x_0)$ (компактного типа) подмножеств вещественного сепарабельного гильбертова пространства H . Допустимым классом непрерывных отображений служит класс K_0 отображений $f : M \rightarrow H$ подмножеств пространства H [3].

Основными результатами являются: теорема 1 о мономорфности гомоморфизма $\theta : \Pi_q^c(S, x_0) \rightarrow \Pi_q(S, x_0)$, вытекающие из нее следствие о нестягиваемости по себе в точку в классе K_0 единичной сферы S пространства H и теорема 2 о изоморфизме $\Pi_q(X \times Y, (x_0, y_0)) \approx \Pi_q(X, x_0) \oplus \Pi_q(Y, y_0)$.

Будем предполагать фиксированным некоторый произвольный ортонормированный базис $\sigma = \{e_n\}$ пространства H , а для фиксированного целого $q \geq 0$ рассмотрим линейные ограниченные операторы $T_\sigma^q, S_\sigma^q : H \rightarrow H$, задаваемые по формулам:

$$T_\sigma^q(e_n) = e_{n+q},$$

$$S_\sigma^q(e_n) = \begin{cases} 0 & \text{при } n \leq q, \\ e_{n-q} & \text{при } n > q. \end{cases}$$

Рассмотрим теперь бесконечномерные гомотопические группы $\Pi_q^c(S, x_0)$ и $\Pi_q(S, x_0)$ единичной сферы S пространства H . Пусть α – произвольный элемент группы $\Pi_q^c(S, x_0)$ и $f : (H, H \setminus B) \rightarrow (S, x_0)$ (где B – единичный замкнутый шар пространства H) – некоторый сфероид индекса q компактного типа сферы S точки x_0 , принадлежащий классу α . Рассматривая f как сфероид некомпактного типа сферы S точки x_0 и обозначая через $\theta(\alpha)$ элемент группы $\Pi_q(S, x_0)$, имеющий в качестве представителя сфероид f , мы можем построить отображение $\theta : \Pi_q^c(S, x_0) \rightarrow \Pi_q(S, x_0)$. Так как групповые операции в этих группах определяются одинаково, то отображение θ представляет собой гомоморфизм. Справедливо следующее утверждение.

морфизмом при любом целом q .

Доказательство. Будем рассматривать случай $q \leq 0$. В случае $q \geq 1$ доказательство аналогично.

Рассмотрим произвольный элемент α группы $\Pi_q^e(S, x_0)$ и некоторый сфероид $f: (H, H \setminus B) \rightarrow (S, x_0)$ из класса α . В силу определения сфероидов отображение $T_\sigma^{-q} \circ f = \varphi$ принадлежит классу K_0 , множество $M = f^{-1}(b) \subset B$ компактно и терминальная производная $\lambda_\varphi(x)$ отображения φ на нем отлична от нуля. Далее, $\varphi(M) = T_\sigma^{-q}(f(M)) = T_\sigma^{-q}b$, т.е. $\varphi(M)$ есть одна точка, причем $\varphi^{-1}(T_\sigma^{-q}b) = f^{-1}(b) = M$. Следовательно, существуют [4] такое конечномерное подпространство L , содержащее точку $T_\sigma^{-q}b$ и натянутое на первые n векторов базиса σ , такая окрестность $V \subset B$ компакта M и такое положительное число h , что справедливо следующее утверждение: пусть $L^* \supset L$ — произвольное конечномерное подпространство $a \in \bar{V}$ и пусть $E_{a,n}(L^*)$ — множество всех точек $x \in H$, удовлетворяющих условиям $(x-a) \perp L^*$ и $\|x-a\| \leq h$, тогда множество $\varphi(E_{a,n}(L^*)) \cap L^*$ состоит ровно из одной точки. Мы будем предполагать, что подпространство $S_\sigma^{-q}(L)$, натянутое на первые $n - |q|$ векторов базиса σ , содержит точки $T_\sigma^{-q}(x_0)$ и пересекается с внутренностью $B \setminus S$ единичного шара B более чем в одной точке.

Поскольку в силу вышесказанного для любого конечномерного подпространства $L^* \supset L$ и для каждой точки $a \in (\bar{V} \cap L^*)$ множество $\varphi(E_{a,n}(L^*)) \cap L^*$ состоит в точности из одной точки, то, обозначая эту точку через $\varphi_{V,L^*}(a)$, мы получим непрерывное отображение $\varphi_{V,L^*}: (\bar{V} \cap L^*) \rightarrow S \cap L^*$. Далее, положив $f_{V,L^*} = S_\sigma^{-q} \circ \varphi_{V,L^*}$, получим непрерывное отображение $f_{V,L^*}: (\bar{V} \cap L^*) \rightarrow S \cap S_\sigma^{-q}(L^*)$.

Нетрудно показать, что множество $S_\sigma^{-q}(\varphi(E_{a,n}(L^*))) \cap S_\sigma^{-q}(L^*)$ тоже состоит из одной точки и, стало быть, совпадает с множеством $S_\sigma^{-q}(\varphi(E_{a,n}(L^*))) \cap L^*$. Заметив еще, что $S_\sigma^{-q} \circ \varphi = S_\sigma^{-q} \circ (T_\sigma^{-q} \circ f) = (S_\sigma^{-q} \circ T_\sigma^{-q}) \circ f = f$, заключаем, что $S_\sigma^{-q}(\varphi(E_{a,n}(L^*))) \cap S_\sigma^{-q}(L^*) = f(E_{a,n}(L^*)) \cap S_\sigma^{-q}(L^*)$. Таким образом, множество $f(E_{a,n}(L^*)) \cap S_\sigma^{-q}(L^*)$ состоит из одной точки, а именно, из точки $f_{V,L^*}(a)$.

Можно показать, что если $n = \dim L$ достаточно велико, то граница открытого в подпространстве L^* множества $V \cap L^*$ переходит при отображении f_{V,L^*} в множество, не содержащее точку b .

Обозначим теперь через Q_b настолько малую замкнутую окрестность точки b в сфере $S \cap S_\sigma^{-q}(L^*)$, что она не содержит точку x_0 и точек образа границы множества $V \cap L^*$ при отображении f_{V, L^*} . Таким образом, Q_b состоит из всех $x \in S \cap S_\sigma^{-q}(L^*)$, для которых $\|x - b\| \leq \varepsilon$, где ε – фиксированное положительное число, меньшее, чем расстояние от точки b до множества, состоящего из точки x_0 и из точек образа границы множества $V \cap L^*$ при отображении f_{V, L^*} . Множество Q_b представляет собой “искривленный шар”, расположенный на сфере S . Далее, обозначим через $\omega: Q_b \rightarrow S \cap S_\sigma^{-q}(L^*)$ “растягивающее” отображение “искривленного шара” Q_b на сферу $S \cap S_\sigma^{-q}(L^*)$, т. е. отображение, переводящее всю границу (относительно сферы $S \cap S_\sigma^{-q}(L^*)$) множества Q_b в одну точку x_0 сферы $S \cap S_\sigma^{-q}(L^*)$ и гомеоморфно отображающее внутренность множества Q_b на $(S \cap S_\sigma^{-q}(L^*)) \setminus \{x_0\}$. Это отображение $\omega: Q_b \rightarrow S \cap S_\sigma^{-q}(L^*)$ мы можем продолжить в отображении ω сферы $S \cap S_\sigma^{-q}(L^*)$ на себя, положив $\omega((S \cap S_\sigma^{-q}(L^*)) \setminus Q_b) = x_0$.

Теперь мы имеем возможность рассмотреть отображение

$$f_{V, L^*}^* = \omega \circ f_{V, L^*}: (\bar{V} \cap L^*) \rightarrow (S \cap S_\sigma^{-q}(L^*)).$$

Ясно, что граница открытого в подпространстве L^* множества $V \cap L^*$ переходит при отображении f_{V, L^*}^* в точку x_0 . Поэтому, положив $f_{V, L^*}^*((B \cap L^*) \setminus (V \cap L^*)) = x_0$, мы получим непрерывное отображение $f_{V, L^*}^*: B \cap L^* \rightarrow S \cap S_\sigma^{-q}(L^*)$.

В каждом шаре $E_{a, n}(L^*) = \{x \in H; (x - a) \perp L^*, \|x - a\| \leq h\}$, где L^* – произвольное конечномерное подпространство, содержащее L , имеется при любом $a \in V$ не более одной точки x , для которой $\varphi(x) = b$. Иными словами, проектирование вдоль пространства, являющегося ортогональным дополнением подпространства L^* , взаимно однозначно отображает множество $M = f^{-1}(b)$ на плоскость L^* . Поэтому, применяя деформацию, аналогичную деформации $G^{(1)}$, которая применена при доказательстве предложения 4 статьи [4], мы сможем добиться того, чтобы для отображения $\varphi \circ G^{(0)}$ прообраз точки b лежал полностью в плоскости L^* . При этом отображение $\tilde{f} = S_\sigma^{-q} \circ \varphi \circ G^{(0)}$, гомотопное f , представляет собой сфероид, определяющий тот же элемент группы $\Pi_q^c(S, x_0)$, что и сфероид f . Мы можем предполагать поэтому (заменяв f сфероидом \tilde{f}), что сфероид f с самого начала обладал указанным свойством, т. е. $M = f^{-1}(b) \subset L^*$. Более того, применяя указанную деформацию, мы можем добиться того, что само отображение f (а не f_{V, L^*}^*) отображает шар $B \cap L^*$ в сферу $S \cap S_\sigma^{-q}(L^*)$. Иными словами, мы можем предполагать, что $f = f_{V, L^*}^*$ на шаре $B \cap L^*$, т. е. $f(B \cap L^*) \subset S \cap S_\sigma^{-q}(L^*)$.

Отображение f , рассматриваемое на множестве $B \cap L^*$, обозначим через ξ , что, очевидно, отображает всю границу шара $B \cap L^*$ в точку x_0 . С помощью этого отображения ξ мы построим сфероид $f_\xi : (H, H \setminus B) \rightarrow (S, x_0)$ следующим образом.

Пусть x — произвольная точка шара $B \cap L^*$, e — ортогональный к подпространству L^* произвольный единичный вектор. Проведем через точку x прямую, параллельную вектору e . Она пересекается с шаром B по отрезку j_x с концами в точках $x + \mu e$, $x - \mu e$, где $\mu = \sqrt{1 - \|x\|^2}$. Если $\xi(x) = x_0$, то мы положим $f_\xi(j_x) = x_0$, и тем самым отображение f_ξ будет на отрезке j_x определено.

Рассмотрим теперь случай, когда $\xi(x) \neq x_0$, и далее рассмотрим двумерную плоскость, проходящую через точки x_0 и $\xi(x)$ и параллельную вектору $S_\sigma^{-q}(e)$. Эта плоскость высекает из сферы S окружность. На эту окружность мы и отобразим отрезок j_x . Именно, мы положим

$$f_\xi(x + te) = \frac{x_0 + \xi(x)}{2} + \frac{\xi(x) - x_0}{2} \cos 2\gamma + S_\sigma^{-q}(e) \frac{\|\xi(x) - x_0\|}{2} \sin 2\gamma,$$

$$\text{где } \gamma = \text{arctg} \frac{t}{\mu^2 - t^2}.$$

Нетрудно проверить, что этим путем мы можем построить некоторое непрерывное отображение $f_\xi : B \rightarrow S$, которое переводит всю границу шара B в точку x_0 и, следовательно, может быть дополнено до непрерывного отображения $f_\xi : H \rightarrow S$, если положить $f_\xi(H \setminus B) = x_0$. Полученное отображение $f_\xi : H \rightarrow S$ представляет собой сфероид индекса q компактного типа сферы S в точке x_0 . Таким образом, оба сфероида f, f_ξ совпадают между собой на множестве $B \cap L^*$.

Докажем, что сфероиды f и f_ξ определяют один и тот же элемент бесконечномерной гомотопической группы $\Pi_q^c(S, x_0)$. С этой целью заметим, что поскольку для любой точки $x \in E_{a,n}(L^*)$ каждый из векторов $f(x) - f(a)$ и $f_\xi(x) - f_\xi(a) = f_\xi(x) - f(a)$ образует с вектором $x - a$ угол меньше $\frac{\pi}{4}$ (см. пред. 4 статьи [4]), то угол между векторами $f(x) - f(a)$ и $f_\xi(x) - f(a)$ меньше $\frac{\pi}{2}$. Следовательно, точки $f(x)$ и $f_\xi(x)$ не являются диаметрально противоположными точками сферы S , и потому отрезок, соединяющий эти точки, не проходит через центр сферы S (т. е. через нулевую точку пространства H). Поэтому, полагая

$$g_t(x) = \begin{cases} tf(x) + (1-t)f_\xi(x) & \text{при } \rho(x, M) < \varepsilon, \\ t\left(1 - \frac{\rho(x, M) - \varepsilon}{\varepsilon}\right)f(x) + (1-t)\left(1 - \frac{\rho(x, M) - \varepsilon}{\varepsilon}\right)f_\xi(x) & \text{при } \varepsilon \leq \rho(x, M) \leq 2\varepsilon, \\ f_\xi(x) & \text{при } \rho(x, M) > 2\varepsilon, \end{cases}$$

мы получаем деформацию сфероидов в классе K_0 , причем точка $g_t(x)$ для любого $t \in I$ и любого $x \in H$ не совпадает с центром сферы S . Здесь ε – такое положительное число, что 2ε -окрестность множества M содержится в V . Поэтому, спроектировав все точки $g_t(x)$ из центра сферы S на саму сферу S , мы получаем деформацию \tilde{g}_t , протекающую уже в самой сфере S и соединяющую сфероиды \tilde{g}_0 и \tilde{g}_1 . Нетрудно проверить, что полученная деформация \tilde{g}_t является деформацией сфероидов индекса q в классе K_0 . Заметим теперь, что сфероид \tilde{g}_0 совпадает с f_ξ , а сфероид $\tilde{g}_1 = cf$ в ε -окрестности множества M . Из этого вытекает, что $\{f_\xi\} = \{\tilde{g}_0\} = \{\tilde{g}_1\} = \{f\}$; действительно, для того чтобы убедиться, что сфероиды \tilde{g}_1 и f определяют один и тот же элемент бесконечномерной гомотопической группы $\Pi_q^c(S, x_0)$, достаточно взять некоторую достаточно малую окрестность Q точки b в сфере S и растянуть ее на всю сферу S так, чтобы граница множества Q перешла в точку x_0 . Такую “растягивающую деформацию” ω , можно провести в классе отображений K_0 , причем в результате деформаций $\omega_t \circ \tilde{g}_1$ и $\omega_t \circ f$ сфероиды \tilde{g}_1 и f превратятся в один и тот же сфероид (так как \tilde{g}_1 и f совпадают вблизи множества M). Итак, $\{f_\xi\} = \{f\} = \alpha$.

Предположим теперь, что элемент α обладает тем свойством, что $\theta(\alpha) = 0$, и докажем равенство нулю самого элемента α . Из равенства $\theta(\alpha) = 0$ следует, что существует обычная (т. е. некомпактного типа) гомотопия $(f_\xi)_t$, соединяющая сфероид f_ξ с постоянным сфероидом $(f_\xi)_1$. Положим $\xi_t = (f_\xi)_t|_{B \cap L^*}$ и продолжим, как и выше, каждое отображение ξ_t до сфероида $f_{\xi_t} : (H, H \setminus B) \rightarrow (S, x_0)$ компактного типа сферы S точки x_0 . Легко понять, что f_{ξ_t} представляет собой гомотопию компактного типа сфероидов, соединяющую сфероид f_ξ с постоянным сфероидом в точке x_0 . Это и означает, что $\alpha = \{f_\xi\} = 0$, т. е. отображение θ есть мономорфизм.

Замечание. Аналогичным образом можно доказать, что теорема 1 остается справедливой, если единичную сферу S (имеющую дефект 1 относительно H) заменить сферой S_r конечного дефекта r относительно пространства H .

Следствие. В классе K_0 единичная сфера S пространства H нестягиваема по себе в точку.

Действительно, легко показать, что если бы в классе K_0 сфера S была бы стягиваема по себе в точку $x_0 \in S$, то группа $\Pi_q(S, x_0)$ была бы тривиальна при

любом целом q . Между тем из теоремы 1 следует, что не все группы $\Pi_q(S, x_0)$ тривиальны, напр., при $q = 1$, ибо группа $\Pi_q^c(S, x_0) \approx \mathbb{Z}$ (см. [2]).

Замечание. Следует отметить, что в классе всех непрерывных отображений подмножеств пространства H единичная сфера S стягивается по себе в точку. Важность полученного выше факта состоит в том, что в классе K_0 остается справедливым соответствующее утверждение для единичной сферы S^{n-1} евклидова пространства R^n .

Пусть X и Y – такие подмножества пространства H , что $X \subset H_1$ и $Y \subset H_2$, где линейные подпространства H_1, H_2 пространства H обладают тем свойством, что $H = H_1 \dot{\oplus} H_2$. Предположим, далее, что одно из этих подпространств, напр., H_2 имеет конечный дефект в H (стало бы H_1 конечномерно). Положим $Z = X \times Y$ и выберем точки $x_0 \in X$, $y_0 \in Y$ и $z_0 \in Z$, где $z_0 = (x_0, y_0)$. В сделанных обозначениях справедлива следующая теорема о прямой сумме бесконечномерных гомотопических групп.

Теорема 2. Для любого целого q имеет место изоморфизм

$$\Pi_q(Z, z_0) \approx \Pi_q(X, x_0) \oplus \Pi_q(Y, y_0).$$

Доказательство. Рассмотрим отображение $i: (X, x_0) \rightarrow (Z, z_0)$, задаваемое по формуле $i(x) = (x, y_0)$ для всякого $x \in X$; так как i можно представить в виде $i(x) = x + y_0$, то $i \in K_0$. Аналогичным образом заключаем, что отображение $j: (Y, y_0) \rightarrow (Z, z_0)$, задаваемое по формуле $j(y) = (x_0, y) = x_0 + y$, принадлежит классу K_0 . Пусть $\rho: H \rightarrow H_1$ и $q: H \rightarrow H_2$ – отображения ортогонального проектирования; оба эти отображения принадлежат классу K_0 [5]. Очевидно, что $\rho: (Z, z_0) \rightarrow (X, x_0)$, $q: (Z, z_0) \rightarrow (Y, y_0)$ и что $\rho \circ i = \text{id}(X)$, $\rho \circ j = \text{const}$, $q \circ j = \text{id}(Y)$, $q \circ i = \text{const}$. Переходя в этих равенствах к индуцированным гомоморфизмам бесконечномерных гомотопических групп, будем иметь $(\rho \circ i)_* = \rho_* \circ i_* = \text{id}_*$, $\rho_* \circ j_* = 0$, $q_* \circ j_* = \text{id}_*$, $q_* \circ i_* = 0$.

Из этих соотношений, в частности, следует, что гомоморфизмы ρ_* и q_* являются эпиморфизмами, а гомоморфизмы i_* и j_* – мономорфизмами. Зададим отображение $\mu: \Pi_q(Z, z_0) \rightarrow \Pi_q(X, x_0) \oplus \Pi_q(Y, y_0)$, положив $\mu(\alpha) = \rho_*(\alpha) + q_*(\alpha)$ для каждого $\alpha \in \Pi_q(Z, z_0)$. Очевидно, что отображение μ есть гомоморфизм. Нам надлежит доказать, что отображение μ является изоморфизмом. Сначала покажем его эпиморфность. Пусть $\beta = \beta_1 + \beta_2$ – произвольный элемент группы $\Pi_q(X, x_0) \oplus \Pi_q(Y, y_0)$ и $\alpha = i_*(\beta_1) + j_*(\beta_2)$, тогда будем иметь $\rho_*(\alpha) = \rho_*(i_*(\beta_1) + j_*(\beta_2)) = (\rho_* i_*)(\beta_1) + (\rho_* j_*)(\beta_2) = \beta_1 + 0 = \beta_1$. Аналогично $q_*(\alpha) = \beta_2$, следовательно, $\mu(\alpha) = \rho_*(\alpha) + q_*(\alpha) = \beta_1 + \beta_2 = \beta$.

Докажем теперь, что отображение μ мономорфно. Пусть элемент $\alpha \in \Pi_q(Z, z_0)$ обладает тем свойством, что $\mu(\alpha) = 0$; мы должны показать, что $\alpha = 0$. Пусть $f: (H, H \setminus B) \rightarrow (Z, z_0)$ – произвольный сфероид индекса

q множества Z в точке z_0 , принадлежащий классу α , тогда $[f] = \alpha$ и $\rho_*(\alpha) = [q \circ f]$, $q_*(\alpha) = [q \circ f]$. Из $\mu(\alpha) = 0$ следует, что $\rho_*(\alpha) = 0$ и $q_*(\alpha) = 0$. Пусть $\varphi_t : (H, H \setminus B) \rightarrow (X, x_0)$ – гомотопия в классе K_0 сфероидов индекса q , переводящая сфероид $\varphi_0 = \rho \circ f$ в постоянный сфероид φ_1 в точке x_0 , а $\psi_t : (H, H \setminus B) \rightarrow (Y, y_0)$ – гомотопия в классе K_0 сфероидов индекса q , переводящая сфероид $\psi_0 = q \circ f$ в постоянный сфероид ψ_1 в точке y_0 . Положим $h_t(x) = (\varphi_t(x), \psi_t(x))$ для каждой точки $x \in H$, тогда нетрудно проверить, что $h_t : (H, H \setminus B) \rightarrow (Z, z_0)$ – гомотопия в классе K_0 сфероидов индекса q , переводящая сфероид $h_0 = f$ в постоянный сфероид h_1 множества Z в точке z_0 . В самом деле, для каждого $x \in H$ $h_t(x) = \varphi_t(x) + \psi_t(x)$. Из того, что φ_t и ψ_t – гомотопии сфероидов в классе K_0 , следует, что h_t – тоже гомотопия сфероидов в классе K_0 . Итак, $\alpha = 0$, и потому μ – мономорфизм.

Следующее свойство бесконечномерных гомотопических групп является непосредственным следствием приведенной ниже леммы, доказательство которой содержится в [5].

Лемма. Пусть G – открытое подмножество пространства H и $f : G \rightarrow H$ – отображение класса K_0 , тогда если множество $X = f(G)$ конечномерно или локально компактно, то терминальная производная $\lambda_f(x)$ отображения f тождественно равна нулю на множестве G .

Следствие. Если множество $X \subset H$ конечномерно или локально компактно, то для любой точки $x_0 \in X$ и при любом целом q бесконечномерная гомотопическая группа $\Pi_q^c(X, x_0)$ компактного типа тривиальна.

В самом деле, в силу предыдущей леммы при любом целом q единственным сфероидом индекса q компактного типа множества X в точке x_0 является постоянный сфероид, что и означает тривиальность группы $\Pi_q^c(X, x_0)$.

Кафедра геометрии и высшей алгебры

Поступила 16.04.1999

ЛИТЕРАТУРА

1. Мирзаханян Э.А. Построение бесконечномерных гомотопических групп. – Изв. АН Арм. ССР, сер. математ., 1973, VIII, №3.
2. Мирзаханян Э.А. Вычисление бесконечномерных гомотопических групп компактного типа единичной сферы гильбертова пространства. – Изв. АН Арм. ССР, сер. математ., 1975, т. X, №2.
3. Болтянский В.Г. Об одном классе отображений подмножеств гильбертова пространства. – Изв. АН Арм. ССР, сер. математ., 1974, т. IX, №2.
4. Болтянский В.Г., Мирзаханян Э.А. Построение степени отображения в гильбертовом пространстве. – Изв. АН Арм. ССР, сер. математ., 1974, т. IX, №5.
5. Мирзаханян Э.А. О свойствах одного класса отображений подмножеств гильбертова пространства. – Изв. АН Арм. ССР, сер. математ., 1980, т. XY, №5.

ՀԻԼԲԵՐՏՅԱՆ ՏԱՐԱԾՈՒԹՅԱՆ ԵՆԹԱԲԱԶՄՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱՆՎԵՐՋ ՉԱՓԱՆԻ ՀՈՄՈՏՈՊԻԱԿԱՆ ԽՄԲԵՐԻ ՈՐՈՇ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ո մ

Հողվածում բերվում են իրական սեպարաբել հիլբերտյան H – տարածության ենթաբազմությունների $\Pi_q(X, x_0)$ և $\Pi_q^c(X, x_0)$ (կոմպակտային տիպի) անվերջ չափանի հոմոտոպիական խմբերի որոշ հատկություններ [1,2]:

Արտապատկերումների թույլատրելի դաս է ծառայում H տարածության ենթաբազմությունների $f : M \rightarrow H$ անընդհատ արտապատկերումների K_0 հատուկ դասը [3]:

Հիմնական արդյունքներն են՝ թեորեմ 1. $\theta : \Pi_q^c(S, x_0) \rightarrow \Pi_q(S, x_0)$ արտապատկերման մոնոմորֆիզմային մասին, նրանից բխող հետևանքը այն մասին, որ H - տարածության S միավոր սֆերան չի սեղմվում ինքն իրենով կետի K_0 դասում և թեորեմ 2. $\Pi_q(X \times Y, (x_0, y_0)) \approx \Pi_q(X, x_0) \oplus \Pi_q(Y, y_0)$ իզոմորֆիզմի մասին:

УДК 512. 54

А.М.МОВСИСЯН

КАТЕГОРНЫЙ ВАРИАНТ ТЕОРЕМЫ ГОЛДИ

В настоящей работе дается новое доказательство (известной в теории колец) теоремы Голди. Это доказательство основано на теоретико-категорных соображениях.

1^o. Пусть \mathcal{M} – категория модулей над некоторым кольцом. Для A, B из \mathcal{M} через $\text{Hom}(A, B)$ будем обозначать $\text{Hom}_{\mathcal{M}}(A, B)$. Слово модуль всегда будет обозначать модуль из \mathcal{M} . Напомним, что подмодуль B модуля A называется существенным, если для всякого ненулевого подмодуля $C \subset A$ пересечение $C \cap B$ отлично от 0 . Для всякого модуля A существует единственный с точностью до изоморфизма инъективный модуль $Q \supset A$, такой, что A – существенный подмодуль Q .

Напомним простейшие свойства существенных подмодулей и инъективной оболочки.

- 1) Существенный подмодуль существенного подмодуля является существенным подмодулем.
- 2) Пересечение конечного числа существенных подмодулей – существенный подмодуль.
- 3) Если B – подмодуль A , то инъективная оболочка B может быть вложена в инъективную оболочку A .
- 4) Если A – существенный подмодуль B , и $\alpha: B \rightarrow B$ – эндоморфизм, то полный прообраз модуля A относительно α – существенный подмодуль B .

Отметим еще одно менее тривиальное свойство существенных подмодулей.

2^o. Пусть B, C – подмодули A , причем C – максимальный среди подмодулей A , таких, что $B \cap C = 0$. Тогда $B \oplus C$ – существенный подмодуль A .

Доказательство. Пусть Q – инъективная оболочка A , Q_1, Q_2 – инъективные оболочки B, C . Можно считать, что $Q_1, Q_2 \subset Q$. При этом $Q_1 \cap Q_2 = 0$, так как в противном случае было бы $Q_2 \cap B \neq 0$ (ибо B – существенный подмодуль Q_1), $(Q_2 \cap B) \cap C \neq 0$ (ибо C – существенный подмодуль Q_2) и $B \cap C \neq 0$. Если $B \oplus C$ – не существенный подмодуль A , то $Q_1 \oplus Q_2 \neq Q$ и существует подмодуль $Q_3 \subset Q$, $Q_3 \neq 0$, $Q = Q_1 \oplus Q_2 \oplus Q_3$. Пересечение $D = Q_3 \cap A$ отлично от 0 в силу существенности A и $B \cap (C \oplus D) = 0$, что противоречит максимальнойности C .

3°. Пусть Q – инъективный модуль. Радикал (в смысле Джекобсона) кольца $\text{Hom}(Q, Q) = \Sigma$ порожден образами тех эндоморфизмов модуля Q , ядра которых – существенные подмодули Q .

Доказательство. Радикал Σ можно охарактеризовать как множество всех таких эндоморфизмов α , что эндоморфизм $1 - \alpha\beta$ обратим для любого эндоморфизма β этого модуля.

Пусть $\alpha \in \text{Hom}(Q, Q)$ и $\text{Ker}\alpha$ – существенный подмодуль Q . Тогда для любого $\beta \in \text{Hom}(Q, Q)$ $\text{Ker}\beta \supset \text{Ker}\alpha$ – существенный подмодуль Q . На $\text{Ker}\alpha$ эндоморфизм $1 - \alpha\beta$ действует тождественно, и потому $\text{Ker}\alpha \cap \text{Ker}(1 - \alpha\beta) = 0$. Поскольку $\text{Ker}\alpha$ – существенный подмодуль Q , то $\text{Ker}(1 - \alpha\beta) = 0$ и $Q(1 - \alpha\beta)$ – подмодуль Q , изоморфный Q . Поэтому $Q = Q(1 - \alpha\beta) \oplus Q_1$, где Q_1 – некоторый подмодуль Q . Но $1 - \alpha\beta$ действует на $\text{Ker}\alpha$ тождественно, поэтому $\text{Ker}\alpha = (\text{Ker}\alpha)(1 - \alpha\beta) \subset Q(1 - \alpha\beta)$ и $Q_1 \cap \text{Ker}\alpha = 0$, т. е. $Q_1 = Q$, так как $\text{Ker}\alpha$ – существенный подмодуль Q . Итак, $1 - \alpha\beta$ не только мономорфизм, но и эпиморфизм, т. е. $1 - \alpha\beta$ – обратимый эндоморфизм Q .

Обратно, пусть $\alpha: Q \rightarrow Q$ – такой эндоморфизм, что для любого $\beta \in \text{Hom}(Q, Q)$ гомоморфизм $1 - \alpha\beta$ обратим. Пусть B – максимальный среди подмодулей Q , таких, что $\text{Ker}\alpha \cap B = 0$. Ограничение α на B является мономорфизмом, т. е. изоморфизмом $B \rightarrow B_\alpha$. Поэтому существует обратный изоморфизм $\beta_0: B_\alpha \rightarrow B$. По инъективности Q он продолжается до гомоморфизма $\beta: Q \rightarrow Q$, такого, что $\alpha\beta/B = 1/B$. Тогда $\alpha - \alpha\beta\alpha$ отображает существенный (по п. 2°) подмодуль $\text{Ker}\alpha \oplus B$ модуля Q в 0. Поэтому $\text{Ker}\alpha = (\text{Ker}(1 - \alpha\beta)\alpha) \cdot (1 - \alpha\beta)^{-1} = (\text{Ker}\alpha \oplus B)(1 - \alpha\beta)^{-1}$ – существенный подмодуль в $Q(1 - \alpha\beta)^{-1} = Q$ (напомним, что по условию $1 - \alpha\beta$ обратим).

4°. Всюду в дальнейшем считаем, что A – нетеров модуль, обладающий следующими свойствами.

1. Для любых модулей B, C любого ненулевого гомоморфизма $\alpha: B \rightarrow C$ существует такой гомоморфизм $\beta: A \rightarrow B$, что $\beta\alpha \neq 0$.

2. Для всякого эндоморфизма $\alpha: A \rightarrow A$ существует эндоморфизм $\beta: A \rightarrow A$, такой, что $\alpha\beta\alpha \neq 0$.

Через Q всюду обозначается инъективная оболочка A .

5°. В предположениях п. 4° ядро всякого ненулевого эндоморфизма модуля A не является существенным подмодулем Q .

Доказательство. Докажем сначала, что для нетерова модуля A множество T эндоморфизмов модуля A с существенными ядрами – нильпотентный идеал в $\Lambda = \text{Hom}(A, A)$. Покажем сначала, что T – идеал. Если $\alpha_1, \alpha_2 \in T$, $\beta \in \Lambda$, то $\text{Ker}(\alpha_1 \pm \alpha_2) \supset \text{Ker}\alpha_1 \cap \text{Ker}\alpha_2$, $\text{Ker}\beta\alpha_1 \supset (\text{Ker}\alpha_1)\beta^{-1}$, $\text{Ker}\alpha_1\beta \supset \text{Ker}\alpha_1$ – существенные подмодули Λ , т. е. $\alpha_1 \pm \alpha_2$, $\alpha_1\beta$, $\beta\alpha_1 \in T$.

По теореме Левицкого для доказательства нильпотентности T достаточно доказать, что все элементы из T нильпотентны. Пусть $\alpha \in T$, тогда цепочка

$Ker\alpha \subset Ker\alpha^2 \subset \dots$ стабилизируется из-за нетеровости A . Пусть n таково, что $Ker\alpha^n = Ker\alpha^{n+1} = \dots = Ker\alpha^{2n}$. При этом $Ker\alpha^n$ – существенный подмодуль A . Если $\alpha^n \neq 0$, то $V = Ker\alpha^n \cap A\alpha^n \neq 0$. Обозначим через V_0 полный прообраз V относительно α^n . Очевидно, $V_0\alpha^n = V \neq 0$, поэтому $V_0 \not\subset Ker\alpha^n$. С другой стороны, $V_0\alpha^{2n} = V\alpha^n \subset (Ker\alpha^n)\alpha^n = 0$, т. е. $V_0 \subset Ker\alpha^{2n} = Ker\alpha^n$. Полученное противоречие показывает, что $\alpha^n = 0$.

Теперь можно доказать сформулированное выше утверждение. Если существует ненулевой эндоморфизм A с существенным ядром, то $T \neq 0$. Пусть $n \geq 1$ таково, что $T^n \neq 0$, $T^{2n} = 0$. По предположению 2 п. 4⁰, для всякого $\alpha \in T^{2n}$, $\alpha \neq 0$, существует $\beta \in \Lambda$, такое, что $0 \neq \alpha\beta\alpha \in T^n \cdot T^n = T^{2n} = 0$. Полученное противоречие показывает, что ядро любого ненулевого эндоморфизма модуля A не является существенным.

6⁰. В предположениях п. 4⁰ ядро любого ненулевого эндоморфизма Q не является существенным подмодулем Q .

Доказательство. Пусть $\alpha \in Hom(Q, Q)$, $\alpha \neq 0$. Тогда $Tm\alpha \cap A \neq 0$ и существует гомоморфизм $\beta: A \rightarrow Q$, такой, что $\beta\alpha \neq 0$, $Tm\beta\alpha \subset Tm\alpha \cap A$. По п. 5⁰, $Ker\beta\alpha$ – несущественный подмодуль A , т. е. существует подмодуль $B \subset A$, такой, что $B \neq 0$, $B \cap Ker\beta\alpha = 0$. Тогда $B\beta\alpha = B$, $B\beta \neq 0$ и $B\beta \cap Ker\alpha = (B \cap Ker\beta\alpha)\beta = 0$. Итак, $Ker\alpha$ – несущественный подмодуль Q .

7⁰. 1. Радикал кольца $\Sigma = Hom(Q, Q)$ равен 0.

2. $Hom(Q/A, Q) = 0$.

Первое утверждение следует из п. 3⁰ и 6⁰.

Если $\alpha \in Hom(Q/A, Q)$, то ядро композиции $Q \rightarrow Q/A \xrightarrow{\alpha} Q$ содержит существенный подмодуль A , и потому эта композиция (а с ней и α) равна нулю.

8⁰. Инъективная оболочка Q нетерова модуля A раскладывается в прямую сумму конечного числа неразложимых модулей, $Q = Q_1 \oplus Q_2 \oplus \dots \oplus Q_n$. Обозначим через e_i проекцию Q на i -е прямое слагаемое. Очевидно, $e_i e_j = 0$ при $i \neq j$, $e_i^2 = e_i$, $1 = e_1 + e_2 + \dots + e_n$.

9⁰. Для любого ненулевого подмодуля B модуля $A \cap Qe_i$ существует ненулевой гомоморфизм $\gamma: Ae_i \rightarrow B = Be_i$.

Доказательство. $A \cap Qe_i \neq 0$, так как A – существенный подмодуль Q . Пусть B – ненулевой подмодуль $A \cap Qe_i$, и пусть $\alpha: A \rightarrow B$ – ненулевой гомоморфизм. По условию 2 п. 4⁰, существует такой гомоморфизм $\beta: A \rightarrow A$, что $\alpha\beta\alpha \neq 0$. Поскольку $\alpha = \alpha e_i$, $e_i\beta\alpha \neq 0$. Это и есть искомым гомоморфизм.

10⁰. Если $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ – такие эндоморфизмы Q , что $e_i\alpha_i e_i \neq 0$ для всех i , то $e_1\alpha_1 e_1 + e_2\alpha_2 e_2 + \dots + e_n\alpha_n e_n$ – автоморфизм Q .

Доказательство. Кольцо эндоморфизмов Σ модуля Q полупросто (его радикал равен 0). Поэтому, если e – проекция Q на любое его разложимое прямое

слагаемое (т. е. e – минимальный идемпотент Σ), то $e \Sigma e$ – тело. В частности, $e_i \Sigma e_i$ – тела, и потому из неравенства $e_i \alpha_i e_i \neq 0$ следует, что существуют такие эндоморфизмы $\beta_i : Q \rightarrow Q$, что $(e_i \alpha_i e_i)(e_i \beta_i e_i) = e_i 1 e_i = e_i$. Элемент $e_1 \beta_1 e_1 + e_2 \beta_2 e_2 + \dots + e_n \beta_n e_n$, очевидно, является обратным к $e_1 \alpha_1 e_1 + e_2 \alpha_2 e_2 + \dots + e_n \alpha_n e_n$.

11⁰. Для любого существенного подмодуля B модуля A существует регулярный гомоморфизм $A \rightarrow B$.

Доказательство. По п.9⁰ существует ненулевой гомоморфизм $\alpha_i : Ae_i \rightarrow B \cap Q_i$. Очевидно, $\alpha_i = e_i \alpha_i e_i$. Образ гомоморфизма $\alpha = e_1 \alpha_1 e_1 + e_2 \alpha_2 e_2 + \dots + e_n \alpha_n e_n$, ограниченного на A , содержится в $(B \cap Q_1) + (B \cap Q_2) + \dots + (B \cap Q_n) \subset B$, и этот гомоморфизм обратим по п. 10⁰ в кольце $\Sigma = \text{Hom}(Q, Q)$.

В частности α не является ни левым, ни правым делителем нуля в $\Lambda = \text{Hom}(A, A)$.

12⁰. Кольцо $\Lambda = \text{Hom}(A, A)$ естественным образом вкладывается в кольцо $\Sigma = \text{Hom}(Q, Q)$. (Ниже будем отождествлять Λ с его образом в Σ).

Доказательство. Рассмотрим точную последовательность

$$0 \rightarrow \text{Hom}(Q/A, Q) \rightarrow \text{Hom}(Q, Q) \xrightarrow{a} \text{Hom}(A, Q) \rightarrow 0$$

(последний член ее является нулевым, так как Q – инъективный модуль).

Поскольку $\text{Hom}(Q/A, Q) = 0$, гомоморфизм a является изоморфизмом. Далее, $\text{Hom}(A, A)$ является подгруппой в $\text{Hom}(A, Q)$; обозначим через b композицию вложения $\text{Hom}(A, A) \rightarrow \text{Hom}(A, Q)$ и изоморфизма a^{-1} . Покажем, что b – мономорфизм колец. То, что это мономорфизм, очевидно. Проверим, что $b(\xi\tau) = b(\xi) \cdot b(\tau)$ для любых $\xi, \tau \in \text{Hom}(A, A)$. Переформулируем сначала определение b : для любого элемента $\sigma \in \text{Hom}(A, A)$ элемент $b(\sigma) \in \text{Hom}(Q, Q)$ – единственный, обладающий свойством $\sigma i = i b(\sigma)$, где $i : A \rightarrow Q$ – тождественное вложение. Поэтому $\xi i = i b(\xi)$, $\tau i = i b(\tau)$, $i[b(\xi)b(\tau)] = \xi i(\tau) = (\xi\tau)i$, следовательно, (единственность!) $b(\xi\tau) = b(\xi)b(\tau)$.

13⁰. Напомним определение левого кольца частных. Кольцо Σ называется левым кольцом частных кольца Λ , если:

1. Каждый регулярный элемент из Λ обратим в Σ .

2. Каждый элемент $\sigma \in \Sigma$ представим в виде $\lambda^{-1}\mu$, где $\lambda, \mu \in \Lambda$, и λ – регулярный элемент.

14⁰. Σ – левое кольцо частных Λ .

Доказательство. Пусть α – регулярный элемент кольца $\Lambda = \text{Hom}(A, A)$. Тогда α – мономорфизм (в противном случае существовал бы ненулевой гомоморфизм $\beta : A \rightarrow \text{Ker } \alpha$ и выполнялось бы равенство $\beta\alpha = 0$, $\beta \neq 0$). Поэтому α является также мономорфизмом Q , так как $\text{Ker } \alpha/A = \text{Ker } \alpha/Q \cap A$, и если бы $\text{Ker } \alpha/Q \neq 0$, то и $\text{Ker } \alpha/A \neq 0$, ибо A – существенный подмодуль Q . В частности α – не правый делитель 0. На полупростом кольце Σ всякий элемент, не являю-

шийся правым делителем нуля, обратим. Итак, всякий регулярный элемент из Λ обратим в Σ .

Пусть теперь $\alpha \in \Sigma = \text{Hom}(Q, Q)$. Тогда полный прообраз $A\alpha^{-1}$ модуля A относительно α – существенный подмодуль Q . По п. 11⁰, существует регулярный гомоморфизм $\beta: A \rightarrow A\alpha^{-1} \cap A$ (A и $A\alpha^{-1}$ – существенные подмодули Q , и потому $A\alpha^{-1} \cap A$ – существенный подмодуль Q , значит и A). Если рассматривать β как элемент из Σ , то β , как доказано выше, обратимый элемент Σ . Обозначим через γ композицию $\beta\alpha$; ясно, что $\alpha = \beta^{-1}\gamma$. Теорема доказана.

15⁰. Условия п. 4⁰ выполнимы, в частности если \mathcal{M} – категория Λ -модулей, $A = \Lambda$, причем Λ – нетерово кольцо без нильпотентных идеалов.

Тогда теорема п. 14⁰ совпадает с известной теоремой Голди.

Кафедра общеобразовательных дисциплин

Поступила 02.02.1999

ЛИТЕРАТУРА

1. Херстейн И. Некоммутативные кольца. М.: ИЛ, 1972.
2. Ламбек И. Кольца и модули. М.: ИЛ, 1971.

Ա. Մ. ՍՈՎՄԻՍՅԱՆ

ԳՈՒՂԻԻ ԹԵՈՐԵՄԻ ԿԱՏԵԳՈՐԻԱԿԱՆ ՏԱՐԲԵՐԱԿԸ

Ա մ փ ո փ ո մ

Աշխատանքը նվիրված է Գուղիի հայտնի թեորեմի մի ընդհանրացմանը: Ապացուցվում է, որ եթե A նյութերյան մոդուլը բավարարում է երկու կատեգորիական պայմանների և Q -ն նրա ինյեկտիվ թաղանթն է, ապա $\Lambda = \text{Hom}(A, A)$ օղակը $\Sigma = \text{Hom}(Q, Q)$ -ի ձախ կոտորակների օղակն է:

УДК 539.3

В.Ж. АЙРАПЕТЯН, Н.А. КУТУЗЯН, Д.Л. ОВСЕПЯН
 АНТИПЛОСКИЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ АНИЗОТРОПНЫХ
 НЕОДНОРОДНЫХ КЛИНЬЕВ

Рассматриваются антиплоские задачи как для анизотропных непрерывно неоднородных клиньев, так и для составных анизотропных неоднородных клиньев, когда одна грань закреплена, а на другой – приложены касательные напряжения.

Постановка задачи. Пусть в системе координат $(r; \theta; z)$ имеем клин $(0 \leq r < \infty; 0 \leq \theta \leq \alpha; -\infty < z < \infty)$, материал которого анизотропный неоднородный, причем рассматривается случай ортотропии, когда главные оси анизотропии совпадают с координатными осями. Предположим, что одна грань клина закреплена, а на другой – приложены касательные напряжения, параллельные образующей. Тогда клин будет находиться в состоянии антиплоской деформации и будет иметь [1]

$$\begin{aligned} u_r(r; \theta; z) &= 0, \\ u_\theta(r; \theta; z) &= 0, \end{aligned} \tag{1.1}$$

$$\begin{aligned} u_z(r; \theta; z) &= w(r; \theta), \\ \varepsilon_{rz} &= \frac{\partial w}{\partial r}, \quad \varepsilon_{\theta z} = \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial w}{\partial \theta}. \end{aligned} \tag{1.2}$$

Закон Гука можно записать так:

$$\tau_{\theta z} = \frac{1}{a_{44}(r; \theta)} \cdot \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial w}{\partial \theta}; \quad \tau_{rz} = \frac{1}{a_{55}(r; \theta)} \cdot \frac{\partial w}{\partial r}, \tag{1.3}$$

где $a_{44}(r; \theta)$ и $a_{55}(r; \theta)$ – упругие характеристики.

Из уравнений равновесия при отсутствии массовых сил остается одно уравнение:

$$\frac{\partial \tau_{rz}}{\partial r} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial \tau_{\theta z}}{\partial \theta} + \frac{\tau_{rz}}{r} = 0, \tag{1.4}$$

или с учетом (1.3) получается

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{a_{55}} \frac{\partial w}{\partial r} \right) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\frac{1}{a_{44}} \cdot \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial w}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{a_{55}} \cdot \frac{\partial w}{\partial r} = 0. \tag{1.5}$$

Граничные условия на боковых гранях будут

$$w(r; 0) = 0, \quad \tau_{\theta z}(r; \alpha) = \tau_0, \tag{1.6}$$

или

$$w(r; 0) = 0, \quad \left(\frac{1}{a_{44} \cdot r} \cdot \frac{\partial w}{\partial \theta} \right) \Big|_{\theta=\alpha} = \tau_0. \tag{1.7}$$

Рассмотрим некоторые конкретные случаи неоднородности.

I. Выберем функцию неоднородности в следующем виде:

$$a_{44} = a_{44}^0 \cdot r^{-n}, \quad a_{55} = a_{55}^0 \cdot r^{-n}. \quad (1.8)$$

Тогда дифференциальное уравнение (1.5) и граничные условия (1.7) с учетом (1.8) можно представить так:

$$r^2 \frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + (n+1)r \frac{\partial w}{\partial r} + \lambda^2 \frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} = 0, \quad (1.9)$$

$$w(r;0) = 0 \quad \left. \frac{\partial w}{\partial \theta} \right|_{\theta=\alpha} = \tau_0 \cdot a_{44}^0 \cdot r^{1-n}, \quad (1.10)$$

где $\lambda^2 = \frac{a_{55}^0}{a_{44}^0}$. (1.11)

Решение задачи имеет следующий вид :

$$w(r;\theta) = -\tau_0 \cdot \lambda \cdot \sin\left(\frac{\sqrt{1-n}}{\lambda} \theta\right) \left[a_{55}^0 \sqrt{1-n} \cdot \cos\left(\frac{\sqrt{1-n}}{\lambda} \alpha\right)^{-1} \right] r^{1-n} + \sum_{k=0}^{\infty} A_k \cdot r^{v_k} \times \sin \frac{\pi(2k+1)\theta}{2\alpha}, \quad (1.12)$$

$$v_k = -\frac{n}{2} + \sqrt{\frac{n^2}{4} + \left(\frac{\pi\lambda(2k+1)}{2\alpha}\right)^2},$$

когда $\alpha = \frac{\lambda\pi(2k+1)}{2\sqrt{1-n}}$, (1.13)

то первое слагаемое в выражении (1.12) обращается в бесконечность.

Для устранения этой особенности применяется метод однородных решений.

При $\alpha = \frac{\lambda\pi}{2\sqrt{1-n}}$,

$$w(r;\theta) = -\frac{\tau_0}{a_{55}^0} r^{1-n} \left[\frac{4\lambda\sqrt{1-n}}{\pi(2-n)} \ln r \sin \frac{\sqrt{1-n}}{\lambda} \theta + \frac{2\theta}{\pi} \cos \frac{\sqrt{1-n}}{\lambda} \theta \right] + \sum_{k=0}^{\infty} \bar{A}_k r^{\bar{v}_k} \sin \frac{(2k+1)\sqrt{1-n}}{\lambda} \theta; \quad \bar{v}_k = -\frac{n}{2} + \sqrt{\frac{n^2}{4} + (2k+1)^2(1-n)^2}.$$

Касательные напряжений будут

$$\tau_{\theta z} = -\frac{\tau_0}{a_{44}^0 a_{55}^0} \left[\frac{4(1-n)}{\pi(2-n)} \ln r \cdot \cos \frac{\sqrt{1-n}}{\lambda} \theta + \frac{2}{\pi} \cos \frac{\sqrt{1-n}}{\lambda} \theta - \frac{2\theta}{\pi} \frac{\sqrt{1-n}}{\lambda} \sin \frac{\sqrt{1-n}}{\lambda} \theta \right] + \frac{r^{n-1}}{a_{44}^0} \sum_{k=0}^{\infty} \bar{A}_k r^{\bar{v}_k} \frac{2(k+1)\sqrt{1-n}}{\lambda} \cos \frac{(2k+1)\sqrt{1-n}}{\lambda} \theta,$$

$$\tau_{rz} = -\frac{\tau_0(1-n)}{(a_{55}^0)^2} \left[\frac{4\lambda\sqrt{1-n}}{\pi(2-n)} \ln r \cdot \sin \frac{\sqrt{1-n}}{\lambda} \theta + \frac{2\theta}{\pi} \cos \frac{\sqrt{1-n}}{\lambda} \theta \right] - \frac{\tau_0}{(a_{55}^0)^2} \cdot \frac{4\lambda\sqrt{1-n}}{(2-n)\pi} \sin \frac{\sqrt{1-n}}{\lambda} \theta + \frac{r^n}{a_{55}^0} \sum_{k=0}^{\infty} \bar{A}_k \bar{v}_k \cdot r^{\bar{v}_k-1} \sin \frac{(2k+1)\sqrt{1-n}}{\lambda} \theta.$$

А когда
$$\alpha = \frac{3\lambda\pi}{2\sqrt{1-n}}, \quad (1.15)$$

то решение примет следующий вид:

$$w(r;0) = \frac{\tau_0}{a_{55}^0} r^{n-1} \left[\frac{4\lambda\sqrt{1-n}}{3\pi(2-n)} \ln r \cdot \sin \frac{\sqrt{1-n}}{\lambda} \theta + \frac{2\theta}{3\pi} \cos \frac{\sqrt{1-n}}{\lambda} \theta \right] + \sum_{k=0}^{\infty} B_k r^{\varepsilon_k} \sin \frac{(2k+1)\sqrt{1-n}}{3\lambda} \theta, \quad \varepsilon_k = -\frac{n}{2} + \sqrt{\frac{n^2}{4} + \frac{(2k+1)}{9}(1-n)}. \quad (1.16)$$

Касательные напряжения будут

$$\tau_{\theta r} = -\frac{\tau_0}{a_{44}^0 a_{55}^0} \left[\frac{4(1-n)}{\pi(2-n)3} \ln r \cdot \cos \frac{\sqrt{1-n}}{\lambda} \theta + \frac{2}{\pi 3} \cos \frac{\sqrt{1-n}}{\lambda} \theta - \frac{2\theta}{\pi 3} \frac{\sqrt{1-n}}{\lambda} \sin \frac{\sqrt{1-n}}{\lambda} \theta \right] + \frac{r^{n-1}}{a_{44}^0} \sum_{k=0}^{\infty} B_k r^{\varepsilon_k} \frac{2(k+1)\sqrt{1-n}}{3\lambda} \cos \frac{(2k+1)\sqrt{1-n}}{3\lambda} \theta, \quad \tau_{r\tau} = \frac{\tau_0(1-n)}{(a_{55}^0)^2} \left[\frac{4\lambda\sqrt{1-n}}{3\pi(2-n)} \ln r \cdot \sin \frac{\sqrt{1-n}}{\lambda} \theta + \frac{2\theta}{3\pi} \cos \frac{\sqrt{1-n}}{\lambda} \theta \right] + \frac{\tau_0}{(a_{55}^0)^2} \frac{4\lambda\sqrt{1-n}}{3\pi(2-n)} \sin \frac{\sqrt{1-n}}{\lambda} \theta + \frac{r^n}{a_{55}^0} \sum_{k=0}^{\infty} B_k \varepsilon_k \cdot \tau^{\varepsilon_k-1} \sin \frac{(2k+1)\sqrt{1-n}}{3\lambda} \theta.$$

II. Теперь выберем функцию неоднородности в следующем виде:

$$A_{44} = \frac{1}{a_{44}} = a_{44}^0 \cdot e^{-nr}, \quad A_{55} = \frac{1}{a_{55}} = a_{55}^0 e^{-nr}, \quad (2.1)$$

тогда дифференциальное уравнение (1.5) и граничные условия (1.6) с учетом (2.1) можно представить так:

$$r^2 \frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + r(1-nr) \frac{\partial w}{\partial r} + \lambda^2 \frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} = 0, \quad (2.2)$$

где
$$\lambda^2 = \frac{a_{55}^0}{a_{44}^0}, \quad w(r;0) = 0, \quad \left(\frac{\partial w}{\partial r} \right)_{\theta=\alpha} = \frac{\tau_0}{a_{44}^0} e^{nr} \cdot r. \quad (2.3)$$

Введем новую функцию $\tilde{w}(r;\theta)$ следующим образом:

$$\tilde{w}(r;\theta) = w(r;\theta) + A_{\theta} r \cdot e^{nr} \sin \theta \gamma \quad \left(\gamma = \frac{2\pi}{\alpha}; A_{\theta} = \frac{\tau_0}{\gamma a_{55}^0} \right). \quad (2.4)$$

Легко заметить, что $\tilde{w}(r;\theta)$ будет удовлетворять следующей краевой задаче:

$$r^2 \frac{\partial^2 \tilde{w}}{\partial r^2} + r(1-nr) \frac{\partial \tilde{w}}{\partial r} + \lambda^2 \frac{\partial^2 \tilde{w}}{\partial \theta^2} = A_{\theta} f(r) \cdot \sin(\theta \gamma), \quad (2.5)$$

где $f(r) = r \cdot e^{nr} (1-2nr - \lambda^2 \gamma^2)$, а граничные условия будут

$$\tilde{w}(r;\theta) = 0; \quad \text{при } \theta = 0 \quad \left. \frac{\partial \tilde{w}}{\partial \theta} \right|_{\theta=\alpha} = 0. \quad (2.6)$$

Искомую функцию $\tilde{w}(r;\theta)$ представим в виде

$$\tilde{w}(r; \theta) = \sum_{k=0}^{\infty} R_k(r) \sin(v_k \theta), \quad (2.7)$$

где $v_k = \pi(2k+1)/2\alpha$.

Для неизвестных функций $R_k(r)$ ($k = \overline{0; \infty}$) получим следующее неоднородное дифференциальное уравнение:

$$r^2 \frac{d^2 R_k}{dr^2} + r(1+nr) \frac{dR_k}{dr} - \lambda^2 v_k^2 R_k = a_k f(r), \quad (2.8)$$

где
$$a_k = \frac{16A_\theta}{\pi} (-1)^k [(2k-3)(2k+5)]^{-1}.$$

Решение уравнения (2.8) представим в виде

$$R_k = R_k^0 + R_k^*, \quad (2.9)$$

где R_k^* – решение соответствующего однородного уравнения. Ищем функцию R_k^0 в виде

$$R_k^0(r) = e^{f_0(r)} \cdot V_k(r). \quad (2.10)$$

Если функцию $f_0(r)$ возьмем в виде

$$f_0(r) = (nr - \ln(nr))/2, \quad (2.11)$$

то для определения функции $V_k(r)$ имеем следующее уравнение:

$$\frac{d^2 V_k}{dr^2} + \left(\frac{n}{2r} - \frac{n^2}{4} + \frac{1-4\lambda^2 v_k^2}{4r^2} \right) V_k = 0. \quad (2.12)$$

Далее, с введением переменной $z = nr$ уравнение (2.12) переходит в уравнение Уиттекера:

$$\frac{d^2 V_k}{dz^2} + \left(-\frac{1}{4} + \frac{1}{2z} + \frac{1-4\mu_k^2}{4z^2} \right) V_k = 0, \quad (2.13)$$

где $\mu_k = \lambda v_k$.

Если $2\mu_k$ не есть целое число, то два интеграла уравнения (2.13) годны для всех конечных значений z , конечны вблизи 0 и представляются рядами

$$M_{\frac{1}{2}^{\mu_k}}(nr) = (nr)^{\frac{1}{2}^{\mu_k}} e^{-\frac{nr}{2}} \left(1 + \frac{\mu_k}{1!(2\mu_k+1)} \cdot (nr) + \frac{\mu_k(1+\mu_k)}{2!(2\mu_k+1)(2\mu_k+2)} (nr)^2 + \dots \right), \quad (2.14)$$

$$M_{\frac{1}{2}^{-\mu_k}}(nr) = (nr)^{\frac{1}{2}^{-\mu_k}} e^{-\frac{nr}{2}} \left(1 - \frac{\mu_k}{1!(2\mu_k-1)} \cdot (nr) - \frac{\mu_k(1-\mu_k)}{2!(2\mu_k-1)(2-2\mu_k)} (nr)^2 + \dots \right).$$

Эти ряды $M_{\frac{1}{2}^{\mu_k}}(nr)$, $M_{\frac{1}{2}^{-\mu_k}}(nr)$ образуют фундаментальную систему решений.

Следовательно, решение уравнения $R_k^0(r)$ выражается через эти ряды и имеет вид

$$R_k^0(r) = C_{1k}(nr)^{\mu_k} \cdot B_k(nr) + C_{2k}(nr)^{-\mu_k} B_{-k}(nr), \quad (2.15)$$

где
$$B_{\pm k}(nr) = M_{\frac{1}{2}^{\pm \mu_k}}(nr) \times (nr)^{\frac{1}{2}^{\mu_k}} e^{-\frac{nr}{2}}$$

Когда μ_k – положительное целое число, тогда решение представляется в виде

$$\frac{1}{\Gamma(\mu_k)} \int_0^{\infty} t^{-\frac{1}{4} + \mu_k} \left(1 + \frac{t}{nr}\right)^{\mu_k} \cdot e^{-t} dt \quad (\Gamma(\mu_k) = (\mu_k - 1)!). \quad (2.16)$$

Частное решение R_k^* уравнения (2.8) определяется с помощью уже найденного однородного решения методом вариации постоянных.

Таким образом, решение задачи (2.2) – (2.3) можно представить в виде

$$w(r; \theta) = \sum_{k=0}^{\infty} [C_{1k}(nr)^{\mu_k} B_k(nr) + C_{2k}(nr)^{-\mu_k} B_{-k}(nr) + R_k^*] \sin(\nu_k \theta) - A_0 r \cdot e^{nr} \sin(\gamma \theta). \quad (2.17)$$

Неизвестные постоянные можно определить для конкретных задач с граничными условиями на краях рассматриваемой области. Следовательно, таким методом можно решить антиплоские задачи для клина при различных граничных условиях.

III. Решена также антиплоская задача для тела, материал которого обладает слабой неоднородностью:

$$\frac{1}{a_{44}} = a_{44}^0 [1 + \delta f(r, \theta)],$$

$$\frac{1}{a_{55}} = a_{55}^0 [1 + \delta f(r, \theta)]. \quad (3.1)$$

Здесь $a_{44}^0, a_{55}^0, \delta$ – постоянные, которые удовлетворяют условиям

$$|\delta| < 1, \quad a_{ii} > 0, \quad i = 4, 5. \quad (3.2)$$

Учитывая (3.1), из (1.5) для рассматриваемого случая получаем уравнение

$$a_{55}^0 \frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r^2} a_{44}^0 \frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} + a_{55}^0 \frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial r} + \delta \left[f \left(a_{55}^0 \frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{a_{44}^0}{r^2} \frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} + a_{55}^0 \frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial r} \right) + \frac{\partial f}{\partial r} \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{\partial w}{\partial \theta} \frac{\partial f}{\partial \theta} \right] = 0. \quad (3.3)$$

Граничные условия в этом случае примут вид

$$w(r, 0) = 0,$$

$$\frac{a_{44}^0 (1 + \delta f(r, \theta))}{r} \frac{\partial w}{\partial \theta} \Big|_{\theta=\alpha} = \tau_\sigma. \quad (3.4)$$

Так как в рассматриваемой краевой задаче содержится малый физический параметр δ , то естественно ее решение искать в виде ряда по степеням этого малого параметра:

$$w = w_0 + \delta w_1 + \delta^2 w_2 + \dots \quad (3.5)$$

Для определения неизвестных $w_i, i = 0, 1$ получим следующую систему рекуррентных краевых задач:

$$L_1[w_0] = 0,$$

$$L_1[w_1] = -L_2[w_0],$$

$$L_1[w_i] = L_2[w_{i-1}], \quad i = 1, 2, \dots, \quad (3.6)$$

где для операторов $L_1[]$, $L_2[]$ приняты следующие обозначения:

$$L_1[] = a_{55}^0 \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{a_{44}^0}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} + \frac{a_{55}^0}{r} \frac{\partial}{\partial r},$$

$$L_2[\] = f(r, \theta) \left[a_{55}^0 \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{a_{44}^0}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} + \frac{a_{55}^0}{r} \frac{\partial}{\partial r} \right] + \frac{\partial f}{\partial r} \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{\partial f}{\partial \theta} \frac{\partial w}{\partial \theta}. \quad (3.7)$$

Граничные условия будут

$$\begin{aligned} \frac{a_{44}^0}{r} \frac{\partial w_0}{\partial \theta} \Big|_{\theta=\alpha} &= \tau_0, \\ \frac{a_{44}^0}{r} f \frac{\partial w_1}{\partial \theta} \Big|_{\theta=\alpha} &= 0, \\ \frac{a_{44}^0}{r} f \frac{\partial w_i}{\partial \theta} \Big|_{\theta=\alpha} &= 0, \quad i = 1, 2, \dots \end{aligned} \quad (3.8)$$

Итак, краевая задача (3.3) – (3.4) сводится к решению рекуррентных краевых задач в частных производных уже с разделяющимися переменными при нулевых граничных условиях. Нулевое приближение нетрудно построить [1]. Затем, используя (3.6) – (3.8), можно найти последующие приближения. На основе результатов [1,2] нетрудно доказать, что решение (3.5) сходится равномерно и абсолютно в области усеченного клина, первые производные по r и ϑ решений (3.5) сходятся в $L_p(\Omega)$ ($p > 1$), а вторые производные – в $L_2(\Omega)$.

IV. Рассмотрена также антиплоская задача для составного неоднородного клина. Предположим, что в цилиндрической системе координат составной неоднородный, ортотропный клин занимает область $0 \leq r < +\infty$, $0 \leq \theta < \alpha_1 + \alpha_2$, $-\infty < z < +\infty$. При $0 \leq \theta \leq \alpha_1$ клин состоит из материала, неоднородность которого выражается через упругие коэффициенты таким законом:

$$a_{44}^1(r) = a_{44}^{01} r^{-n}, \quad a_{55}^{(1)}(r) = a_{55}^{01} r^{-n}, \quad (4.1)$$

а в области $\alpha_1 < \theta \leq \alpha_2$ – таким:

$$a_{44}^{(2)}(r) = a_{44}^{02} r^{-n}, \quad a_{55}^{(2)}(r) = a_{55}^{02} r^{-n}. \quad (4.2)$$

Одна грань клина закреплена, а на другой – приложены касательные напряжения, параллельные образующей. Дифференциальное уравнение задачи будет

$$r^2 \frac{\partial^2 w_i}{\partial r^2} + r(1+n) \frac{\partial w_i}{\partial r} + \mu_i^2 \frac{\partial^2 w_i}{\partial \theta^2} = 0, \quad i = 1, 2, \quad (4.3)$$

$$\text{где } \mu_i^2 = \frac{a_{55}^{0i}}{a_{44}^{0i}}.$$

Граничные условия на гранях и на поверхности раздела следующие:

$$\begin{aligned} w_1(r, 0) &= 0, \\ \frac{\partial w_2}{\partial \theta} \Big|_{\theta=\alpha_1+\alpha_2} &= \alpha_{44}^{02} r^{1-n} \tau_0, \\ w_1(r, \alpha_1) &= w_2(r, \alpha_1), \\ \frac{1}{\alpha_{44}^{01}} \frac{\partial w_1}{\partial \theta} \Big|_{\theta=\alpha_1} &= \frac{1}{\alpha_{44}^{02}} \frac{\partial w_2}{\partial \theta} \Big|_{\theta=\alpha_1}. \end{aligned} \quad (4.4)$$

Решение задачи (4.3) – (4.4) ищется в виде суммы двух функций

$$w_i = w_i^0 + w_i^*, \quad (4.5)$$

здесь w_i^0 – является решением уравнения (4.3) с однородными граничными условиями, а w_i^* есть частное решение задачи (4.3) – (4.4). Для w_i^0 получаются сле-

дующие выражения:

$$w_1^0 = r^\lambda [B_1 \cos v_1 \theta + C_1 \sin v_1 \theta], \quad w_2^0 = r^\lambda [B_2 \cos v_2 \theta + C_2 \sin v_2 \theta], \quad (4.6)$$

здесь $v_i = \sqrt{\frac{\lambda(\lambda+n)}{\mu_i^2}}$, $i=1,2$.

λ определяется из однородных граничных условий, которые переходят к системе $B_1 = 0$:

$$\begin{aligned} -B_2 \sin v_2 (\alpha_1 + \alpha_2) + C_2 \cos v_2 (\alpha_1 + \alpha_2) &= 0, \\ B_1 \cos v_1 \alpha_1 + C_1 \sin v_1 \alpha_1 - B_2 \cos v_2 \alpha_1 - C_2 \sin v_2 \alpha_1 &= 0, \\ \frac{v_1 \alpha_{44}^{02}}{v_2 \alpha_{44}^{01}} (-B_1 \sin v_1 \alpha_1 + C_1 \cos v_1 \alpha_1) + B_2 \sin v_2 \alpha_1 - C_2 \cos v_2 \alpha_1 &= 0. \end{aligned} \quad (4.7)$$

После некоторых преобразований условия, выражающего существование нетривиального решения системы (4.7), получаем следующее уравнение относительно λ :

$$-\sin v_1 \alpha_1 \sin v_2 \alpha_2 + k \cos v_1 \alpha_1 \cos v_2 \alpha_2 = 0, \quad (4.8)$$

где $k = \frac{v_1 \alpha_{44}^{02}}{v_2 \alpha_{44}^{01}}$, которое можно привести к уравнению

$$(k+1) \sin(p+q) \lambda^* + (k-1) \sin(p-q) \lambda^* = 0. \quad (4.9)$$

Если принять, что

$$v_1 \alpha_1 = p \lambda^* + \frac{\pi}{2}, \quad v_2 \alpha_2 = q \lambda^*, \quad (4.10)$$

то для частного решения имеем выражение

$$w^* = \frac{r^{1-n} a_{44}^{02} \tau_0 \sin \sqrt{\frac{1-n}{\mu_i^2}} \theta}{\sqrt{\frac{1-n}{\mu_i^2}} \cos \sqrt{\frac{1-n}{\mu_i^2}} (\alpha_1 + \alpha_2)}. \quad (4.11)$$

Общее решение рассматриваемой неоднородной краевой задачи (4.3) – (4.4) может быть представлено в виде суммы найденного частного решения w^* и ряда по собственным функциям однородной задачи

$$w_i = w_i^* + \sum_{m=1}^{\infty} r^{\lambda_m} [B_{im} \cos v_i \theta + C_{im} \sin v_i \theta], \quad i=1,2. \quad (4.12)$$

Константы $B_{im} C_{im}$ ($i=1,2$, $m=0,1,2,\dots$) будут определены из граничных условий (4.4). При определенных конкретных значениях параметров k, α_1, α_2 уравнение (4.9) имеет бесконечное множество корней λ_m ($m=0,1,\dots$), которые могут быть пронумерованы по порядку возрастания их действительных частей аналогично [5]. Каждый корень уравнений (4.9) определяет одну собственную функцию однородной краевой задачи (4.3) – (4.4). Численные значения корней уравнения (4.9) для конкретного материала будут определены исчисляемыми методами на ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Саркисян В.С., Айрапетян В.Ж. Новые классы задач теории упругости анизотропного тела, Ер.: Изд-во ЕГУ, 1997, 241с.
2. Саркисян В.С. Некоторые задачи математической теории упругости анизотропного тела. Ер.: Изд-во ЕГУ, 1976, 534 с.
3. Саркисян В.С., Белубекян В.М. Об однородной антиплоской задаче для клина. – Уч. записки ЕГУ, 1986, N 3, с. 36-40.
4. Саркисян В.С., Кутузян Н.А. Термоупругая задача для ортотропной клиновидной пластинки. – Сб. научных трудов, посвященный 60-летию со дня рождения доктора тех. наук, профессора Коляно Ю.М., Киев, 1996, с. 111-114.
5. Чобанян К.С. Напряжения в составных упругих телах. Ер.: Изд-во АН Арм.ССР, 1987, 338 с.
6. Ting T.C. Elastic wedge subjected to antiplane shear tractions-a paradox explained. – The quarterly jourm. of mech. and apl. math., 1985, v.38, N 2, p. 245-255.

Վ.Ժ.ՀԱՅՐԱՊԵՏՅԱՆ, Ն.Ա.ԿՈՒՏՈՒԶՅԱՆ, Դ.Լ.ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ

ԱՆԻՉՈՏՐՈՊ ԱՆՀԱՄԱՍԵՌ ՍԵՊԻ ՀԱԿԱՀԱՐԹ ԽՆԴԻՐՆԵՐ

Ա մ փ ո փ ո մ

Դիտարկվում են գլանային օրթոտրոպ անհամասեռ սեպի հակահարթ խնդիրներ, երբ սեպի մեկ միտքը ամրակցված է, իսկ մյուսի վրա կիրառված են շոշափող լարումներ: Խնդիրը լուծված է ինչպես անընդհատ անհամասեռությամբ օժտված սեպերի համար, այնպես էլ բաղադրյալ անհամասեռ սեպի համար:

УДК 539.3:537.312.62

К. В. ПАПОЯН, А. А. ГЕВОРГЯН, А. Г. ЦАТУРЯН

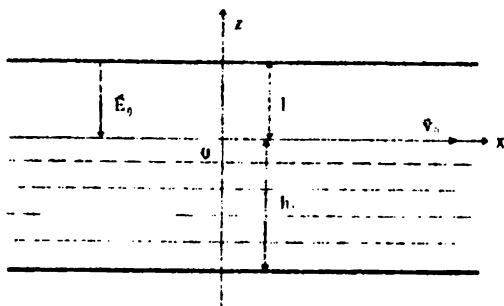
ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН В СЛОЕ ВЯЗКОЙ ПРОВОДЯЩЕЙ ЖИДКОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Рассматривается задача об устойчивости поверхностных волн в слое движущейся проводящей жидкости. Найдено дисперсионное уравнение для этих волн и рассмотрены некоторые частные случаи.

1. Вопрос поведения капиллярно-гравитационных волн на поверхности проводящей жидкости во внешнем электрическом поле обсуждался, начиная с тридцатых годов, в связи с их неустойчивостью. В [1] рассматривалась бесконечно глубокая жидкость в однородном электрическом поле, приложенном к поверхности жидкости при волнении на поверхности. В дальнейшем это явление изучалось и в случае жидкости конечной глубины как проводящей, так и диэлектрической среды (см., напр., [2]).

Этот вопрос довольно интенсивно изучался и для случая сверхтекучей жидкости (см., напр., [3]), на поверхности которой могут образоваться отдельные заряженные участки, расположенные с некоторой симметрией и образующие своеобразную кристаллическую структуру. В работе [4] рассматривалось также влияние вязкости на неустойчивость гравитационно-капиллярных волн для случая плоского слоя во внешнем электрическом поле.

В последнее время это явление изучается и для сложных систем [5,6], напр., для растворов поверхностно-активных веществ [6].



В настоящей заметке рассматривается поведение поверхностных волн во внешнем однородном электрическом поле в случае одномерно движущегося слоя вязкой проводящей жидкости глубины h . Скорость на поверхности считается заданной и равной \vec{v}_0 .

Выберем ось x по направлению движения. Тогда скорость \vec{v} согласно рисунку будет иметь отличные от нуля компоненты v_x , v_z , и уравнения

Навье-Стокса для этих компонентов с помощью функции тока запишутся в виде:

$$\partial^2 \Psi / \partial z \partial t = -1 / \rho \partial p / \partial x + \nu \left\{ \partial^3 \Psi / \partial x^2 \partial z + \partial^3 \Psi / \partial z^3 \right\} - g, \quad (1)$$

$$\partial^2 \Psi / \partial x \partial t = -1 / \rho \partial p / \partial z + \nu \left\{ \partial^3 \Psi / \partial x^3 + \partial^3 \Psi / \partial z^2 \partial x \right\},$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости, ρ , p – соответственно плотность и давление жидкости.

Исключая из системы (1) давление, в случае решений вида

$$\Psi(x, z, t) = \Psi(z) \exp[i(kx - \omega t)]$$

получаем

$$\Psi(z) = c_1 e^{mz} + c_2 e^{-mz} + c_3 e^{kz} + c_4 e^{-kz}, \quad (2)$$

где положено $m = \sqrt{k^2 - i\omega/\nu}$.

Электрическое поле потенциально и определяется из следующих соотношений:

$$\bar{E} = -\text{grad}\phi, \quad \phi = \phi_0 + \phi_1,$$

причем $\phi_0 = -E_0 z$, а ϕ_1 удовлетворяет уравнению Лапласа

$$\nabla^2 \phi_1 = 0$$

с граничными условиями

$$\phi_1|_{z=1} = 0, \quad \phi_1|_{z=0} = -E_0 \xi(x, t),$$

где $\xi(x, t) = \xi_0 \exp[i(kx - \omega t)]$ есть возмущение поверхности жидкости и, следовательно, $\phi(x, z, t)$ имеет вид

$$\phi(x, z, t) = -E_0 z + E_0 \xi_0 \text{sh}[k(z-1)] / \text{sh}(kl) \exp[i(kx - \omega t)].$$

2. Граничные условия, с помощью которых определяются неизвестные постоянные, следующие:

а) исчезновение скорости на дне, т.е.

$$v_z|_{z=-h} = 0, \quad v_x|_{z=-h} = 0;$$

б) исчезновение касательных напряжений на поверхности жидкости:

$$-v_0 \partial \Psi / \partial x|_{z=0} + \nu (\partial^2 \Psi / \partial z^2 - \partial^2 \Psi / \partial x^2)|_{z=0} = 0;$$

в) кинематическое условие на поверхности $z = 0$, что есть

$$\partial \xi / \partial t + v_0 \partial \xi / \partial x = -\partial \Psi / \partial x|_{z=0};$$

г) равенство нулю нормального составляющего полного давления, т.е.

$$-\{p + 2i\rho\nu k \partial \Psi / \partial z\}_{z=0} + \alpha \partial^2 \xi / \partial x^2 + E^2 / 8\pi|_{z=0} = 0,$$

где последние два слагаемых представляют поверхностные давления и давления со стороны электрического поля. Эти условия для ξ вида $\xi(x, t) = \xi_0 \exp[i(kx - \omega t)]$ приводят к системе однородных уравнений относительно неизвестных постоянных. Условие существования нетривиального решения (равенство нулю определителя системы) приводит к следующему равенству, из которого в принципе можно найти функцию $\omega = \omega(k)$ (дисперсионное уравнение):

$$i\rho(\nu_0 - \omega/k)A^{-1} \left\{ \left[(k^2 + m^2)\nu + ik\nu_0 \right] \left[(k^2 + m^2)(mch(kh)ch(mh) - ksh(kh)sh(mh)) - 2mk^2 \right] + \left[2k^2\nu + ik\nu_0 \right] \left[2mk(kch(mh)ch(kh) - msh(mh)sh(kh)) - (m^2 + k^2)m \right] \right\} + \alpha k^2 + \rho g - kE_0^2 \text{cth}(kh) / 4\pi = 0, \quad (3)$$

где α – поверхностное натяжение, а A определяется выражением

$$A = (m^2 + k^2) [msh(kh)ch(mh) - kch(kh)sh(mh)]. \quad (4)$$

3. Рассмотрим некоторые частные случаи. Если положить одновременно $\omega \rightarrow 0$ и $\nu \rightarrow 0$ таким образом, что $\omega/\nu \rightarrow \infty$, то из уравнения (3) получим

$$\nu_0^2 = [\alpha k / \rho + g - E_0^2 \text{cth}(kl) / (4\pi\rho)] \nu h(kh). \quad (5)$$

Условие устойчивости в этом случае сводится к требованию $\nu_0^2 > 0$, что эквивалентно

$$\alpha k / \rho + g - E_0^2 \text{cth}(kl) / (4\pi\rho) > 0.$$

Оно совпадает с условием устойчивости поверхностных волн для покоящейся

идеальной жидкости [1].

Если положить $v_0 = 0$ и рассматривать вязкую жидкость достаточно большой глубины, т.е. считать $h \rightarrow \infty$, то из (3) получаем

$$(2k^2 - i\omega/v)^2 + 4k^2 \sqrt{k^2 - i\omega/v} + kg/v^2 + \alpha k^3 / (\rho v^2) - E_0^2 k^2 \operatorname{cth}(kl) / (4\pi \rho v^2) = 0. \quad (6)$$

Поскольку теперь ω – комплексная величина, то для устойчивости волн требуется, чтобы $\operatorname{Im} \omega < 0$.

Полагая $\omega = \omega_1 + i\omega_2$; $\sqrt{k^2 - i\omega/v} = \rho_0 \exp(i\varphi)$, находим условие устойчивости

$$k^2 - \cos \varphi \sqrt{(k^2 + \omega_2/v)^2 + \omega_1^2/v^2} < 0, \quad (7)$$

где $\cos \varphi$ является положительным решением уравнения

$$k^4 + 2k^2 \rho_0 \cos \varphi + \rho_0^2 (2 \cos^2 \varphi - 1) + 2k^2 \sqrt{2\rho_0(1 + \cos \varphi)} + f = 0.$$

Из (7) фактически определяется то значение электрического поля, при котором появляется неустойчивость. Отметим также, что уравнение (6) при пренебрежении поверхностного натяжения и отсутствии электрического поля переходит в известное соотношение [5].

Рассмотрим теперь случай, когда $\omega \rightarrow 0$, $v \neq 0$.

Полагая $m = k + \delta$ и разлагая все члены, входящие в (3), в ряд относительно δ и ограничиваясь линейным приближением после простых, но довольно громоздких вычислений, находим для δ выражение

$$\delta = \left\{ v_0^2 F_1 - (sh^2(kh) - 2kh) [k\alpha/\rho + g/k - E_0^2 \operatorname{cth}(kl)/(4\pi\rho)] - 2ikv_0 F_2 v \right\} / \left\{ 8kv^2 (ch^2(kh) + k^2 h^2) - 2v_0 \phi_2 / 3 + iv_0 [v_0 (k^2 h^2 - ch^2(kh)) + 4kv\phi_1 / 3] \right\}. \quad (8)$$

Разделив вещественную и мнимую части и учитывая, что временная зависимость ξ при этом будет иметь вид $\exp(2vk\delta t)$, приходим к выводу, что для устойчивости необходимо выполнение условия $\operatorname{Re} \delta < 0$. Оно эквивалентно требованию иметь место неравенству

$$\left\{ v_0^2 F_1 - (sh^2(kh) - 2kh) [k\alpha/\rho + g/k - E_0^2 \operatorname{cth}(kl)/(4\pi\rho)] \right\} \left\{ 8kv^2 (ch^2(kh) + k^2 h^2) - 2v_0 \phi_2 / 3 \right\} - 2v_0^2 kv F_2 [v_0 (k^2 h^2 - ch^2(kh)) + 4kv\phi_1 / 3] > 0, \quad (9)$$

где

$$F_1 = 2k^2 h^2, \quad F_2 = 2k^2 h^2 + 2ch^2(kh),$$

$$\phi_1 = 12ch^2(kh) + 6khch(kh)sh(kh) + 12k^2 h^2, \quad \phi_2 = 3ch^2(kh) + 9k^2 h^2 - 3.$$

Из неравенства (9) также определяется то предельное значение электрического поля, вплоть до которого волнение на поверхности жидкости при заданном v_0 имеет устойчивый характер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Френкель Я.И. – ЖЭТФ, 1936, т.6, в.4, с. 347.
2. Копейкина Э.К. – Магнитная гидродинамика, 1970, в.3, с. 142.
3. Горьков Л.П., Черникова Д.М. – Письма в ЖЭТФ, 1973, т. 18, в.2, с.119.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика сплошных сред. М.: 1954.
5. Miskovsky N.M., Gutler P.H., Chung M. – J.Appl. Phys., 1990, v.68, p. 1475-1482.
6. Шпряева С.О., Белоножко Д.Ф, Григорьев А.И. – ЖТФ, 1998, т.68, в.2, с. 22-29.

Կ.Վ. ՊԱՊՈՅԱՆ, Ա.Հ. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ, Ա.Գ.ՏԱՏՈՒՐՅԱՆ

ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԴԱՇՏՈՒՄ ԳՏՆՎՈՂ ՄԱԾՈՒՅԻԿ ԿԱՂՈՐԴԻՉ
ՀԵՂՈՒԿ ԸԵՐՏԻ ՄԱԿԵՐԵՎՈՒԹԱՅԻՆ ԱԼԻՔՆԵՐԻ
ԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ո մ

Զննարկված է շարժվող հաղորդիչ հեղուկի շերտի մակերևութային ալիքների կայունության մասին խնդիրը: Այդ ալիքների համար գտնվել է դիսպերսիոն հավասարումը և դիտարկվել են մի շարք մասնավոր դեպքեր:

УДК 535.7

Л. С. АСЛАНЯН

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ В
 СРЕДЕ ИЗ ДВУХУРОВНЕВЫХ АТОМОВ

Обсуждены *P*-поляризованные нелинейные поверхностные волны, существующие на границе линейной среды и среды, состоящей из двухуровневых атомов. Найдено точное дисперсионное соотношение для поверхностной электромагнитной волны, которое в предельном случае совпадает с полученным ранее по теории возмущений выражением.

1. Обсуждению поверхностных электромагнитных волн (ПЭВ), распространяющихся вдоль границы раздела двух сред, для одной (или двух) из которых диэлектрическая проницаемость зависит от интенсивности, посвящено много работ [1-4]. С учетом больших значений интенсивностей ПЭВ, достижимых из-за сильной локализации вблизи границы раздела, а также того, что среды, в которых под действием света происходит реальное изменение заселенностей уровней, обладают большой нелинейностью, естественно описывать нелинейные свойства системы не только кубической поляризуемостью, но и более высокими порядками по интенсивности света, соответствующими эффекту насыщения. Впервые нелинейные ПЭВ в условиях насыщения нелинейности были исследованы в [5,6]. Однако в [5] рассматривалась нелинейность специального типа, где не учитывалась зависимость от интенсивности одной составляющей диэлектрической проницаемости, а в [6] в практически важном случае изотропной среды задача была решена методом теории возмущений.

Целью настоящей работы является получение точного дисперсионного соотношения для ПЭВ, существующих на границе раздела между линейной средой и средой из двухуровневых атомов.

2. Пусть поверхностная волна распространяется вдоль границы раздела двух сред, одна из которых является линейной с диэлектрической проницаемостью ϵ_1 (область $z < 0$) и нелинейной ($z > 0$). Наиболее простое феноменологическое выражение, часто используемое для рассмотрения эффектов насыщения, имеет следующий вид [7]:

$$\epsilon = n_0^2 \left\{ 1 + i \frac{\alpha_0}{k} \left(1 + \frac{|\vec{E}|^2}{I_s} \right)^{-1} (\delta - i)^{-1} \right\}. \quad (1)$$

Здесь α_0 – невозмущенное поглощение, I_s – интенсивность насыщения, n_0 – показатель преломления, $k = \frac{\omega}{c} n_0$, а $\delta = (\omega - \omega_0) / \Gamma$ (Γ – ширина однородноширенной линии). Для простоты рассмотрим случай, когда мнимой частью можно пренебречь. Тогда диэлектрическую проницаемость можно представить в виде

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \frac{\alpha}{1 + g(|\vec{E}|^2)}, \quad (2)$$

где $\varepsilon_0 = n_0^2$, $\alpha = \alpha_0^2 / k(1 + \delta^2)$, $g(|\vec{E}|^2) = |\vec{E}|^2 / I_S$.

Здесь мы рассмотрим p -поляризованные поверхностные волны, распространяющиеся по оси x , которая направлена вдоль границы раздела. Для вывода дисперсионного соотношения применим методику, предложенную в [8]. Предположим, зависимость волны от x координаты имеет вид $\sim \exp(ikx)$, а от y – она отсутствует. Предполагая также монохроматичность волны и переходя к безразмерным координатам, из уравнений Максвелла получим

$$\begin{aligned} \frac{dH_y}{d\xi} &= i\varepsilon \cdot E_x(\xi), \\ \eta H_y(\xi) &= -\varepsilon E_z(\xi), \\ \frac{dE_x}{d\xi} - i\eta E_z &= iH_y(\xi), \end{aligned} \quad (3)$$

где $\xi = \frac{\omega}{c}z$, $\eta = \frac{c}{\omega}k_x$. Исключая E_x и E_z , приходим к одному нелинейному уравнению второго порядка

$$\left(\frac{H_y'}{\varepsilon} \right)' = \left(\frac{\eta^2}{\varepsilon} - 1 \right) H_y, \quad (4)$$

штрих означает дифференцирование по безразмерной координате ξ . Заметим, что диэлектрическая проницаемость нелинейной среды зависит от ξ только из-за зависимости от интенсивности

$$|\vec{E}|^2 = |E_x|^2 + |E_z|^2 = \left| \frac{\eta H_y}{\varepsilon} \right|^2 + \left| \frac{H_y'}{\varepsilon} \right|^2. \quad (5)$$

Пусть $I(\varepsilon - \varepsilon_0) = |\vec{E}|^2$ – обратная функция $\varepsilon(|\vec{E}|^2)$. Воспользовавшись выражением (2), для обратной функции найдем

$$I(\varepsilon - \varepsilon_0) = \frac{\alpha - (\varepsilon - \varepsilon_0)}{(\varepsilon - \varepsilon_0)} I_S. \quad (6)$$

Как следует из (6), в линейном пределе

$$\lim_{|\vec{E}| \rightarrow 0} I(\varepsilon - \varepsilon_0) = I(\alpha) = 0.$$

Нетрудно убедиться, что в средах без потерь H_y определена с точностью до постоянного фазового множителя. Поэтому без потери общности можем считать H_y действительной и неотрицательной величиной. Тогда из (5) имеем

$$\left(\frac{H'}{\varepsilon}\right)^2 = I(\varepsilon - \varepsilon_0) - \eta^2 \left(\frac{H}{\varepsilon}\right)^2. \quad (7)$$

Дифференцируя (7) и воспользовавшись (4), получаем

$$\left(\left(\frac{2\eta^2 - \varepsilon}{\varepsilon}\right)H^2\right)' = \varepsilon I'(\varepsilon - \varepsilon_0) \quad (8)$$

и после интегрирования по частям находим

$$H^2 = \frac{\varepsilon}{2\eta^2 - \varepsilon} \{\varepsilon \cdot I(\varepsilon - \varepsilon_0) - J(\varepsilon - \varepsilon_0)\}, \quad (9)$$

где для сокращения записи введено обозначение

$$J(\varepsilon - \varepsilon_0) = \int_{\alpha}^{\varepsilon - \varepsilon_0} I(x) dx.$$

Подставляя (6) и интегрируя, получаем

$$J(\varepsilon - \varepsilon_0) = \alpha \cdot I_s \cdot \left\{ \frac{g(|\vec{E}|^2)}{1 + g(|\vec{E}|^2)} - \ln[1 + g(|\vec{E}|^2)] \right\}. \quad (10)$$

Постоянная интегрирования принимается равной нулю, так как на бесконечности $H = H' = 0$ (это соответствует условию затухания волны) и, следовательно, $I = 0$. После несложных преобразований (9) можно представить в следующем виде:

$$H^2 = \frac{\varepsilon \cdot I_s}{2 \cdot \eta^2 - \varepsilon} \left\{ \varepsilon_0 g(|\vec{E}|^2) + \alpha \cdot \ln[1 + g(|\vec{E}|^2)] \right\}. \quad (11)$$

Для получения дисперсионного соотношения воспользуемся граничными условиями:

$$[H] = 0, \left[\frac{H'}{\varepsilon}\right] = 0. \quad (12)$$

Для конкретности рассмотрим случай, когда область $z \leq 0$ занимает диэлектрик с $\varepsilon = \varepsilon_1 = const$. Тогда волновое уравнение в области $z \leq 0$ имеет следующий вид:

$$H'' = (\eta^2 - \varepsilon_1)H. \quad (13)$$

Его решение хорошо известно [9]

$$H(\xi) = H(0) \exp(k_1 \xi), \quad (14)$$

где $k_1 = \eta^2 - \varepsilon_1 > 0$, что соответствует локализованной моде. Воспользовавшись (11) и (14), из граничных условий (12) получим

$$\frac{H^2(0) \cdot k_1^2}{\varepsilon_1} = I(\varepsilon(0) - \varepsilon_0) - \eta^2 \cdot \left(\frac{H(0)}{\varepsilon(0)}\right)^2, \quad (15)$$

которое после несложных преобразований представим в виде:

$$\eta^2 = \frac{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon^2(0) [\varepsilon_0 - \varepsilon_1 + \left(\frac{\alpha}{g_0}\right) \ln(1 + g_0)]}{[\varepsilon_0 + \left(\frac{\alpha}{g_0}\right) \ln(1 + g_0)] \cdot [\varepsilon^2(0) + \varepsilon_1^2] - 2 \cdot \varepsilon_1^2 \cdot \varepsilon(0)}, \quad (16)$$

$$\text{где } g_0 = \frac{|\bar{E}(0)|^2}{I_s}, \quad \text{а } \varepsilon(0) = \varepsilon_0 + \frac{\alpha}{1 + g_0}.$$

3. Это и является искомым дисперсионным соотношением ПЭВ, существующих на границе линейной среды и среды из двухуровневых атомов.

Следует отметить, что полученное дисперсионное соотношение (16) является точным. Разлагая знаменатель в ряд по малому параметру α , приходим к следующему виду дисперсионного соотношения:

$$\eta^2 = \frac{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_0}{\varepsilon_1 + \varepsilon_0} \left[1 + \frac{\alpha \cdot \varepsilon_1}{\varepsilon_0 (\varepsilon_0 + \varepsilon_1)} \cdot \frac{\ln(1 + g_0)}{g_0} \right], \quad (17)$$

которое полностью согласуется с результатом, полученным по теории возмущений [6].

Чтобы найти профиль волны во второй среде, следует воспользоваться соотношением (7), которое перепишем в виде

$$(H')^2 = \varepsilon^2 \cdot I(\varepsilon - \varepsilon_0) - \eta^2 \cdot H^2. \quad (18)$$

Решение этого уравнения в общем виде можно представить следующим образом:

$$\xi = \text{sgn}(H') \cdot \int_{H(0)}^H \frac{dH}{\sqrt{\varepsilon^2 \cdot I(\varepsilon - \varepsilon_0) - \eta^2 H^2}} = \text{sgn}(\varepsilon') \int_{\varepsilon(0)}^{\varepsilon} \frac{d\varepsilon}{\sqrt{-2 \cdot V(\varepsilon)}}. \quad (19)$$

Здесь $H(0)$ и $\varepsilon(0)$ – величины магнитного поля и диэлектрической проницаемости соответственно на границе раздела, а

$$V(\varepsilon) = -\frac{1}{2} \left(\frac{dH}{d\varepsilon} \right)^2 \{ \varepsilon^2 \cdot I(\varepsilon - \varepsilon_0) - \eta^2 H^2 \}.$$

Заметим, однако, что для нахождения дисперсионного соотношения (16) нелинейных ПЭВ вычисления интеграла (19) в квадратурах не требуется.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агранович В.М., Бабиченко В.С., Черняк В.Я. – Письма в ЖЭТФ, 1980, т.32, с.532.
2. Aganovich V.M., Chernyak V.Ya. – Sol.St.Comm., 1982, v.44, p.1309.
3. Ricard D. – Ann.Phys.(Fr).1983, v.8, No3, p.273.
4. Snyder A.V., Tran H.T. – Opt.Comm., 1993, v.98, p.309.
5. Хаджи П.И., Киселева Е.С. – ЖЭТФ, 1987, т.57, No2, с.395.
6. Бордо В.Г. – Письма в ЖТФ, 1988, т.14, No13, с. 1169.
7. Зельдович Б.Я., Палипецкий Н.Ф., Шкунов В.В. – Обращение волнового фронта. М.Наука, 1985.
8. Leung K.M. – Phys. Rev., 1985, v.B32, No8, p.5093.
9. Агранович В.М., Гинзбург В.Л. – Кристаллооптика с учетом пространственной дисперсии. М. Наука. 1977.

Լ.Ս.ԱՍԼԱՆՅԱՆ

ՄԱԿԵՐԵՎՈՒԹԱՅԻՆ ԼԵԿՏՐԱՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԱԼԻՔՆԵՐԸ
ԵՐԿՄԱԿԱՐԴԱԿԱՆԻ ԱՏՈՄՆԵՐԻ ՀԱՄԱԿԱՐԳՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

Քննարկված են գծային միջավայրի և երկմակարդականի ատոմներից բաղկացած համակարգի բաժանման սահմանում գոյություն ունեցող P-բևեռացված ոչ գծային մակերևութային ալիքները: Գտնված է այդ մակերևութային էլեկտրամագնիսական ալիքների ճշգրիտ դիսպերսիոն առնչությունը, որը սահմանային դեպքում համընկնում է խոտորումների տեսությամբ ստացվածի հետ:

УДК 535.215

В.Б.ПАХАЛОВ

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ АНАЛОГИЯ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО СЧЕТУ ФОТОНОВ

Регистрируя модулированные во времени оптические импульсы с помощью фотоэлектронного умножителя (ФЭУ), работающего в режиме счета фотонов, мы наблюдаем формирование импульса модуляции. При малой интенсивности света, что аналогично малому числу фотоотсчетов в единицу времени, регистрируются отдельные импульсы фотоотсчетов. При увеличении интенсивности постепенно формируется импульс модуляции.

Показано, что минимальная регистрируемая длительность импульса модуляции определяется одноэлектронным импульсом (ОЭ). Это накладывает ограничение на возможность регистрации сигнала. На пространственном языке это приводит к минимально возможному размеру пятна изображения, ограниченному из-за размера фоточувствительного зерна регистрирующего устройства.

При оптической связи на очень большие расстояния или регистрации сверхкоротких оптических импульсов разрешение также будет ограничиваться длительностью одноэлектронного импульса.

Известна аналогия между различными пространственными и временными характеристиками в интерференционных экспериментах в нормальных условиях больших интенсивностей [1]. Напр., пространственный или угловой спектр дифрагирующего на щели излучения (пространственного импульса) аналогичен временному спектру импульса (волнового пакета) (рис. 1). Аналогично в эксперименте с дифракционной решеткой угловой спектр подобен спектру временной последовательности импульсов или спектру видеоимпульса (импульс с высокочастотным заполнением) (рис. 2).

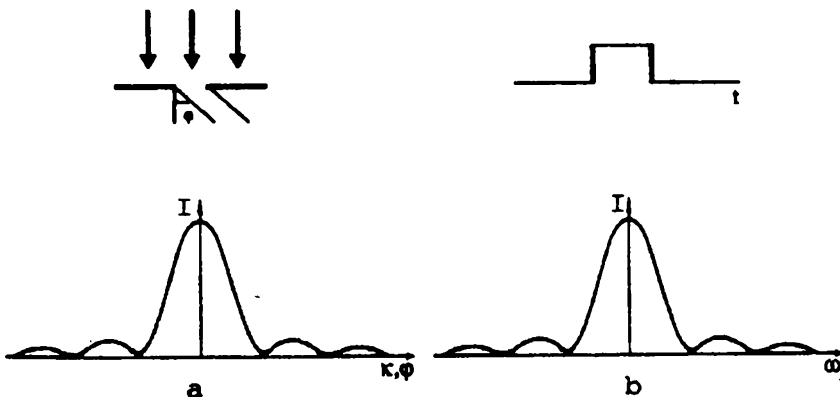


Рис.1. а. Дифракция на щели. Пространственный или угловой спектр. Разложение по плоским волнам. б. Временной спектр импульса. Разложение по монохроматическим волнам.

В корреляционных экспериментах пространственная или временная корреляционная функция поля (КФП) определяется, напр., по картине дифракции в 2-х щелевом интерферометре Юнга (по видности пространственной картины) и в интерферометре Майкельсона (два сдвинутых во времени импульса). Существуют теорема Ван-Циттерта-Цернике для определения пространственной КФП по пространственному распределению интенсивности на отверстиях и ее временной аналог, определяющий КФ интенсивности из фурье-преобразования начального распределения интенсивности импульса.

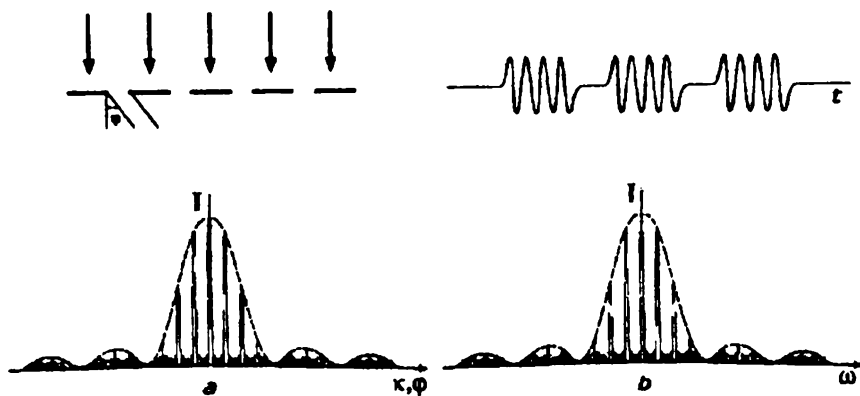


Рис. 2. а. Дифракционная решетка. Пространственный спектр. б. Импульсно-модулированный сигнал (видеоимпульс). Временной спектр.

В работе изучено влияние интенсивности падающего на фотодетектор модулированного излучения на форму импульса в режиме счета фотонов. Показано, что при малых интенсивностях импульс перестает быть одним импульсом и разбивается на фотоотсчетные импульсы, где каждый из них обязан одному фотону.

ЭКСПЕРИМЕНТ

Когда куча перестает быть кучей?

В эксперименте используется классическая схема регистрации фотоотчетов (рис 3). В качестве источника используется модулированное обычным прерывателем (3) излучение лазера или светодиода (1) с регулировкой интенсивности поляризатором и фильтром (2). Осциллограф работает в режиме ждущей развертки. На рис. 4 приведены фотографии одноэлектронного импульса ($T_u = 10^{-6} \text{ с}$) (отрицательно-го импульса на выходе усилителя) и последовательные фотографии импульса модуляции при увеличении числа фотонов (интенсивности) от 10 до 1000 в одном импульсе при длительности импульса модуляции 10^{-3} с (т.е. частоты от 10^4 Гц до 10^6 Гц). Второй ряд соответственно снят при меньшей чувствительности осциллографа (в десять раз) и соответствует частотам от 10^6 до $5 \cdot 10^7 \text{ Гц}$. Между импульсами наблюдаются темновые импульсы ФЭУ, не зависящие от интенсивности падающего света.

Видно, что уже при частоте $5 \cdot 10^5 \text{ Гц}$ начинается образование основы и классического импульса, что лучше видно при меньшей чувствительности осциллографа (рис. 4, фото 6–9). Перекрытие фотоотсчетных импульсов (начинается у основания) зависит от конкретной схемы, а именно от длительности и формы импульса, постоянной времени RC, напряжения питания ФЭУ. Не перекрытая часть ОЭ импульсов сохраняется как дробовой шум.

В нашем случае реальный ОЭ импульс у основания имеет длительность 10^{-6} с протяженным хвостом, а на половинном уровне – 10^{-7} с. С увеличением напряжения

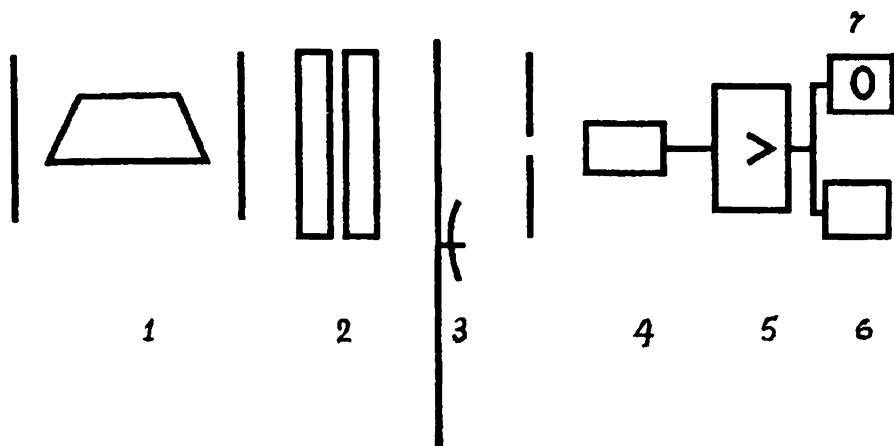


Рис. 3. Блок-схема регистрации фотоотсчетных импульсов: 1 – источник излучения, 2 – фильтр, 3 – поляризатор, 4 – прерыватель-модулятор, 5 – ФЭУ, 6 – усилитель, 7 – счетчик импульсов, 8 – осциллограф.

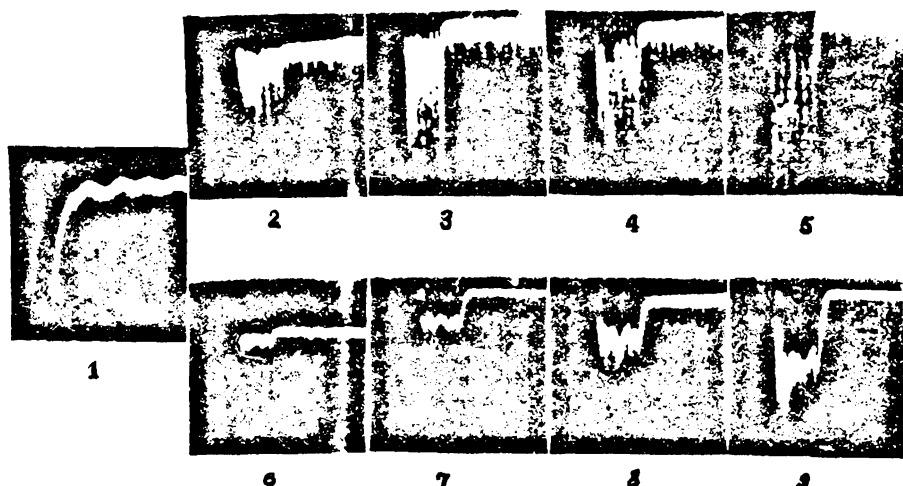


Рис. 4. Результаты эксперимента: 1. одноэлектронный импульс, $T_n = 10^{-6}$ с, 2–5 – импульс модуляции $T_m = 10^{-3}$ с, частота 10^4 – 10^6 Гц, 6–9 – частоты 10^6 – $5 \cdot 10^7$ Гц. Чувствительность в десять раз меньше.

на ФЭУ возрастают амплитуда ОЭ импульса и длительность у основания, что приводит к более раннему образованию импульса и при том же напряжении к большей амплитуде классического импульса.

Если считать квантовую эффективность η фотокатода 0,1, то мощность излучения (при $\lambda = 0,63$ мкм), соответствующая началу образования импульса, будет порядка 10^{-12} Вт.

На рис. 5 приведены результаты компьютерного моделирования для экспоненциальных импульсов длительностью 10^{-6} с со случайным моментом появления, за-

данным генератором случайных чисел: Длительность импульса модуляции 10^{-7} с, частота следования от 10^4 до 10^5 Гц.

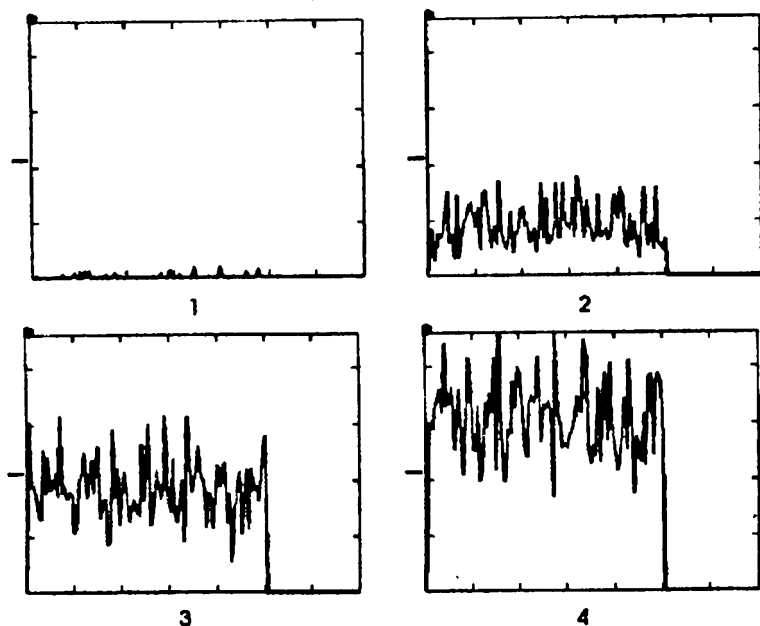


Рис.5. Результаты компьютерного моделирования для экспоненциальных импульсов длительностью 10^{-6} с, импульс модуляции 10^{-3} с, частоты следования: 1 - 10^4 , 2 - $5 \cdot 10^4$, 3 - $6 \cdot 10^4$, 4 - 10^5 Гц.

Результаты аналогичны экспериментальным фотографиям на рис. 4.

Для сравнения приведу результаты компьютерного моделирования эксперимента по дифракции электронов на двух щелях из работы Йенссона [2]* (рис. 6) для разного числа электронов 27, 70, 735. В эксперименте минимальный размер пятна определяется размером зерна фотопластинки. При заполнении до 10% площади дифракционной полосы пятнами экспонированных зерен форма дифракционной картины не проявляется, но при заполнении 20-30% - она видна. Минимальная ширина дифракционной полосы не может быть меньше ширины зерна фотопластинки.

В нашем случае роль экспонированного зерна изображения играет ОЭ импульс, длительностью которого определяется минимально возможная длительность импульса модуляции.

Таким образом в работе анализируются некоторые ограничения, возникающие при работе в режимах, связанных со счетным числом частиц, будь то фотоны, электроны или пятна их изображения - пиксели (сигнал изображения во времени или в пространстве).

Рис.6. Результаты моделирования эксперимента с двумя щелями. Распределения отвечают экспозициям с малым числом электронов: а - 27 электронов; б - 70 электронов; в - 735 электронов.

* Рисунок Йенссона взят из книги: Оррир Дж. Физика, пер. с англ., изд-во Мир, 1981.

При оптической связи на большие расстояния разрешение также будет ограничиваться длительностью ОЭ импульса. При этом отдельно принятый фотон не несет информации. Но при одновременной модуляции по другому параметру, напр., по поляризации или по энергии – частоте, отдельный фотон будет нести информацию. В частности, при поиске информации от внеземных цивилизаций не надо пренебрегать возможностью наличия информации в отдельном фотоне или в какой-нибудь элементарной частице.

В течение последних 15 лет выполнено много работ по дифракции и интерференции атомных пучков [3, 4], авторам которых можно предложить постановку экспериментов, исходя из пространственно-временной аналогии.

В заключение благодарю Г. Есяяна за помощь в компьютерном моделировании.

Кафедра оптики

Поступила 17.05.1999

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахманов С.А., Дьяков Ю.Е., Чиркин А.С. Введение в статистическую радиофизику и оптику, М., 1981.
2. Jönsson C. – Zc. Phys., 1961, v. 161.
3. Freyberger M., Klenle S.H., Yakovlev V.P. – Interferometric measurement of an atomic wave function. Phys. Rev. A. 1997, v.56, N 1, p.195.
4. Johnson K.S. et al. Atomic deflection using an adaptiv microelectromagnet mirror, – Phys. Rev. Lett., v. 81 , 1998, N6, p. 1137.

Վ.Բ.ՊԱՆԱՆՈՎ

ՏԱՐԱԾԱ-ԺԱՄԱՆԱԿԱՅԻՆ ՀԱՄԱՆՄԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ ՖՈՏՈՆՆԵՐԻ ԳՐԱՆՑՄԱՆ ԷԶՊԵՐԻՄԵՆՏՈՒՄ

Ամփոփում

Գրանցելով ըստ ժամանակի մոդուլացված օպտիկական իմպուլսներ ֆոտոէլեկտրոնային բազմապատկիչի միջոցով, որը աշխատում է ֆոտոնների հաշվարկման ռեժիմով, դիտում ենք մոդուլացիայի իմպուլսի կազմավորումը: Ցածր ինտենսիվությունների ժամանակ, ինչը համարժեք է միավոր ժամանակամիջոցում ֆոտոհաշվարկների փոքր թվին, գրանցվում են առանձին ֆոտոհաշվարկային իմպուլսներ: Ինտենսիվության մեծացման հետ կազմավորվում է մոդուլացիայի իմպուլսը:

Մոդուլացիայի իմպուլսի գրանցման մինիմալ տևողությունը որոշվում է միաէլեկտրոնային իմպուլսի տևողությամբ: Դա դնում է որոշակի սահմանափակումներ ազդանշանի գրանցման հնարավորությունների վրա: Տարածական լեզվով դա բերում է պատկերի մինիմալ բծի չափերին, որը սահմանափակվում է գրանցող սարքի ֆոտոզգայուն հատիկի չափերով:

Նույն ելևույթը դիտվում է նաև թե՛ մեծ հեռավորությունների վրա օպտիկական կապի, թե՛ գերկարճ օպտիկական ազդանշանների գրանցման դեպքերում:

УДК 546.98 + 543.25 + 668.8

Г. Г. ДАРБИНЯН

ОСНОВНЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ КРАСИТЕЛИ КАК
АМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЕ РЕАГЕНТЫ
XV. Изучение электрохимического поведения тетра-, три- и
диметилтионинов на твердых электродах

Изучено электрохимическое поведение тетра-, три- и диметилтионинов на платиновом и графитовом индикаторных электродах. Определены значения потенциалов электрохимического восстановления и окисления указанных основных органических красителей на различных полярографических фонах.

Ранее были использованы реакции взаимодействия золота (III) и палладия (II) с основными органическими красителями тиазинового ряда – тетра-, три- и диметилтионинами (ТМТ, ТрМТ и ДМТ). Предложены методы амперометрического определения микроколичеств указанных элементов [1 – 4].

Целью данной работы является изучение электрохимического поведения ТМТ, ТрМТ и ДМТ на различных полярографических фонах и различных твердых индикаторных электродах, что позволит представить природу химических реакций, протекающих при использовании перечисленных основных красителей в качестве амперометрических реагентов.

Экспериментальная часть и обсуждение результатов. Изучение электрохимического поведения ТМТ, ТрМТ и ДМТ проводили на собранной амперометрической установке. Электрод сравнения – меркуриодидный. Индикаторные электроды – платиновый игольчатый и пропитанный парафином графитовый (из особо чистого графита для спектрального анализа).

При амперометрическом титровании применяют электроды из различных материалов: ртути, платины, других металлов, углерода (графита). Электрод из ртути работает в области отрицательных потенциалов и пригоден для электродных реакций высокоотрицательных ионов (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+}). Исходя из того что ртутный электрод растворяется при анодном процессе и беря во внимание токсичность паров металлической ртути, ртутный капельный электрод мы не применяли.

На платиновом электроде перенапряжение выделения водорода при средних значениях плотности тока практически отсутствует, и водород выделяется при потенциале около нуля в кислых растворах, $-0,4 В$ в нейтральном и $-0,8 В$ в щелочных растворах.

Платина анодно практически не растворяется, и на ней весьма значительно перенапряжение выделения кислорода. Вследствие этого платиновый электрод можно поляризовать при высоких положительных потенциалах (до $+2,0 В$). Таким образом в кислых растворах платиновый электрод может быть использован в диапазоне $0 - 2 В$.

Спектральный графит марки “осч” имеет поверхностную пористость порядка 25 – 30%, однако после пропитки его воском, парафином и некоторыми другими органическими веществами (импрегнаторами) его поверхностная пористость может быть понижена до 5 – 8%. Восстановление растворенных в электролите молекул

кислорода протекает на графитовом электроде при потенциалах более отрицательных (на 0,3 – 0,4 В), чем на платиновом электроде. Кроме того, большая площадь графитового электрода позволяет повышать чувствительность амперометрического титрования. Графитовый электрод работает в очень широком диапазоне потенциалов от –0,6 до +2,0 В.

Для изучения электрохимического поведения ТМТ, ТрМТ и ДМТ были получены вольт-амперные кривые поляризации ($i_d = f(\varphi)$) указанных триазиновых красителей на различных полярографических фонах как на платиновом, так и графитовом индикаторных электродах (рис.1).

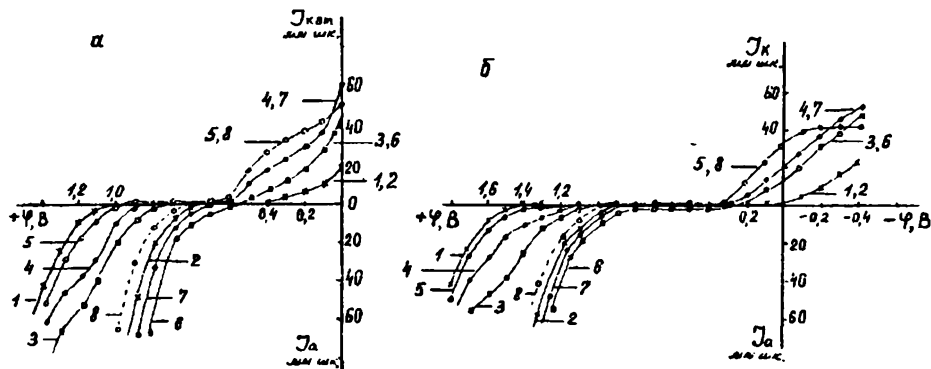
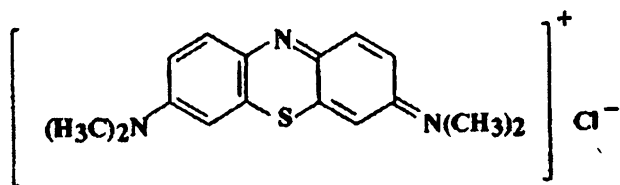


Рис.1. Вольт-амперные кривые поляризации на платиновом (а) и графитовом (б) электродах: 1– фон – 0,1 М КСl + 0,1 М H_2SO_4 ; 2 – фон – 0,1 М КСl + 0,1 М H_2SO_4 ; 3,4,5 – $8 \cdot 10^{-5}$ М ТМТ, ТрМТ и ДМТ соответственно на фоне 0,1 М КСl + 0,1 М H_2SO_4 ; 6,7,8 – $8 \cdot 10^{-5}$ М ТМТ, ТрМТ и ДМТ соответственно на фоне 0,1 М КВr + 0,1 М H_2SO_4 .

Выбор фона (0,1 М КСl и 0,1 М КВr в присутствии 0,1 М H_2SO_4) обусловлен тем обстоятельством, что необходимо образование реакционноспособных анионных комплексов золота (III) и палладия (II) для их дальнейшего взаимодействия с основными органическими красителями.

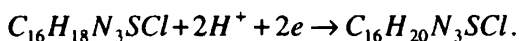
Как видно из рис.1, на вольт-амперных кривых ТМТ и ТрМТ наблюдается смешанная катодно-анодная волна со степенью обратимости $\alpha \approx 1,0$. Образование катодно-анодной волны свидетельствует о наличии в молекулах красителей групп, способных как восстанавливаться, так и окисляться на платиновом или графитовом электродах. Вышеназванные основные органические красители имеют приведенное ниже строение ТМТ и отличаются друг от друга числом метильных групп, что отражено в их названиях:

На рис.1 видно, что ТМТ, ТрМТ и ДМТ восстанавливаются на платиновом



электроде при напряжениях от 0 до +0,6 В; а на графитовом – от –0,4 до +0,4 В, что дает возможность применения тока катодного восстановления красителей для амперометрического титрования золота (III) и палладия (II). Электродную реакцию

восстановления тиазиновых красителей на примере ТМТ можно представить в виде схемы



Из рис.1 видно также, что при анодном процессе волна окисления ТМТ и ТрМТ четко выражена на фоне хлорида калия и перекрывается волной окисления бромид-ионов на бромидном фоне. Потенциал полуволны практически не меняется и равен $E_{1/2} = +1,35 B$, что говорит о единой природе окисляющихся групп. Волны окисления ТМТ и ТрМТ отличаются друг от друга по высоте в два раза ($h_1 = 16 мм$, $h_2 = 8 мм$). Таким образом можно предположить, что на фоне $0,1 M KCl$ и $0,1 M H_2SO_4$ происходит окисление двух метильных групп из четырех в молекуле ТМТ и одной – в ТрМТ, а оставшиеся две метильные группы во всех случаях в указанных условиях не окисляются, о чем также свидетельствует совпадение волны анодного окисления ДМТ с фоном.

При обратной поляризации полярограммы как на платиновом, так и на графитовом электродах совпадают с вольт-амперными кривыми, полученными при поляризации слева направо. Таким образом при амперометрическом титровании ТМТ, ТрМТ и ДМТ можно использовать ток восстановления красителей ($0,2 - 0,4 B$) и анодный ток окисления ТМТ и ТрМТ ($+1,4 - 1,6 B$).

Правильность выбора значений потенциала проверяли следующим образом: в фоновый раствор добавляли растворы реагентов с концентрацией $1,0 \cdot 10^{-2} M$ и измеряли ток в цепи. Экспериментальные данные приведены на рис.2.

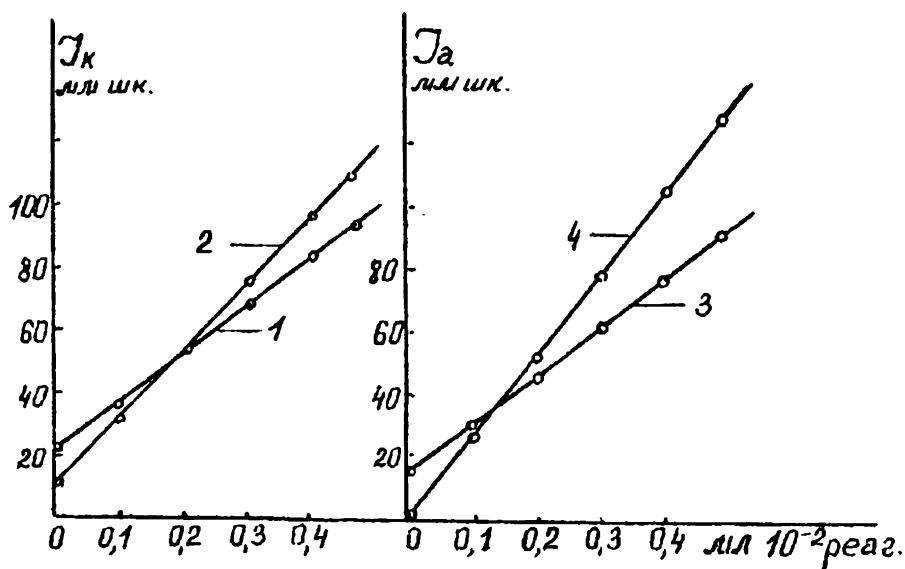


Рис.2. Зависимость тока от концентрации реагента – титранта: 1. ТМТ, ТрМТ, ДМТ при $+0,2 B$ на платиновом электроде; 2. ТМТ, ТрМТ, ДМТ при $-0,2 B$ на графитовом электроде; 3,4 – ТМТ, ТрМТ при $+1,4 B$ на платиновом и графитовом электродах.

Из рис.2 видно, что прямолинейность зависимости $i_d = K C_{реак}$ сохраняется в широкой области концентраций реагентов, что свидетельствует о правильности выбора значений потенциалов электрохимических реакций.

Следовательно, изучение электрохимического поведения ТМТ, ТрМТ и ДМТ показало возможность использования процессов катодного восстановления всех трех указанных красителей на фоне ($0,1M KCl + 0,1M H_2SO_4$) и ($0,1M KBr + 0,1M H_2SO_4$) и процессов анодного окисления ТМТ и ТрМТ на фоне ($0,1M KCl + 0,1M H_2SO_4$).

Кафедра аналитической химии

Поступила 05.06.1998

ЛИТЕРАТУРА

1. Овсепян Е.Н., Шапошникова Г.Н., Дарбинян Г.Г. Амперометрическое определение золота (III) тетраметилтионином. – Арм. хим. журнал, 1982, XXXY, №2, с. 113.
2. Овсепян Е.Н., Дарбинян Г.Г., Шапошникова Г.Н. Исследование взаимодействия галогенидных комплексов золота (III) с диметилтионином. – Арм. хим. журнал, 1985, XXXVIII, №4, с.223.
3. Овсепян Е.Н., Шапошникова Г.Н., Дарбинян Г.Г., Чан Ким Тьен. Органические реагенты в аналитической химии. – Тезисы докл. Всесоюзн. конф. по применению органических реагентов. Киев, 1983, ч.2, с. 164.
4. Овсепян Е.Н., Шапошникова Г.Н., Дарбинян Г.Г. Исследование взаимодействия галогенидных комплексов палладия с триметилтионином. – Межвуз. сб. науч. трудов: Химия и химическая технология. Ер.: Изд-во ЕГУ, в.4, с.107.

ՀՀ ԴԱՐՔԻՆՅԱՆ

ՀԻՄՆԱՅԻՆ ՕՐԳԱՆԱԿԱՆ ՆԵՐԿԱՆՅՈՒԹԵՐԸ ՈՐՊԵՍ
ԱՄՊԵՐԱԶԱՓԱԿԱՆ ՌԵԱԳԵՆՏՆԵՐ
XV. Տետրա-, տրի- և դիմեթիլթիոնինների էլեկտրաքիմիական
հատկությունների ուսումնասիրությունը պինդ էլեկտրոդների վրա

Ա մ փ ո փ ո մ

Ուսումնասիրված է տետրա-, տրի- և դիմեթիլթիոնինների էլեկտրաքիմիական վարքը $0,1 M KCl + 0,1 M H_2SO_4$ և $0,1 M KBr + 0,1 M H_2SO_4$ էլեկտրոլիտների միջավայրում: Որպես ինդիկատորներ կիրառված են *Pt*-ի և *C*-ի էլեկտրոդները: Որոշված են վերականգնման և օքսիդացման պոտենցիալների արժեքները տարբեր միջավայրերում:

УДК 543: 544: 546

Д. С. ГАЙБАКЯН, А. А. ВЕРДЯН, А. С. СААКОВ, Л. Г. АРУСТАМОВА

ФЕЛЬЗИТ – СОРБЕНТ ДЛЯ ТОНКОСЛОЙНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Изучена возможность разделения редких элементов: рения (VII), молибдена (VI), ванадия (V) и вольфрама (VI) методом тонкослойной хроматографии (ТСХ) на природном неорганическом сорбенте фельзите при использовании в качестве подвижной фазы (ПФ) растворов кислот, оснований и солей.

Проведена сравнительная оценка адсорбционной способности природного и кислот-нообработанного фельзита. Предложены новые варианты разделения указанных ионов.

Ранее нами было показано, что роль сорбентов в ТСХ могут выполнять такие неорганические материалы, как цеолиты [1], диатомитовая земля [2] и доломит [3]. Данные об исследовании фельзита, особой разновидности туфа [4] для разделения ионов рения, молибдена, вольфрама и ванадия в тонком слое в литературе отсутствуют.

Целью настоящей работы является разработка метода ТСХ названных редких элементов при использовании в качестве сорбента природного фельзита.

Экспериментальная часть. Исследование проводили с применением закрепленных слоев фельзитовых порошков (фракция 30–40 мкм) с крахмалом. Для этого суспензию, полученную путем тщательного перемешивания 10 г фельзита с 2%-ным содержанием крахмала в 12,5 мл дистиллированной воды, наносили на стеклянные пластинки (10×14 см). Готовые пластинки высушивали при комнатной температуре.

Методика подготовки образцов пробы и ее нанесения на пластинки, требования к чистоте используемых растворителей и к технике ТСХ достаточно подробно освещены в литературе [5]. Проявление хроматограмм осуществляли раствором хлорида олова (II) в концентрированном HCl , затем насыщенным водным раствором роданида аммония. Проявленные зоны имели следующие цвета: рений – оранжевый, молибден – розовый, вольфрам – зелено-синий. Из-за желтизны природного фельзита ионы ванадия не были проявлены.

Полученные результаты и их обсуждение. Преимущественное влияние природы и концентрации растворителей на форму пятен и подвижность ионов способствовали тому, что при подборе подходящей ПФ мы руководствовались необходимостью получения хроматограмм с компактной формой пятен и с наибольшими отличиями в значениях R_f разделяемых ионов. Механизм разделения исследуемых ионов в тонком слое фельзита происходит как за счет катионообменных свойств фельзита (т.к. он является алюмосиликатом с избыточным отрицательным зарядом, компенсируемым ионами щелочных (Na^+ , K^+) и щелочноземельных (Ca^{2+} , Mg^{2+}) металлов), так и за счет его адсорбционных свойств.

Первоначально при выборе растворителей мы исходили из растворов тех кислот и оснований, которыми, как правило, разлагают руды или материалы, содержа-

щие исследуемые элементы. При этом обнаружилось, что ионы рения не поглощаются фельзитом и имеют высокие значения R_f , как в соляно-кислой, так и в щелочной среде. Ионы молибдена в щелочной среде (KOH , NH_4OH) ведут себя аналогично ионам рения; отличие в поведении ионов молибдена наблюдается при использовании в качестве ПФ раствора HCl различной концентрации. До $0,01 N HCl$ ионы молибдена не поглощаются фельзитом; в интервале $0,1-1,0 N$ обнаруживаются два пятна с низким и высоким значением R_f ($0,05-0,2$; $0,96-0,90$), соответствующие катионной (MoO_2^{2+}) и анионной (MoO_4^{2-}) формам молибдена.

Из всего интервала рассмотренных концентраций растворителей разделение ионов достигается только в $6,0 HCl$ при следующих значениях R_f : $Re - 0,95$, $Mo - 0,82$, $W - 0,60-0,71$ при значительном увеличении времени разделения.

Добавление этилового спирта в различных объемных соотношениях к щелочной среде (этанол $-3N KOH$), хотя и приводит к увеличению подвижности ионов Mo , W и Re , но с точки зрения эффективности является неудовлетворительным, т.к. время разделения составляет от 4 до 5 ч. При этом ионы ванадия маскируются желтым цветом фельзита и не проявляются.

Предварительная обработка мелкодисперсного фельзита $6 N HCl$ в течение 4 ч. при $70 - 80^\circ C$ с последующей промывкой водой и сушкой при комнатной температуре позволила получить пластинки с закрепленным слоем [5] высокой селективности. В табл.1 приводятся данные химического состава фельзита до и после кислотной обработки, а в табл.2 – сравнительная оценка значений R_f исследуемых ионов при использовании в качестве ПФ различных солей, включая нейтральные соли и соли, способные к гидролизу на кислотнообработанных слоях фельзита.

Таблица 1

Результаты химического анализа фельзита до и после обработки $6N$ раствором соляной кислоты

Наименование проб	Состав, в %									
	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	MnO	CaO	MgO	CO_2	Na_2O	K_2O
фельзит необработанный	70,0	13,15	0,3	2,44	0,07	2,42	2,62	1,1	2,1	6,0
фельзит обработанный $6N$ соляной кислотой	75,07	12,03	нет	0,80	нет	0,21	1,13	нет	1,3	2,4

В табл. 2 приведены величины R_f ионов на обработанных и необработанных слоях фельзита с применением растворов различных солей в качестве ПФ.

Зависимость R_f рения (VII), молибдена (VI), ванадия (V) и вольфрама (VI) от природы и концентрации ПФ (соли) на 0,3 мм необработанных и обработанных кислотой слоев фельзита

ПФ, 0,1 моль/л	В е л и ч и н ы							
	Re		Mo		V		W	
	необра-бот.	обработ.	необра-бот.	обработ.	необра-бот.	обработ.	необра-бот.	обработ.
NaCl	0,98	0,95	0,85	0,80	-	0,65	0,82	0,72
LiCl	0,98	0,92	0,85	0,74	-	0,60	0,95	0,85
NH ₄ Cl	0,96	0,92	0,85	0,70	-	0,70	0,88	0,81
Na ₂ CO ₃	0,98	0,95	0,86	0,90	-	0,60-1,0	0,85; 0,42	0,95
NH ₄ HCO ₃	0,98	0,90	0,90	0,75	-	0,60	0,95	0,80
NaCH ₃ COO	0,96	0,95	0,78	0,82	-	0,25-1,0	0,85	0,85
(NH ₄) ₂ SO ₄	0,95	0,93	0,88	0,71	-	0,60	0,90	0,78

Таким образом, проведенные исследования показали возможность использования кислотнообработанного природного фельзита в качестве селективного неорганического сорбента для ТСХ при анализе ионов исследуемых элементов.

Кафедра аналитической химии

Поступила 05.06.1998

ЛИТЕРАТУРА

1. Гайбакян Д.С., Гаспарян С.Е., Саргезиян В.А. – Арм. хим. ж., 1991, т.44, №7-8, с. 417.
2. Саргезиян В.А., Зурвачян М.Е., Гайбакян Д.С. – Хим. ж. Армении, 1993, т. 46, №3-4, с. 141.
3. Гайбакян Д.С., Мавдалян Р.М., Малхасян К.Г., Вердян А.А. – Хим. ж. Армении, 1993, т.46, №3-4, с. 153
4. Ацагорцян З.А. Природные каменные материалы Армении. М.: Изд-во Лит. по стр-ву, 1967, 238 с.
5. Лабораторное руководство по хроматографическим и смежным методам. Пер. с англ. Под ред. О.Микеша. М.: Мир, 1982, ч. 1,2.

Դ.Ս. ԳԱՅԲԱԿՅԱՆ, Ա.Ա. ՎԵՐԴՅԱՆ, Ա.Ս. ՍԱՀԱԿՈՎ, Լ.Գ. ԱՌՈՒՍԱՍՏՈՒՎ

ՖԵԼԶԻՏԸ ՈՐՊԵՍ ՍՈՐԲԵՆՏ ՀԱՉՎԱԳՅՈՒՏ ՏԱՐԲԵՐԻ ՆՐԱՇՈՒՄԻ ՔՐՈՄԱՏՈԳՐԱՖԻԱՅՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ո մ

Ուսումնասիրվել է հազվագյուտ տարրեր ռենիումի (VII), մոլիբդենի (VI), վանադիումի (V) և վոլֆրամի (VI) իոնների բաժանման հնարավորությունը՝ քթումերի, հիմքերի և աղերի լուծույթները օգտագործելով որպես շարժում ֆազ ֆելզիտի շերտերի վրա նրբաշերտ քրոմատոգրաֆիական եղանակով:

Պարզվել են թթվի և հիմքի կոնցենտրացիայի, աղի բնույթի և շարժում ֆազում էքանոլի առկայության, ինչպես նաև ֆելզիտի քիմիական մշակման ազդեցությունները շերտի քրոմատոգրաֆիական հատկությունների վրա:

Առաջարկված են վերոհիշյալ իոնների բաժանման նոր տարրերակներ:

УДК 547: 577, 112: 388.2

К. И. АТАЯН, А. С. САГИЯН

МАЛОУТХОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ И ОЧИСТКИ L-ПРОЛИНА ИЗ ФЕРМЕНТАЦИОННЫХ РАСТВОРОВ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Разработана малоотходная технология выделения и очистки L-пролина из ферментационных растворов микробиологического производства. Технология обеспечивает высокое качество (>99%) и количественный химический выход (~90%) целевой аминокислоты L-пролина и малоотходность производства.

L-пролин – важная белковая аминокислота, находящая применение в пищевой промышленности, медицине, фармакологии и в других областях науки и техники. L-пролин является составной частью многих лекарственных препаратов ряда Polyamine для парентерального питания, входит в состав многих физиологических активных пептидов и антибиотиков противоракового и антигипертензивного действия [1,2] и т.д. L-пролин является также хиральным синтоном для получения хиральных реагентов и катализаторов асимметрического синтеза аминокислот, пептидов и других биологически активных соединений [3–5].

В последнее время в связи с созданием высокоактивных штаммов-продуцентов L-пролина микробиологический способ его получения становится основным методом промышленного производства пролина. Особенности микробиологического синтеза обусловлены также успешным решением вопроса его выделения из ферментационных растворов, содержащих наряду с целевым продуктом и другие сопутствующие аминокислоты.

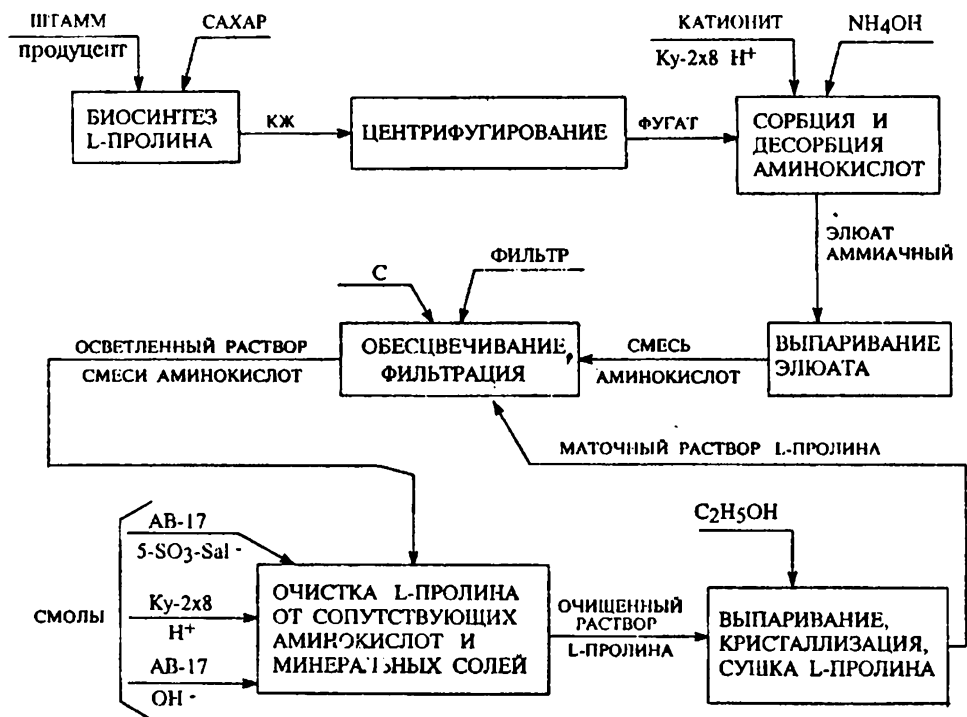
Часть известных в литературе методов выделения L-пролина основана на способности различных соединений (пикриновая кислота, хлорендиковая кислота, пентахлорфенол и другие) избирательно связывать L-пролин или отдельные сопутствующие аминокислоты из гидролизатов белков с последующим отделением полученных комплексов и выделением целевой аминокислоты [6–8]. Однако эти методы не обеспечивают полную очистку пролина и его количественного выхода (~20%), и связаны они с использованием дорогостоящих и дефицитных лигандов.

Известны также способы выделения и очистки пролина из смесей аминокислот, основанные на структурном различии аминокислоты L-пролина от сопутствующих ему первичных аминокислот (напр., реакции дезаминирования [9,10]). Эти методы обеспечивают высокое качество целевого продукта, однако связаны с использованием агрессивных кислот и выделением в большом количестве токсичных и канцерогенных нитрозосоединений, которые повышают антикоррозийное требование к аппаратам и загрязняют окружающую среду.

На структурном различии пролина и других белковых аминокислот основан также настоящий способ выделения и очистки L-пролина из аминокислотных смесей, выделенных из ферментационных растворов микробиологического производства. Способ основан на способности первичных аминокислот в отличие от пролина ковалентно связываться с карбонильными соединениями с образованием оснований Шиффа. Проведение реакции в динамическом режиме с использованием четко

фиксированных на поверхности анионообменных смол реакционноспособных молекул ионизированного 5-сульфосалицилового альдегида позволяет с количественным химическим выходом непосредственно на поверхности смолы получить стабильные свободные основания Шиффа первичных аминокислот. С использованием данного подхода нами разработан оригинальный, простой и малоотходный метод выделения и очистки L-пролина из ферментационных растворов микробиологического производства, обеспечивающий высокий выход (88–90%) и качество (>99%) целевого продукта, а также утилизацию ценных сопутствующих аминокислот.

В результате биосинтеза с использованием штамм-продукента L-пролина рода *Brevibacterium flavum*, отселекционированного в Научно-исследовательском институте "Биотехнология", были получены культуральная жидкость (ферментационный раствор), содержащая L-пролин концентрацией 55–75 г/л, и сопутствующие L-пролину аминокислоты (L-валин, L-, D-аланин, L-изо-лейцин, L-глутаминовая кислота, L-лизин и глицин) в суммарном количестве не более 15% от общего содержания аминокислот, а также биомасса, остаточные сахара, окрашенные пигменты, минеральные соли и другие балластные вещества. Из полученной культуральной жидкости (КЖ) L-пролин был выделен и очищен по следующей технологической схеме.



С целью удаления биомассы и других нерастворимых частиц КЖ (ферментационный раствор) подкисляют до значения $pH = 2-3$ и подвергают центрифугированию. Из полученного фугата, содержащего аминокислоты, минеральные соли и окрашенные пигменты, а также остатки биомассы, остаточных сахаров и других балластных веществ, выделяют смесь аминокислот ионообменным методом. Для этого фугат пропускают через ионообменную колонку с катионообменной смолой Ку-2x8 в H^+ -форме в направлении снизу вверх и со скоростью 0,5 объема раствора по отношению к объему смолы за 1 час. Исходная обменная емкость смолы (количество

H^+ -ионов на поверхности смолы) Ку-2х8 в H^+ -форме составляет 2,1–2,4 г-экв/л. При этом происходит ионообменная сорбция аминокислот и минеральных катионов, а другие микропримеси (остатки биомассы, сахаров и т.д.) смываются с межгранульного пространства смолы промыванием водой (схема 1). После промывки смолы дистиллированной водой до нейтральных значений pH аминокислоты элюируют (десорбируют) с поверхности смолы пропуская через колонку 5%-ого водного раствора аммиака в направлении сверху вниз и со скоростью 1–1,5 объема элюента по отношению к объему смолы за 1 час. При этом происходит десорбция аминокислот с поверхности смолы и переход смолы в NH_4^+ -форму; минеральные катионы в основном не смываются с поверхности смолы под действием водного аммиака (схема 1).

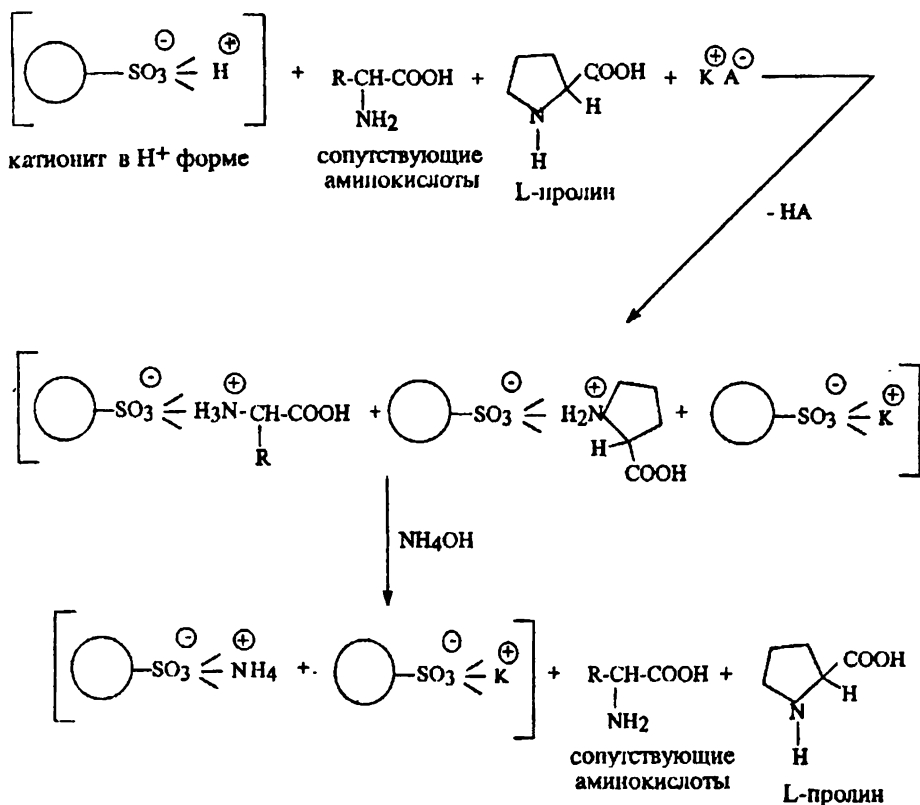


Схема 1.

Аммиачный элюат выпаривают под вакуумом, полученный раствор подкисляют до значения pH=5–6 добавлением соляной кислоты и подвергают обесцвечиванию. Для этого к раствору добавляют активированный уголь в количестве до 5%, перемешивают при температуре 50–60°C в течение 30 минут и фильтруют через бумажный фильтр. Полученный осветленный раствор смеси аминокислот, содержащий также микропримеси минеральных солей, пропускают через три последовательно соединенные колонки со смолами Ку-2х8 в H^+ -форме, АВ-17 в OH^- -форме и АВ-17 в 5-сульфосалицилальдегидной форме в направлении сверху вниз. При этом на первых двух колонках происходит обессоливание раствора смеси аминокислот, а на

третьей – отделение L-пролина от сопутствующих аминокислот. Количество катионита Ку-2х8 в H^+ -форме и анионита АВ-17 в H^- -форме в первых двух колонках определяется исходя из суммы катионов и анионов в растворе смеси аминокислот, избыток этих смол приводит к потери аминокислот. Выходящий с второй колонки обессоленный раствор поступает на третью колонку, где происходит ковалентное связывание всех сопутствующих L-пролину первичных аминокислот на поверхности смолы в виде оснований Шиффа и выход очищенного раствора L-пролина с колонки (схема 2).

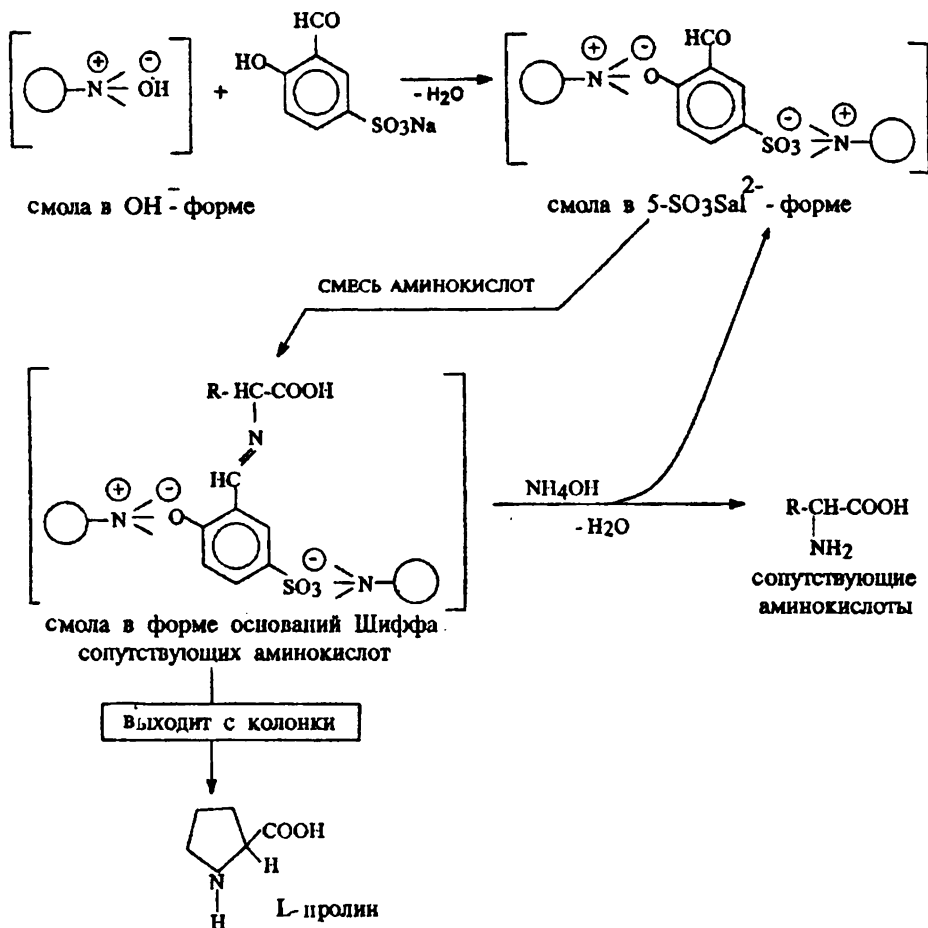


Схема 2. R=H-; CH₃-; CH₃(CH₂)₂-; CH₃CH₂CH(CH₃)-; H₂N(CH₂)₄-; HOOC(CH₂)₂-.

Перевод анионообменной смолы в 5-сульфосалицилальдегидную форму осуществляется обработкой смолы в OH^- -форме водным раствором 5-сульфосалицилового альдегида в статических условиях при перемешивании или в динамическом режиме в условиях барботаж. Исследования показали, что в процессе связывания первичных аминокислот эффективно работает анионообменная смола, на поверхности которой всего 50% четвертичных аммониевых групп нейтрализованы ионизированным 5-сульфосалициловым альдегидом (соотношение ионизированного альдегида и OH^- -иона на поверхности смолы составляет 1/1). При таком распределении фрагмент альдегида связывается с матрицей смолы как за счет ионизирован-

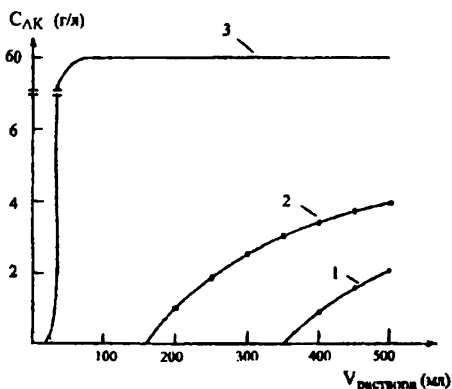
ной OH^- -группы, так и за счет ионизированной сильнокислотной сульфогруппы альдегида, вследствие чего фрагмент альдегида крепко фиксируется на поверхности смолы и практически не вымывается под действием 5–15% раствора NH_4OH на стадии разложения оснований Шиффа и выделения сопутствующих аминокислот (ранее на примере салицилового альдегида было показано, что в процессе вымывания сопутствующих аминокислот происходит вытеснение до 35–40% фрагментов альдегида с поверхности смолы [11]).

Исследования показали, что при пропуске эквивалентного количества раствора 5-сульфосалицилового альдегида через колонку со смолой в OH^- -форме молекулы альдегида фиксируются на смоле только за счет сульфогруппы, так как сильнокислотная сульфогруппа альдегида постепенно вытесняет из окружения четвертичных аммониевых групп матрицы смолы OH^- -группу и занимает их места. При таком распределении инактивируется карбонильная группа фрагмента альдегида в реакциях образования оснований Шиффа, так как ионизированная гидроксильная группа в α -положении нейтрализуется и смола полностью теряет способность связывать сопутствующие аминокислоты. Показано, что максимальная активность смолы в 5-сульфосалицилальдегидной форме в реакциях образования оснований Шиффа наблюдается при 50%-ом насыщении смолы альдегидом.

Показано также, что наиболее эффективное связывание сопутствующих аминокислот смолой в альдегидной форме происходит при значении pH исходного раствора 6,6–7,4 и температуре 15–80°C. При значении pH выше или ниже указанного диапазона происходят частичное разложение оснований Шиффа на поверхности смолы и проскок сопутствующих аминокислот в выходящий с колонки раствор L-пролина. Неполное отделение пролина от сопутствующих аминокислот при температуре ниже указанного диапазона связано с замедлением скорости реакции образования оснований Шиффа, а при температуре выше этого диапазона, по-видимому, является следствием осмоления смолы.

Сравнение динамических кривых выхода аминокислот с колонки с ранее полученными аналогичными кривыми на основе реакции связывания сопутствующих аминокислот на поверхности смолы в виде медных салицилиденных комплексов [11], полученных в одинаковых условиях, показывает, что переход от медных комплексов оснований Шиффа к свободным основаниям Шиффа аминокислот приводит к увеличению эффективности отделения примерно в два раза (см. рис.). Причиной увеличения эффективности отделения при таком переходе является исключение добавления в исходный раствор смеси аминокислот SO_4^{2-} или CH_3COO^- , или других анионов – противоионов иона Cu^{2+} . Кроме этого, в случае медных комплексов смола приобретает темно-зеленый цвет, удаление которого связано с большими расходами растворителей, а также из-за высокой СН-кислотности аминокислотных фрагментов в медных комплексах возможен нежелательный процесс рацемизации сопутствующих аминокислот.

Динамические кривые выхода аминокислот с колонки с 50 мл смолы АВ-17 в 5-сульфосалицилальдегидной форме в процессе отделения пролина: 1) суммарное количество сопутствующих аминокислот в случае их связывания в виде свободных оснований Шиффа; 2) суммарное количество сопутствующих аминокислот в случае их связывания в виде медных салицилиденных комплексов 3) количество L-пролина в обоих случаях.



Динамические кривые выхода аминокислот с колонки с 50 мл смолы АВ-17 в 5-сульфосалицилальдегидной форме в процессе отделения пролина: 1) суммарное количество сопутствующих аминокислот в случае их связывания в виде свободных оснований Шиффа; 2) суммарное количество сопутствующих аминокислот в случае их связывания в виде медных салицилиденных комплексов 3) количество L-пролина в обоих случаях.

которого связано с большими расходами растворителей, а также из-за высокой СН-кислотности аминокислотных фрагментов в медных комплексах возможен нежелательный процесс рацемизации сопутствующих аминокислот.

С целью выделения сопутствующих аминокислот через третью колонку в направлении сверху вниз пропускают 5–8% водный раствор аммиака. При этом непосредственно на поверхности смолы происходят гидролиз оснований Шиффа и выделение сопутствующих аминокислот с одновременным восстановлением исходной альдегидной формы смолы.

Очищенный таким образом раствор L-пролина с значением pH 6,3 и СВ (сухие вещества) 4,0–5,0 подвергается ультрафильтрации для очистки от механических микропримесей, выпариванию и кристаллизации из водно-спиртовых растворов (1:1) при температуре 0–5°C. Кристаллы L-пролина фильтруют, а маточный раствор возвращают на стадию обесцвечивания раствора смеси аминокислот. Общий выход L-пролина с учетом возврата маточного раствора составляет 88–90% в расчете на его исходное содержание в культуральной жидкости после биосинтеза. Качество очищенного таким образом L-пролина соответствует всем требованиям ВФС (временная фармакопейная статья), и полученный образец неоднократно был испытан в составе Polyamine для парентерального питания больных.

Экспериментальная часть. Анализ аминокислот проводили методом ТСХ на пластинке "Silufol" и на автоматическом анализаторе аминокислот "AAA-339". В работе были использованы аминокислоты фирмы "Reanal" (Будапешт) и производства НИИ "Биотехнология" (Ереван); смолы АВ-17 и Ку-2х8 "Реахим" (СССР); 5-сульфосалициловый альдегид был синтезирован по методике [12]. Регенерацию смол АВ-17 в $ОН^-$ -форму и Ку-2х8 в H^+ -форму осуществляли согласно ГОСТ СССР 10896-78, их обменная емкость составляла соответственно 0,8 и 2,0 г-экв/л. Анализ 5-сульфосалицилового альдегида проводили на спектрофотометре "Specord M-40" при $\lambda_{max} = 254 \text{ нм}$ по корреляционным диаграммам.

Перевод анионообменной смолы АВ-17 в 5-сульфосалицилальдегидную форму осуществляли обработкой 50 мл смолы АВ-17 в $ОН^-$ -форме с 81 мл 5% водного раствора 5-сульфосалицилового альдегида в статических условиях при перемешивании или в 100 мл колонке с барботажем. Затем смолу промывали дистиллированной водой до полного отсутствия следов альдегида в выходящем из колонки растворе.

1500 мл культуральной жидкости, полученной после ферментации с использованием штамма-продуцента *Brevibacterium flavum* AP-111, содержащего 90 г L-пролина, 4,5 г L-валина, 5 г D,L-аланина, 2 г L-лизина, 2,5 г L-глутаминовой кислоты, 1,8 г L-изолейцина и 4,5 г глицина, центрифугируют, фугат подкисляют серной кислотой до pH=1,8 и пропускают через ионообменную колонку с 1600 мл катионообменной смолы Ку-2х8 в H^+ -форме. Смолу промывают водой до значения pH=4,0 и пропускают через нее 1000 мл 5% водного раствора аммиака. Из элюата удаляют аммиак под вакуумом, разбавляют дистиллированной водой до концентрации сухих веществ, равной 9–10%, добавляют 50 г активированного угля и перемешивают при температуре 50°C в течение 30 мин. Суспензию фильтруют через бумажный фильтр, и полученный осветленный фильтрат с pH=8,45 пропускают в направлении сверху вниз и со скоростью 300 мл/ч через последовательно установленные колонны с 150 мл анионообменной смолы АВ-17 в $ОН^-$ -форме, 50 мл катионообменной смолы Ку-2х8 в H^+ -форме и 500 мл анионообменной смолы АВ-17 в 5-сульфосалицилальдегидной форме. L-пролин вытесняют из межгранульного пространства смол пропуская через колонны 300 мл дистиллированной воды. Полученный раствор объемом 1800 мл и содержащий только L-пролин концентрируют под вакуумом до значения СВ (сухие вещества) 70–80%, добавляют смесь этанол – вода (1:1), охлаждают до 10–12°C и выпавшие кристаллы отделяют от раствора фильтрованием. Маточный раствор выпаривают и кристаллизуют повторно или возвращают на стадию обесцвечивания раствора смеси аминокислот. Выход L-пролина составляет 80,5 г или 89,5% от его исходного содержания в культуральной жид-

кости. Удельное вращение полученного образца L-пролина – $[\alpha]_D^{25} = -51,05^\circ$ (c=2,5; 1N HCl) ($[\alpha]_D^{25}$ (лит.) = $-48,5 - 52,5^\circ$ (c=2,5; 1N HCl).

НИИ "Биотехнология", ЕГУ

Поступила 09.09.1998

ЛИТЕРАТУРА

1. Schmidt U., Ohler E. – Angew. Chem. Int. Ed. Engl., 1976, v. 15, No 1, p. 42.
2. Ewan F. Birse, Peter A. Williams – Inorganica Chemica Acta, 1988, v. 148, pp. 63-69.
3. Belokon' Yu.N., Chernoglazova N.I., Kochetkov K.A., Vitt S.V., Garbaliuskaya N.S., Belikov V. M. – J. Chem. Soc. Chem. Commun., 1985, pp. 171-172.
4. Belokon' Yu. N., Saghiyan A.S., Djangaryan S.M., Bakmutov B.I. and Belikov V.M. – Tetrahedron, 1988, v. 44, No 17, pp. 5507-5514.
5. Soloshonok V.A., Belikov V.M., Kuz'mina N.A., Maleev V.I., Swistunova N.Yu., Solodenko V.A., Kukhar V.P. – J.Chem. Soc., Perkin Trans 1, 1992, pp. 1525-1529.
6. Gaewska M. – Farm. Polska, 1970, v. 26, No 8, p. 647-653.
7. Патент США No 3598838 / Наотакс С., Тфкеказу А., Набору И. 1971, С.А. 1971, v. 75, 6223с.
8. Патент Великобритании No 1177125, 1970, С.А. 1970, v. 72, 794781.
9. Levine M.J. – J. Biol. Chem., 1959, v. 234, pp. 1731-1732.
10. Патент Японии No 35-3371, 1955, С.А. 1959, v. 52, 443с.
11. Сагиян А.С., Каграмаян С.Р., Овсепян Г.Ц., Джамгарян С.М., Басенцян К.Е., Акопян Э.М., Григорян С.К., Селемевьев В.Ф., Капанцян Э.Е., Оганесян Э.М. – Арм. хим. журнал, 1992, No 1-2, с. 270-276.
12. Belokon' Yu. N., Tararov V.I., Savel'eva T.F., T.F., Sapozovskaja M.B., Belikov V.M. – Makromol. Chem., 1986, No 187, p. 1065.

Կ.Ի. ԱԹԱՅԱՆ, Ա.Ս. ՍԱՂՅԱՆ

ՄԱՆԻԱԲԱՆԱԿԱՆ ԱՐՏԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ՖԵՐՄԵՆՏԱՑԻՈՆ ԼՈՒԾՈՒՅԹՆԵՐԻՑ Լ-ՊՐՈԼԻՆԻ ԱՆՋԱՍՄԱՆ ԵՎ ՄԱԶՐՄԱՆ ՔԻՉԹԱՓՈՆԱՅԻՆ ՏԵՆՆՈԼՈԳԻԱ

Ա մ փ ո փ ու մ

Մշակվել է L-պրոլինի մանրէաբանական արտադրության արդյունքում ստացված ֆերմենտացիոն լուծույթներից նպատակային L-պրոլին ամինաթթվի անջատման և մաքրման քիթրափոնային տեխնոլոգիա, որը հնարավորություն է տալիս քանակական քիմիական ելքերով (88-90%) և բարձր մաքրությամբ (>99%) ստանալ նպատակային L-պրոլին ամինաթթուն:

УДК 547.491 + 547.25 491.8(088.8)+ 547.461.4+547.715

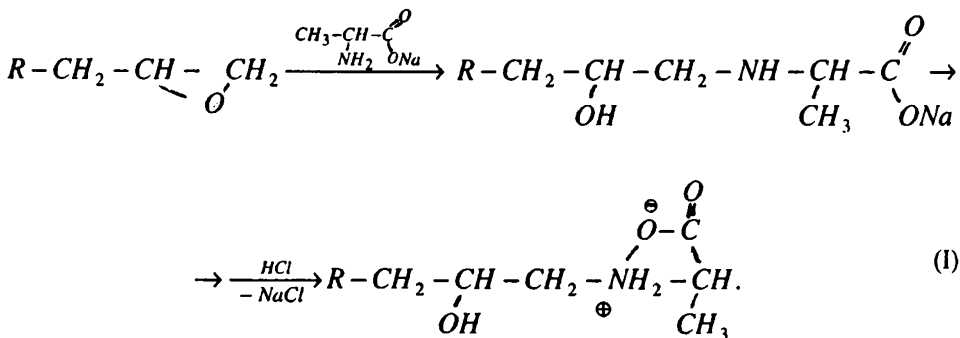
К.М. ЕРИЦЯН, Г.П. ПИРУМЯН, С.К. ГРИГОРЯН, М.Л. ЕРИЦЯН

НОВЫЕ ДИАЛЛИЛЬНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ ИЗОЦИАНУРОВОЙ
 КИСЛОТЫ, СОДЕРЖАЩИЕ АМИНОКИСЛОТНЫЕ ГРУППЫ

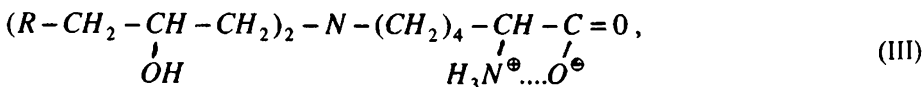
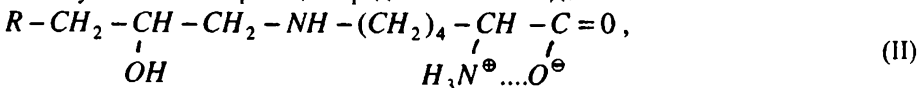
Исследованы реакции взаимодействия 1,3-диаллил-5-глицидилизоцианурата (ДАГИЦ) с аланином, лизином, гистидином и их натриевыми солями. Показано, что в этих взаимодействиях α-аминные группы аминокислот из-за внутримолекулярного солеобразования не принимают участия в реакции расщепления с глицидиловой группой ДАГИЦ. Они активны в реакциях только лишь в натриевых солях указанных аминокислот. Продукты реакций исследованы физико-химическими методами.

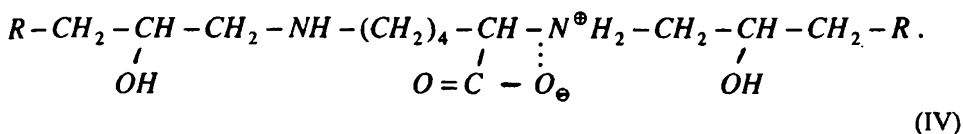
Интерес к производным изоциануровой кислоты, содержащим концевые карбоксильные группы, обусловлен их практическим применением в различных отраслях народного хозяйства [1–3]. В данном сообщении приводятся результаты синтеза, проведенного между ДАГИЦ и соответствующими аминокислотами. В качестве аминокислот были использованы аланин, лизин и гистидин.

В зависимости от условий проведения реакции между диаллильными производными изоциануровой кислоты и соответствующей аминокислотой можно получить продукты различного состава и различных структур. В частности, взаимодействием ДАГИЦ с натриевой солью аланина образуется 1,3-диаллил-5-(γ-N-аланил, β-гидроксипропил) изоцианурат:

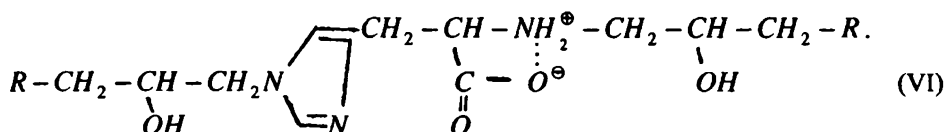
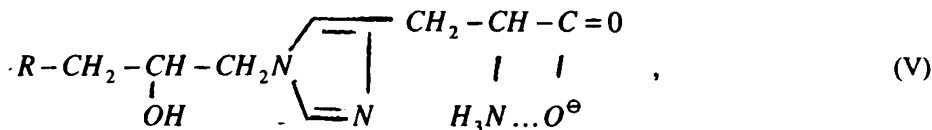


При реакции ДАГИЦ с глицином и его натриевой солью в первом случае проявляет активность только концевая аминная группа, а во втором – обе аминные группы. Результаты этих реакций представлены в виде:

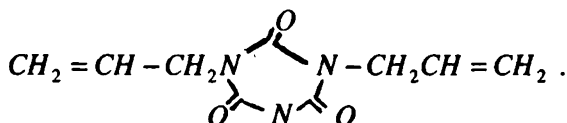




Аналогичные продукты были получены в реакциях взаимодействия между ДАГИЦ и гистидином, а также его натриевой солью:



В вышеприведенных формулах R представляет собой радикал



Соединения (I–VI) отличаются хорошей растворимостью в воде, что говорит в пользу образования “цвиттерионов” за счет концевых карбоксильных и α -аминогрупп. Наличие цвиттерионов в составе указанных соединений установлено ИК-спектроскопией.

Следует также отметить, что соединения (I–VI) являются кристаллическими продуктами, не имеющими температуры плавления, так как они разлагаются вблизи этой температуры.

Соединения (I–VI) исследованы методом криоскопии и элементным анализом.

Характеристические данные соединений (I–VI) приведены в таблице.

Экспериментальная часть. ИК-спектры соединений (I–VI) сняты на приборе марки “Specord – VP 75” методом мазка. Использовали аланин, лизин и гистидин, марки ч.д.а., ДАГИЦ синтезирован и очищен согласно [4], т.пл. 63–65°C.

Мол.масса соединений (I–VI) определена методом криоскопии [5]. В качестве растворителя при криоскопических измерениях использована вода ($K_{кр.} = 1,863$).

При синтезе соединений (I–VI) растворителями служили абсолютный этиловый спирт и вода (бидистиллят).

Способ получения соединений I–VI. В реактор загружают 2,77г (0,025 моля) натриевой соли аланина [или 3,65г (0,025 моля) лизина, или 4,2г (0,025 моля) Na -ой соли лизина, или 3,87г (0,025 моля) гистидина, или 4,42г (0,025 моля) Na -ой соли гистидина], растворенной в 50мл воды. При перемешивании реактор постепенно нагревают до 60–65°C в течение 1–1,5 часа и с постоянной скоростью через капельную воронку добавляют по каплям 6,62г (0,025 моля) ДАГИЦ [в случае других аминокислот и их Na -ых солей – 13,25г (0,05 моля) ДАГИЦ], растворенного в 50мл горячего этилового спирта.

Перемешивание проводят в режиме, обеспечивающем ионное распределение реагентов в объеме реактора. После добавления раствора ДАГИЦ реакционную

№ №	Сое- дине- ния	Вы- ход, % по ами- но- кисл.	ИК-спектр, ν , см^{-1}	Элементный состав, %				
				Мол. масса	найденный расчетный			формула
					эксп. расч.	C	H	
I	I	55,0	763(сим.тр.цик.) 932(= C - H)1550-1610, 1720(-COO, -COOH), 2300-2470 (-OOC-NH ₂ ⁺ =) 2380(CH ₃ -) 1125-1085(-OH)	$\frac{340 \pm 20}{354}$	$\frac{50,6}{50,35}$	$\frac{6,4}{6,21}$	$\frac{15,7}{15,82}$	C ₁₅ H ₂₂ N ₄ O ₆
II	II	65,5	765 (сим.тр.цик.) 1150- 1200(= NH) 1350(-OH), 1550- 1610. 1725 (-COO ⁻ , -COOH) 2300-2470, 3060-3115 (OOC ⁻ - NH ₃ ⁺ -) 2850(-CH ₂ -) 3415(-NH ₂)	$\frac{410 \pm 20}{411}$	$\frac{52,4}{52,55}$	$\frac{7,15}{7,05}$	$\frac{17,1}{17,03}$	C ₁₈ H ₂₉ N ₅ O ₆
	III	12,0	все группы II, дополнительно 1 050-1100 (= N)	$\frac{660 \pm 30}{676}$	$\frac{53,1}{53,25}$	$\frac{6,7}{6,51}$	$\frac{16,3}{16,57}$	C ₃₀ H ₄₄ N ₈ O ₁₀
	IV	21,0	как в III, дополнительно 1160-1200 (-NH-), кроме 1050-1100 (= N)	$\frac{660 \pm 30}{676}$	$\frac{53,2}{53,25}$	$\frac{6,6}{6,51}$	$\frac{16,4}{16,57}$	C ₃₀ H ₄₄ N ₈ O ₁₀
	V	72,0	все группы, как во II и III, дополнительно 1640 (= C = N -) 1420(-C _i =C-H-)	$\frac{410 \pm 25}{420}$	$\frac{51,5}{51,43}$	$\frac{5,5}{5,71}$	$\frac{19,8}{20,0}$	C ₁₈ H ₂₄ N ₆ O ₆
	VI	23,0	все группы, как в V, дополнительно 1150-1200 (= NH)	$\frac{680 \pm 20}{685}$	$\frac{52,4}{52,55}$	$\frac{5,8}{5,69}$	$\frac{18,2}{18,39}$	C ₃₀ H ₃₉ N ₉ O ₁₀

массу нагревают до 80–85°C, и при этой температуре процесс продолжается еще 3,5–4 часа.

После завершения реакции реакционная масса становится гомогенной. Не охлаждая содержимого колбы, добавляют по каплям 0,1 N раствор HCl до pH 5–5,5 и под водоструктурным насосом отгоняют воду с этиловым спиртом.

Для выделения продуктов III, IV, VI соответствующие осадки перемешивают со смесью этилового спирта и ацетона в равных объемах, в которой растворяются только продукты III, IV, VI. После фильтрации из фильтрата отгоняют этиловый спирт с ацетоном. Осадки промывают этиловым спиртом и сушат под вакуумом при 75°C до постоянной массы. Соединения (III, IV и VI) представляют собой белые кристаллические вещества, не имеющие температуры плавления.

Для выделения 1,3-диаллил-5-(γ-N-аланил-β-гидроксипропил)-изоцианурата (I) осадок растворяют в теплом диметилсульфоксиде (ДМСО). В фильтрат переходит продукт реакции, а непрореагировавший аланин и NaCl выпадают в осадок и

отделяются на фильтре Шотта №1. Из фильтра под вакуумом отгоняют ДМСО. Белое кристаллическое вещество неоднократно промывают теплым этиловым спиртом с целью отделения от продукта реакции непрореагировавшего ДАГИЦ. Сушат под вакуумом (1,5+2мм рт.ст.) при 70–75°C до постоянной массы.

Осадок с соединениями (II) растворяют в диметилформамиде (ДМФА) и фильтруют. В фильтрат переходят соединения (II) и непрореагировавший ДАГИЦ. Под вакуумом отгоняют ДМФА и осадок неоднократно промывают теплым этиловым спиртом. Сушат под вакуумом при 70–75°C до постоянной массы и выделяют белое кристаллическое вещество (II). Осадок с соединением (V) и непрореагировавшим ДАГИЦ растворяют в теплом ДМСО. Осадок неоднократно промывают теплым этиловым спиртом и сушат под вакуумом (1,5мм рт.ст.) при 70–75°C до постоянной массы и выделяют кристаллическое вещество (V), не имеющее температуры плавления.

Кафедра неорганической и физической химии

Поступила 20.03.1998

ЛИТЕРАТУРА

1. Ерицян М.Л., Карамян Р.А. – Арм. хим. ж., 1985, т. XXXVIII, №7, с. 455.
2. Ерицян М.Л., Карамян Р.А., Арутюнян Б.С., Есаян К.А. – Арм. хим. ж., 1978, т. 31, №4, с.282.
3. Пат. Франции №2145729 (Терморезистивная, термостойкая смолы и способ их получения. Опубл. в Сб.: Промышленная собственность, 1973, №8.
4. Чакрян М.А., Бабахавян А.В., Ерицян М.Л. – Арм. хим. ж., 1991, т. X IV, №3, с. 173.
5. Рафиков С.Р., Павлов С.А., Твердохлебова И.И. – Методы определения молекулярных весов и полидисперсности высокомолекулярных соединений. М.: Изд-во АН СССР, 1963, с. 212.

Հ.Մ.ԵՐԻՅԱՆ, Գ.Պ.ՓԻՐՈՒՄՅԱՆ, Ս.Վ.ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Մ.Լ.ԵՐԻՅԱՆ

ԱՄԻՆԱԹԹՎԱՅԻՆ ԽՄԲԵՐ ՊԱՐՈՒՆԱԿՈՂ ԴՁՈՑԻԱՆՈՒՐԱԹԹՎԻ
ՆՈՐ ԴԻԱԼԻԼ ԱՆԾԱՆՑՅԱԼՆԵՐ

Ա մ փ ո փ ո մ

Հետազոտվել են 1,3-դիալիլ-5-գլիցիդիլիզոգիանուրատի (ԴԱԳԻՑ-ի) ռեակցիաները ալանինի, լիզինի, հիստիդինի և նրանց մատրիումական աղերի հետ: Յույց է տրված, որ այս փոխազդեցություններում α -ամինային խմբերը չեն մասնակցում ԴԱԳԻՑ-ի գլիցիդիլային խմբի հետ քայքայման ռեակցիայում ներմուկուլային աղագոյացման պատճառով: Նրանք ակտիվ են միայն նշված ամինաթթուների մատրիումական աղերի հետ փոխազդելիս: Ռեակցիաների արդյունքները հետազոտվել են ֆիզիկաքիմիական եղանակներով:

УДК 661.185 + 541.182

Ր.Տ.ԱՐՄԵՆՅԱՆ, Ա.Ջ. ԱՄԲԱՐՇՄՅԱՆ, Գ.Տ.ՍԻՄՈՆՅԱՆ, Ն.Մ. ԲԵՅԼԵՐՅԱՆ

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК И ТЕМПЕРАТУРЫ НА ЗАКОНОМЕРНОСТИ МИЦЕЛЛООБРАЗОВАНИЯ БРОМИДА ДОДЕЦИЛТРИМЕТИЛАММОНИЯ В ВОДНОЙ СРЕДЕ

Изучено влияние спиртов (метанол – бутанол), электролитов (Na_2CO_3 , Na_3PO_4) и температуры на закономерности мицеллообразования бромидов додецилтриметиламмония (ДДТМАБ) в водной среде. Показано, что критическая концентрация мицеллообразования (ККМ) увеличивается в присутствии метанола и этанола и уменьшается под действием бутанола, изученных солей и температуры, а при пропаноле практически не меняется. Определены значения термодинамических величин мицеллообразования, степени диссоциации ДДТМАБ и температурный коэффициент поверхностного натяжения.

На кафедрах физической химии университетов Монпелье (Франция) и Еревана (Армения) ведутся совместные работы по эпоксидированию шалкона в водно-органической среде в присутствии бромидов додецилтриметиламмония (ДДТМАБ). Для выявления механизма этого процесса необходимо выяснить роль ДДТМАБ. Прежде всего она может быть связана с коллоидно-химическими свойствами системы, в частности с мицеллообразованием ДДТМАБ. В связи с этим нами изучено влияние добавок спиртов (метанол – бутанол), H_2O_2 , Na_3PO_4 , Na_2CO_3 и температуры на закономерности мицеллообразования ДДТМАБ в водной среде. Выбор добавок обоснован их частным применением в процессе эпоксидирования.

Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ) определена по изотермам поверхностного натяжения и электропроводности [1]. При измерениях температура в термостате поддерживалась постоянной с точностью $\pm 0,05^\circ C$. Содержание основного вещества в использованных поверхностно-активных веществах (ПАВ) 99%, и они применялись без дополнительной очистки. Соли марки "ХЧ", спирты перегонялись перед измерениями, растворы ПАВ готовились на бидистиллированной воде.

Прежде чем приступить к обсуждению полученных результатов, отметим, что, как следует из наших исследований, H_2O_2 практически не влияет на ККМ ДДТМАБ.

I. Влияние спиртов. Зависимость критической концентрации мицеллообразования (ККМ) ДДТМАБ от концентрации и природы спиртов иллюстрирована на рис.1. Из полученных результатов следует, что, во-первых, совпадение значений ККМ в отсутствие спиртов с литературными данными [2] удовлетворительно, во-вторых, влияние спиртов на ККМ сложно, и в ряду метанол – бутанол ККМ уменьшается. Для объяснения полученных закономерностей надо учесть следующее.

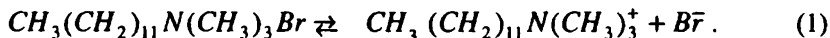
1) В присутствии спиртов уменьшается диэлектрическая проницаемость (ϵ) среды, так как ϵ спиртов меньше, чем воды [3]. Вследствие этого равновесие (1) смещается влево, что приводит к уменьшению степени диссоциации ДДТМАБ (табл. 1) и уменьшению ККМ.

Степень диссоциации ДДТМАБ в зависимости от природы и концентрации спиртов.

$$T=303, [ДДТМАБ]=0,8 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л.}$$

Метанол				Этанол				Пропанол			
$C_e, \frac{\text{моль}}{\text{л}}$	λ_{∞}	λ	α	$C_e, \frac{\text{моль}}{\text{л}}$	λ_{∞}	λ	α	$C_e, \frac{\text{моль}}{\text{л}}$	λ_{∞}	λ	α
0	5,2	7,2	0,81	0	5,2	7,2	0,81	0	5,2	4,2	0,81
0,185	9,1	4,2	0,46	0,10	7,7	4,2	0,54	0,185	12,0	4,9	0,41
1,08	8,8	1,9	0,22	0,65	7,3	1,9	0,26				
1,09	9,0	2,0	0,22	1,30	7,6	1,8	0,24				

2) В присутствии спиртов уменьшается степень гидратации мицелл [4,5], что также приводит к уменьшению ККМ



3) Известно [6,7], что спирты влияют на структуру воды, причем при низких концентрациях спиртов она упорядочивается, а при сравнительно высоких — разрушается. Естественно, что эти процессы приводят к изменению межмолекулярных взаимодействий в системе, вследствие чего, в частности, изменится и растворяющая способность среды, что уменьшает значение энергии Гибса, связанной с переносом поверхностно-активного иона из поверхностного слоя в раствор, что приводит к увеличению ККМ.

4) Удлинение алкильного радикала в молекулах спиртов способствует внедрению их молекул в мицеллы, что приведет к уменьшению плотности поверхностного заряда мицелл и к уменьшению ККМ. Таким образом влияние спиртов на мицеллярные системы носит сложный характер. Различными авторами также установлено [8,9], что с увеличением длины алкильного радикала в молекулах спиртов ККМ четвертичных аммониевых солей уменьшается, причем низкомолекулярные спирты (метанол, этанол) увеличивают ККМ, а, начиная с пропанола, в основном — уменьшают.

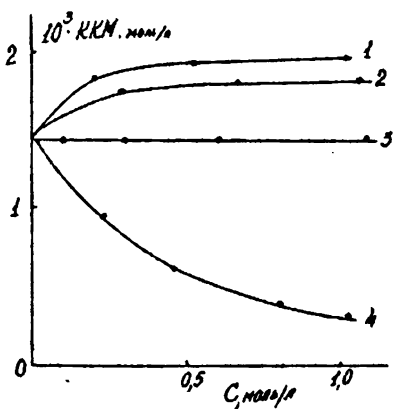


Рис.1. Зависимость ККМ ДДТМАБ от концентрации спиртов. 1 — метанол; 2 — этанол; 3 — пропанол; 4 — бутанол. $T=303$.

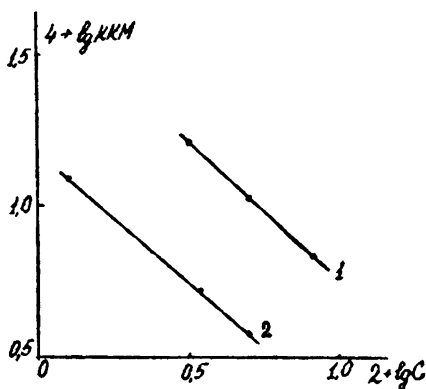


Рис.2. Зависимость ККМ ДДТМАБ от концентрации электролитов в билогарифмических координатах. 1 — Na_3PO_4 ; 2 — Na_2CO_3 . $T=303$.

II. Влияние электролитов. Известно [1, 8, 10], что концентрация электролита и величина заряда противоиона существенно влияют на ККМ. Влияние различных

противоионов на ККМ в основном обусловлено величиной радиуса и степенью гидратации противоионов. Обычно с увеличением концентрации противоиона ККМ уменьшается. Эта закономерность описывается следующим уравнением [1, 8, 10]:

$$\ln KKM = A - K \ln C_i \quad (2)$$

Приведенные в табл.2 данные подтверждают сказанное (см.рис.2). Ввиду того что влияние противоиона зависит от величины его заряда, из полученных нами и литературных данных (по отношению к влиянию $NaCl$ [2]) следует, что по действию на ККМ указанные электролиты располагаются в ряд $Na_3PO_4 > Na_2CO_3 > NaCl$, что и соответствует теоретическим соображениям [8, 10].

Влияние солей на ККМ ДДТМАБ

Таблица 2

$C \cdot 10^2$, моль/л	ККМ $\cdot 10^4$, моль/л	
	Na_2CO_3	Na_3PO_4
1,18	44,67	13,49
3,54	16,22	5,25
5,28	11,22	3,98
8,25	7,88	2,47

III. Влияние температуры. В зависимости от природы ПАВ температура по-разному влияет на ККМ [2, 8, 10]. В частности в литературе существуют противоречивые данные о влиянии температуры на ККМ ДДТМАБ [2, 8]. Однако для выяснения механизма реакций, протекающих в присутствии ДДТМАБ, необходимо последовательное изучение закономерности мицеллообразования как функции от температуры. ККМ определялась параллельно двумя независимыми методами. Для убедительности полученной закономерности изучалось также влияние температуры на ККМ хлорида додецилтриметиламмония (ДДТМАХ).

Полученные экспериментальные данные приведены в табл. 3, откуда следует, что с повышением температуры ККМ обоих ПАВ закономерно увеличиваются (и для ДДТМАХ при $T=303$ ККМ практически совпадает с результатом [2]). Термодинамические функции мицеллообразования рассчитывались по следующим соотношениям [10, 11]:

$$\Delta G = RT \ln N_{KKM} \quad (3)$$

$$\Delta H = Rd \ln N_{KKM} / d(1/T) \quad (4)$$

$$\Delta S = (\Delta H - \Delta G) / T \quad (5)$$

где N_{KKM} – значение ККМ в молярных долях. $d \ln N_{KKM} / d(1/T)$ определялось графически из зависимости $\ln N_{KKM} = f(1/T)$.

Таблица 3

Термодинамические характеристики мицеллообразования ДДТМАХ(1) и ДДТМАБ(2)

Т	1			2				
	ККМ $\cdot 10^2$, моль/л	$-\Delta G$, кДж/моль	$-\Delta H$, кДж/моль	ΔS , кДж/моль \cdot град	ККМ $\cdot 10^2$, моль/л	$-\Delta G$, кДж/моль	$-\Delta H$, кДж/моль	ΔS , кДж/моль \cdot град
303	2,21	19,7	11	0,031	1,51	20,7	10	0,035
313	2,42	20,1	11	0,030	1,65	21,1	10	0,035
323	2,75	20,4	11	0,029	1,75	21,6	10	0,035
333	3,39	20,5	11	0,028	1,95	22,0	10	0,035
343	3,81	20,8	11	0,028	2,41	22,1	10	0,035

Из температурной зависимости поверхностного натяжения для изученных ПАВ определен температурный коэффициент поверхностного натяжения [11], значения которого приведены в табл. 4.

Таблица 4

Значения температурного коэффициента поверхностного натяжения для ДДТМАБ и ДДТМАХ ниже и выше ККМ

ДДТМАБ		ДДТМАХ	
$C \cdot 10^2$, моль/л	В	$C \cdot 10^2$, моль/л	В
0,49	0,52	0,76	0,17
4,9	0,21	7,6	0,14

Таким образом, определены некоторые важные коллоидно-химические свойства ДДТМАБ в водных растворах при различных температурах и под действием различных добавок, часто используемых при ведении реакций в присутствии ионных, в частности, катионоактивных ПАВ. Эти данные необходимы для трактовки кинетических закономерностей тех реакций, которые проводятся в вышеуказанных средах.

Кафедра физической и коллоидной химии

Поступила 25.12.1998

ЛИТЕРАТУРА

1. Практикум по коллоидной химии. Под ред. Р.Э.Неймана. М.: Высшая школа, 1972.
2. Поверхностно-активные вещества. Справочник. Под ред. А.А.Абрамзона и Г.М.Гаевского. Л.: Химия, 1979.
3. Ахадов Я.Ю. Диэлектрические свойства бинарных растворов. М.: Наука, 1977.
4. Бовкун О.Р., Маркина З.Н., Гракова Т.С. – Коллоидн. ж., 1970, т. 32, №3, с. 327.
5. Singh H.M., Singh Sahab, Mahalawar D.S. – J.Coll. and Interface Sci., 1977, v. 59, №2, p. 386.
6. Эрден-Груз Г. Явление переноса в водных растворах. М.: Мир, 1976.
7. Крестов Г.А. Термодинамика ионных процессов в растворах. М.: Химия, 1973.
8. Шинода К., Накагава Р., Тамамуси Б., Исемура Т. Коллоидные поверхностно-активные вещества. М.: Мир, 1966.
9. Haroutunyan R.S., Babakhanyan A.V., Beylerian N.M. – Abstract of Papers at International Conference on Disperse Systems. Calcutta, 1998, p. 5.
10. Абрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества. Л.: Химия, 1979.
11. Абрамзон А.А., Зайченко Л.П., Файнгольд С.И. Поверхностно-активные вещества. Л.: Химия, 1988.

ՀԱՎԵԼՈՒՅԹՆԵՐԻ ԵՎ ՋԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ
ԴՈՂԵՑԻԼԵՐԵՔՍԵԹԻԼԱՄՈՆԻՈՒՄԻ ԲՐՈՄԻԴԻ ՄԻՑԵԼԱԳՈՅԱՑՄԱՆ
ՕՐԻՆԱԶՎՓՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՎՐԱ ՋՐԱՅԻՆ ՄԻՋԱՎԱՅՐՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

Ուսումնասիրված ջրային միջավայրում դոզեցիլերեքմենթիլամոնիումի բրոմիդի (ԴԴԵՄԱԲ) միցելագոյացման օրինաչափությունների վրա սպիրտների (մեթանոլ-բութանոլ), էլեկտրոլիտների (Na_2CO_3 , Na_3PO_4) և ջերմաստիճանի ազդեցությունը:

Ցույց է տրված, որ միցելագոյացման կրիտիկական կոնցենտրացիան մեծանում է մեթանոլի և էթանոլի ներկայությամբ և փոքրանում բութանոլի, ջերմաստիճանի և աղերի ազդեցությամբ, իսկ պրոպանոլից գործնականորեն չի փոխվում: Որոշվել են միցելագոյացման թերմոդինամիկական մեծությունների արժեքները, ԴԴԵՄԱԲ-ի դիսոցման աստիճանը և մակերևութային լարվածության ջերմաստիճանային գործակիցը:

УДК 577.1

М.А. ДАВТЯН, ДЖ.А. ВАРДАНЯН, И.В. ГОГИНЯН

СУБСТРАТНАЯ ИНДУКЦИЯ АРГИНАЗЫ ПРОРОСТКОВ ГОРОХА

Выявлена субстратная индукция аргиназы проростков гороха в присутствии различных концентраций *L*-аргинина. При гельфильтрации экстракта последних выявлен один пик активности фермента, который при субстратной индукции значительно повышается.

Известно, что аргиназа подвергается субстратной индукции у различных одноклеточных организмов [1]. Установлена также индукция катаболических ферментов аминокислот, в том числе аргиназы, при голодании у животных [2].

Материал и методика. Объектом исследования служили семена гороха при прорастании. Гомогенизация проводилась в стеклянном гомогенизаторе типа Поттер-Элвджема при 0–4°C с кварцевым песком в дистиллированной воде. Аргиназная активность определялась методом Ратнер [3] с последующим определением мочевины по Арчибальду [4]. Индукция аргиназы проростков гороха осуществлялась следующим образом. Семена гороха замачивались в дистиллированной воде и оставлялись на ночь: утром переносились в чашки Петри на фильтровальную бумагу. После четырехдневного прорастания семена поливались 0,01М или 0,03М раствором аргинина (рН 7,0) в качестве источника азота.

Результаты и обсуждение. Приведенные в таблице данные свидетельствуют о том, что при выращивании в среде с аргинином в качестве источника азота в проростках (по сравнению с контролем) наблюдаются некоторые сдвиги в содержании белка.

Индукция аргиназы проростков гороха, активность в мкм мочевины

Дни прорастания	Контроль		0,01М аргинин			0,03М аргинин		
	белок	активность	белок	активность	% активации	белок	активность	% активации
6	21,2	56,4	22,2	56,6	2	24,3	66,9	19
7	13,1	35,5	15,2	45,8	29	16,3	48,7	37
9	11,0	17,5	12,9	24,9	40	12,7	22,7	30
11	8,4	6,3	8,4	7,2	14	8,3	7,5	19
16	6,5	3,7	7,1	4,5	22	8,8	7,4	100

В испытанных двух вариантах наблюдается также значительное активирование аргиназы. Так, в вариантах с 0,01М раствором аргинина наибольший эффект (40%) наблюдается на 9-ый день прорастания семян, в то время как в таковых с 0,03М раствором аргинина увеличение активности продолжается и достигает своего максимума (100%) на 16-ый день прорастания семян. Это свидетельствует о существовании субстратной индукции фермента у проростков гороха.

Следует отметить, что в доступной нам литературе имеется лишь одна работа [5], свидетельствующая о существовании субстратной индукции растительной арги-

назы. В дисках таллома лишайника при инкубации при 26°C в темноте в $0,1\text{M}$ трис- HCl буфере, $\text{pH } 9,1$, содержащем в качестве источника азота 40мМ L -аргинаина, в течение шести часов аргиназная активность повышается, после чего она резко падает. Авторы предполагают, что падение аргиназной активности происходит от воздействия фенольных веществ, которые выделяются из лишайника [5].

Наши опыты показали, что в 9-дневных проростках гороха в присутствии $0,01\text{M}$ L -аргинаина аргиназная активность значительно повышается вследствие индукции фермента.

Предыдущие наши исследования [6] показали, что при гельфильтрации бесклеточного экстракта проростков гороха на сефадексе G-200 выявляется один пик аргиназной активности. Интересно было бы исследовать возможные (вследствие индукции) изменения в поведении бесклеточного экстракта проростков гороха при тех же условиях гельфильтрации.

С этой целью на следующем этапе нами исследовался изоэнзимный спектр аргиназы проростков гороха при субстратной индукции.

Исследования проводились на бесклеточном экстракте проростков гороха на 9-ый день прорастания. Для этого бесклеточный экстракт проростков гороха подвергался гельфильтрации на сефадексе G-200, уравновешенном $0,02\text{M}$ трис-ацетатным буфером, $\text{pH } 8,0$. Элюция из колонки проводилась тем же буфером со скоростью 20 мл/ч при $0-4^{\circ}\text{C}$. Содержание белка определялось измерением оптической плотности при 280нм на спектрофотометре СФ-10.

Как свидетельствуют полученные данные (рис. 1,2), ферментативная активность фильтруется также одним (но с заметно повышенной активностью) пиком, очевидно, вследствие субстратной индукции, по сравнению с контрольным вариантом, в то время как уровни белковых пиков в контрольном и индуцированном вариантах почти одинаковы.

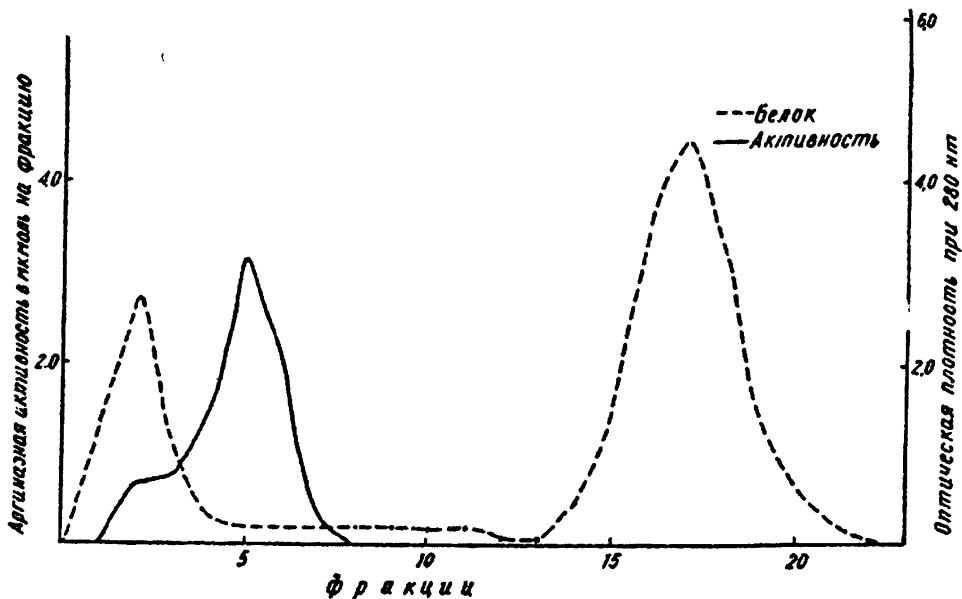


Рис. 1. Гельфильтрация бесклеточного экстракта 9-дневных проростков гороха на сефадексе G-200.

Таким образом, субстратная индукция аргиназы проростков гороха не приводит к качественным изменениям в изоэнзимном спектре. Происходит лишь повышение уровня имеющегося пика активности фермента.

Интересно сравнить наши данные с аргиназной активностью таллома лишайника при субстратной индукции. При гельфильтрации его экстракта также выявлен один пик активности, который при субстратной индукции значительно повышается.

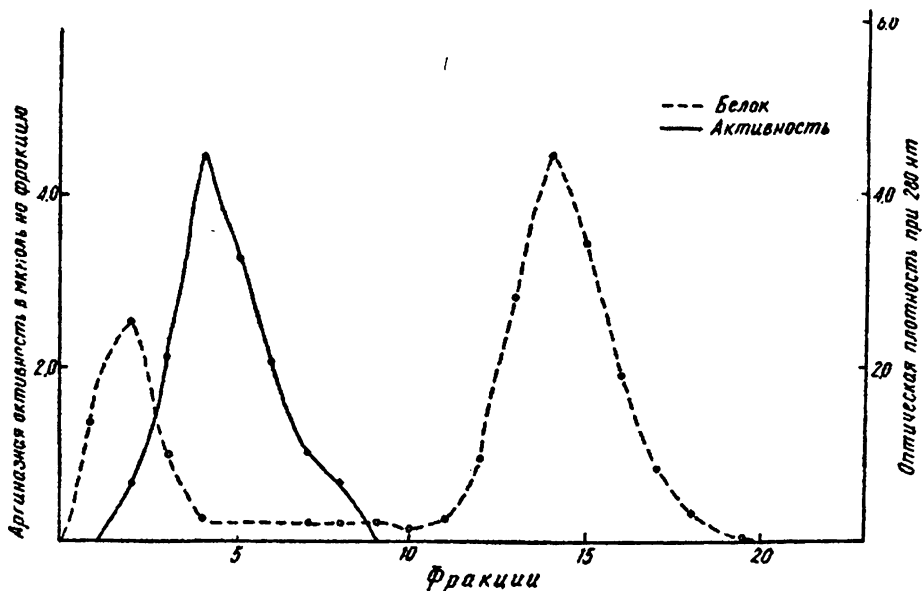


Рис.2. Гельфильтрация бесклеточного экстракта проростков гороха на сефадексе G-200 при субстратной индукции.

У дрожжей *C.guilliermondii* из имеющихся двух пиков активности аргиназы при субстратной индукции происходит резкое повышение активности лишь I пика, тогда как активность II пика остается без изменения [7]. Подобные данные получены также при субстратной индукции аэробных инфузорий [8]. Повышение активности только I изофермента авторы объясняют тем, что обнаруженные два пика аргиназной активности находятся под различным генетическим контролем.

Институт биохимии, научно-исследовательская лаборатория сравнительной и эволюционной биохимии

Поступила 20.05.1998

ЛИТЕРАТУРА

1. Шимке Р.Т. Регуляторные механизмы клетки, М., 1964.
2. Давтян М.А., Петросян Л.А. — Биол. ж.Армении, 1970, т. 23, №9.
3. Ratner S., Pappas A. — Biochem. J., 1949, v. 179, p. 1183.
4. Archibald R.M. — J. Biol. Chem., 1944, v. 156, p. 121.
5. Jegaz E., Vicente C. — Cniphogamie Bryol., Lichenol, 1981, v. 4, p. 407.
6. Давтян М.А., Вардамян Дж.А. — Уч. записки ЕГУ, 1989, №1
7. Габриелян Г.А. — Ферменты орнитинового цикла у дрожжей *Candida guilliermondii* ВКМ-Y-42: Автореф. дис. на соискание уч. ст. канд. биол. наук. Ер.: 1980.
8. Заробян Т.Я., Агаджанян А.Х., Давтян М.А. — Биол. ж.Армении, 1976, т. 29, №6.

ՈԼՈՌԻ ԾԻԼԵՐԻ ԱՐԳԻՆԱԶԻ ՍՈՒԲՍՏՐԱՏԱՅԻՆ ԻՆԴՈՒԿՑԻԱՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

L-արգինինի տարբեր խտությունների առկայությամբ տեղի է ունեցել ոլոռի ծիլերի արգինազի սուբստրատային ինդուկցիա:

Ժելֆիլտրացիայի մեթոդով հայտնաբերվել է ոլոռի ծիլերի արգինազային ակտիվության մեկ զագաթ, որի մակարդակը զգալի բարձրացել է ֆերմենտի սուբստրատային ինդուկցիայի հետևանքով:

УДК 616.473+577.15+616.8

К.Г.КАРАГЕЗЯН, М.М.МЕЛКОНЯН, Г.А.ОВЕЯН, А.Г.МАРТИРОСЯН, А.Г.ХАЧАТРЯН

ИЗМЕНЕНИЯ ФОСФОЛИПИДНОГО СОСТАВА ЭРИТРОЦИТАРНЫХ
МЕМБРАН И ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ СВОБОДНОРАДИКАЛЬНОГО
ОКИСЛЕНИЯ В КРОВИ БЕЛЫХ КРЫС ПРИ ОДНОСТОРОННЕЙ
ГАНГЛИОСИМПАТЭКТОМИИ И ЕЕ СОЧЕТАНИИ С ОСТРЫМ
АКУСТИЧЕСКИМ СТРЕССОМ

Изучены изменения количественного и качественного состава фосфолипидов эритроцитарных мембран, интенсивности ПОЛ (фонового, аскорбат- и НАДФН-зависимого), содержания диеновых конъюгатов, МДА-модифицированных белков и α -токоферола при односторонней ганглиосимпатэктомии и ее сочетании с острым акустическим стрессом. Полученные результаты свидетельствуют о заметном изменении интенсивности процессов свободнорадикального окисления (СРО) и развитии оксидативного стресса при изученных патологических состояниях.

В настоящей работе поставлена цель изучить изменения фосфолипидного компонента эритроцитарных мембран (ЭМ), в значительной степени отражающих состояние гомеостаза крови и организма в целом, а также связанные с ними отклонения ПОЛ, антиоксидантной системы ЭМ и плазмы крови. Ранее были показаны [1] изменения количественного и качественного состава фосфолипидов (ФЛ) крови, притекающей и оттекающей от головного мозга, при односторонней ганглиосимпатэктомии (ОГСЭ) – удалении правого верхнего шейного симпатического ганглия (ПВШСГ), свидетельствующие, возможно, о нарушении липидного обмена.

Полученные результаты помогут выяснить тонкие молекулярные механизмы образования и элиминации активных форм кислорода и развития оксидативного стресса при указанных патологических состояниях.

Материал и методы исследования. Эксперименты проводили на белых беспородных крысах-самцах массой 180–200 г, содержащихся на обычном пищевом рационе. Удаление ПВШСГ осуществляли под легким эфирным наркозом, о достоверности проведенной операции судили по проявлению синдрома Бернара-Горнера. Острый акустический стресс (ОАС) моделировали воздействием шума (91дБ) с максимальной энергией в области высоких и средних частот в течение 2 часов. Декапитацию проводили под легким эфирным наркозом через 7 суток после ОГСЭ.

ЭМ выделяли методом [2]. Уровень фоновых липидных перекисей (ФЛП) в плазме определяли по методу [3] и выражали в *нмоль* малонового диальдегида (МДА) на 1 *мл* плазмы. Активность систем ПОЛ в МЭ определяли по накоплению МДА за 30 мин. инкубации и выражали в *нмоль* МДА на 1 *мг* белка [4]. При исследовании аскорбатзависимого ПОЛ (АЗП) инкубационная среда содержала 40 *мМ* трис-НСІ рН 7,4, 0,8 *мМ* аскорбата, $12 \cdot 10^{-6}$ *М* соли Мора, при исследовании НАДФН-зависимого ПОЛ (НЗП) – $2 \cdot 10^{-4}$ *М* пиродифосфата натрия, $12 \cdot 10^{-6}$ *М* соли Мора, 1 *мМ*

NADPH. Содержание α -токоферола определяли флуорометрически по методу [5] на спектрофлуорометре фирмы "Hitachi" (Япония) и выражали в $\mu\text{моль}/\text{мг}$ белка. Содержание диеновых конъюгатов (ДК) в плазме крови и ЭМ определяли по методу [4] и выражали в $\mu\text{моль}/\text{мл}$ плазмы и $\mu\text{моль}/\text{мг}$ белка ЭМ соответственно. Белок в пробах определяли по Лоури [6]. Среднемолекулярные пептиды определяли методом [7] в $\mu\text{моль}/\text{мл}$ плазмы. Количество общего холестерина определялось методом [8] в $\mu\text{моль}/\text{мл}$ плазмы.

Экстракцию ФЛ из ацетоновых порошков ЭМ проводили по методу [9] в модификации [10]. Фракционирование индивидуальных ФЛ осуществляли с помощью одномерной хроматографии в тонком слое силикагеля марки "КСК" в системе растворителей хлороформ : метанол : аммиак = 65 : 35 : 5. Идентификацию пятен ФЛ проводили с помощью химически чистых свидетелей производства "Sigma" (США), минерализацию же липидного фосфора – в среде серной и азотной кислот с последующим пересчетом его содержания в $\mu\text{кг}$ на 1мг ацетонового порошка [11].

Статистическую обработку полученных результатов осуществляли общеизвестным методом Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. Как показали проведенные исследования (табл. 1), при ОГСЭ и ее сочетании с ОАС наблюдается уменьшение как тотального количества ФЛ ЭМ (-10,09 и -12,14% соответственно), так и их отдельных представителей, в частности фосфатидилхолинов (-28,15 и -39,25% соответственно), сфингомиелинов (СФМ) (- 28,41 и -34,29% соответственно), фосфатидилэтаноламинов (ФЭА) (-16,15 и -19,46%), с параллельным заметным увеличением лизофосфатидилхолинов (ЛФХ) (+53,19 и +67,43% соответственно), что, по всей вероятности, связано с повышением активности фосфолипазы A_2 и может привести к подключению ненасыщенных жирных кислот ФЛ ЭМ в процессы свободнорадикального окисления (СРО) липидов.

При этом представляют интерес иначе проявляющиеся изменения монофосфоинозитидов (МФИ) и фосфатидилсеринов (ФС). Так, если содержание МФИ при ОГСЭ увеличивается на 16,79%, то при ее сочетании с ОАС наблюдается их уменьшение на 18,89%. Количество ФС, уменьшающееся при ОГСЭ на 17,08%, становится недостоверно увеличенным при ее сочетании с ОАС (+4,07%). Выяснение молекулярных механизмов разнонаправленности этих изменений требует дальнейшего детального изучения. Особый интерес представляет изменение коэффициента СНФЛ/СКФЛ (сумма нейтральных ФЛ/ сумма кислых ФЛ) -13,94 и -21,63% соответственно, что связано с уменьшением содержания нейтральных ФЛ (-14,65 и 19,42% соответственно), наделенных, как известно, пластическими функциями [10, 12], а содержание кислых ФЛ практически не изменяется. Эти данные свидетельствуют об изменениях процессов деацилирования и реацилирования ФЛ [13], а также деятельности фосфоинозитидного и фосфатидилхолинового циклов [14], что чередоуется изменениями процессов СРО как в ЭМ, так и в плазме крови.

Проведенные исследования по изучению процессов ПОЛ ЭМ (табл. 2) показывают значительное повышение интенсивности процессов ферментативного (НЗП) (+32,1 и +24,8% соответственно) и неферментативного (АЗП) ПОЛ (+41,3 и +43,5% соответственно), увеличение содержания МДА-модифицированных белков (+40,0% в обоих случаях), ДК (+35,4 и +20,6% соответственно) и снижение уровня важнейшего эндогенного антиоксиданта – α -токоферола (-30,1 и -19,8% соответственно), что свидетельствует о заметных нарушениях во взаимоотношении ПОЛ-антиоксидантная система, приводящих к структурной реорганизации ЭМ и носящих более выраженный характер при сочетании ОГСЭ с ОАС, свидетельствуя об альтерации компенсаторно-приспособительных возможностях мембранных структур. Это коррелирует с данными наших исследований интенсивности процессов СРО в плазме крови (табл. 3). Наблюдается заметное возрастание содержания ФЛП, ДК и МДА-модифицированных белков; содержание α -токоферола заметно снижается. Эти данные свидетельствуют о заметной интенсификации процессов ПОЛ [15].

Количественный и качественный состав фосфолипидов (в мкг. липидного фосфора / мкг ацетинового порошка ЭМ)
эритроцитарных мембран белых крыс при односторонней ганглиосимпатэктомии (А) и ее сочетании
с острым акустическим стрессом (В) (M ± m, n = 8)

Название	Контроль		А			В		
		% от СФЛ		% от СФЛ	откл. от К		% от СФЛ	откл. от К
ЛФХ	0,611 ± 0,025	10,02	0,936 ± 0,034 ^a	17,08	+53,19	1,023 ± 0,038 ^d	19,11	+67,43
МФИ	0,524 ± 0,020	8,60	0,612 ± 0,024 ^d	11,17	+16,79	0,425 ± 0,015 ^b	7,94	- 18,89
СФМ	1,260 ± 0,051	20,68	0,902 ± 0,033 ^a	16,46	- 28,41	0,828 ± 0,031 ^a	15,47	- 34,29
ФХ	1,730 ± 0,072	28,39	1,243 ± 0,060 ^a	22,69	- 28,15	1,051 ± 0,052 ^a	19,63	- 39,25
ФС	0,884 ± 0,035	14,51	0,733 ± 0,029 ^a	13,38	- 17,08	0,920 ± 0,034	17,18	+4,07
ФЗА	0,514 ± 0,021	8,43	0,431 ± 0,020 ^d	7,87	- 16,15	0,414 ± 0,018 ^b	7,73	- 19,46
КЛ	0,571 ± 0,024	9,37	0,622 ± 0,028	11,35	+ 8,93	0,693 ± 0,030 ^a	12,94	+21,37
СНФЛ	4,115 ± 0,169	67,52	3,512 ± 0,147 ^a	64,10	- 14,65	3,316 ± 0,139 ^b	61,94	- 19,42
СКФЛ	1,979 ± 0,079	32,48	1,967 ± 0,081	35,90	- 0,61	2,038 ± 0,079	38,06	+2,98
СФЛ	6,094 ± 0,248		5,479 ± 0,228		- 10,09	5,354 ± 0,218		- 12,14
Кф	2,08		1,79		- 13,94	1,63		- 21,63

Примечания: ЛФХ – лизофосфатидилхолины; МФИ – монофосфоинозитиды; СФМ – сфингомиелины; ФХ – фосфатидилхолины;
ФС – фосфатидилсерин; ФЗА – фосфатидилгалактоамин; КЛ – кардиолипин; СНФЛ – сумма нейтральных фосфолипидов; СКФЛ – сумма
кислых фосфолипидов; СФЛ – сумма фосфолипидов; Кф – коэффициент СНФЛ/СКФЛ.

В табл. 1-3: а) $p < 0,005$, б) $p < 0,01$, с) $p < 0,02$, д) $p < 0,05$.

Интенсивность ПОЛ эритроцитарных мембран белых крыс при односторонней ганглиосимпатэктомии (А) и ее сочетании с острым акустическим стрессом (В) ($M \pm m, n = 8$)

Название	Контроль	А	В
Аскорбатзависимое перекисление	2,23 ± 0,14	3,15 ± 0,20 ^b	3,20 ± 0,19 ^b
NADPH-зависимое перекисление	3,27 ± 0,21	4,32 ± 0,29 ^c	4,08 ± 0,25 ^d
МДА-модифицированные белки	0,05 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,07 ± 0,01
Диеновые конъюгаты	3,93 ± 0,35	5,32 ± 0,40 ^d	4,74 ± 0,37
α -Токоферол	7,51 ± 0,35	5,25 ± 0,33 ^b	6,02 ± 0,38 ^d

Таблица 3

Интенсивность ПОЛ, содержание α -токоферола, среднемолекулярных пептидов и общего холестерина в плазме крови белых крыс при односторонней ганглиосимпатэктомии (А) и ее сочетании с острым акустическим стрессом (В) ($M \pm m, n = 8$)

Название	Контроль	А	В
Фооновые липидные перекиси	5,751 ± 0,47	7,850 ± 0,60 ^d	8,310 ± 0,69 ^c
МДА-модифицированные белки	0,730 ± 0,06	0,921 ± 0,08	1,010 ± 0,10 ^d
Диеновые конъюгаты	4,201 ± 0,27	5,510 ± 0,32 ^c	5,84 0 ± 0,41 ^c
α -Токоферол	1,420 ± 0,09	1,050 ± 0,08 ^c	0,930 ± 0,08 ^b
Среднемолекулярные пептиды	0,150 ± 0,01	0,191 ± 0,01 ^d	0,201 ± 0,01 ^b
Общий холестерин	1,430 ± 0,08	1,750 ± 0,09 ^d	1,850 ± 0,09 ^b

Особый интерес представляет также увеличение содержания среднемолекулярных пептидов (СМП), являющихся субстратами эндогенной интоксикации при различных патологических состояниях [16] и наделенных антиоксидантными свойствами, и холестерина, обладающего тормозящим влиянием на окисление быстроокисляющихся липидов, что, по всей вероятности, свидетельствует о компенсаторных пертурбациях в крови. Однако изменения качественного и количественного состава ФЛ ЭМ, а также процессов СРО в ЭМ и плазме крови свидетельствуют о выраженных структурно-функциональных нарушениях в изучаемой системе и возникновении и развитии оксидативного стресса как при ОГСЭ, так и при ее сочетании с ОАС.

ИМБ НАН РА, ЕРГМУ, ЕГУ

Поступила 03.06.1998

ЛИТЕРАТУРА

1. Карагезян К.Г., Овсепян Л.М. Влияние односторонней симпатэктомии у собак на процессы активного транспорта фосфолипидов из крови в головной мозг и в обратном направлении. – В кн.: Нервная система в патологических процессах. Под ред. Т.В. Митиной. Москва – Львов, 1970, с.78-82.
2. Limber G.R., Davie R.F., Baker A.M.S. Acrylamide gel electrophoresis studies of human erythrocyte membrane. – Blood, 1970, v.36, №2, p.111-118.
3. Yoshioka T., Mori M., Takehara Y. et al. Blood and tissue levels of lipoperoxides in rats during development. – Biol. Neonate, 1982, v. 41, №3-4, p.155-160.
4. Владимиров Ю.А., Арчаков А.И. Перекисное окисление липидов в биологических мембранах. М.: Наука, 1972, 252 с.
5. Duggan D.E. Spectrofluorimetric determination of tocopherols. – Archiv. Biochem. Biophys, 1959, №84, p.116-118.

6. Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L. et al. Protein measurement with Folin phenol reagent. – J. Biol. Chem, 1951, v.193, №1, p.265-275.
7. Владыко А.С., Левицкий Э.Р., Поддубная Л.П., Габриелян Н.И. Средние молекулы и проблемы эндогенной интоксикации при критических состояниях различной этиологии. – Анестезиология и реаниматология, 1987, №2, с. 37-40.
8. Сентебова Н.А. Предложения по унификации методов определения свободного и эстерифицированного холестерина в сыворотке крови. – Лаб. дело, 1977, №6, с.375-380.
9. Folch J. Brain cephalin, a mixture of phospholipids. Separation from it of phosphatidylserine, phosphatidylethanolamine and a fraction containing an inositol phosphatides. – J. Biol. Chem. 1942, v.146, p.35-40.
10. Карагезян К.Г. – В кн: "Фосфолипиды и их роль в жизнедеятельности организма". – Ереван, Айастан, 1972.
11. Прохорова М.И. Методы биохимических исследований. Липидный и энергетический обмен. – Учебное пособие. Л: Изд-во ЛГУ, 1982, с.101.
12. Антонов В.Ф. В кн.: – Липиды и ионная проницаемость мембран. М.: Наука, 1982, с.81-89.
13. Карагезян К.Г., Тадевосян Ю.В., Батикян Т.Б. Система деацилирования-реацилирования фосфолипидов в лизосомальных мембранах печени белых крыс – ДАН СССР, 1986, т. 286, № 2, с. 465-467.
14. Pelesh S.L., Vance D.E. Signal transduction via phosphatidylcholine cycles. – Trends in Biochemical Sciences. – 1989, v. 14, № 1, p. 28-30.
15. Бурлакова Е.Б., Голощапов А.Н., Горбунова Н.В. и др. Особенности биологического действия малых доз облучения. – Радиационная биология. Радиозэкология, 1996, т.36, вып.4, с.610-631.
16. Галактионов С.Г., Цейтлин В.М., Левова В.И. и др. Пептиды группы "средних молекул" – Биоорган. химия, 1984, № 1, с. 5-17.

Կ.Գ.ՂԱՐԱԳՅՈՋՅԱՆ, Մ.Մ.ՄԵԼԵՈՆՅԱՆ, Գ.Ա.ՀՈՎԵՅԱՆ, Ա.Հ.ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ,
Ա.Գ.ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

ՍՊԻՏԱԿ ԱՌՆԵՏՆԵՐԻ ԷՐԻԹՐՈՑԻՏՆԵՐԻ ԹԱՂԱՆԹՆԵՐԻ
ՖՈՍՖՈԼԻՊԻԴԱՅԻՆ ԿԱԶՄԻ ԵՎ ԱՐՅԱՆ ԱԶՍ ՌԱԴԻԿԱԼԱՅԻՆ
ՕԶՍԻԳԱՅՄԱՆ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐԻ ԻՆՏԵՆՍԻՎՈՒԹՅԱՆ
ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ՄԻԱԿՈՂՄԱՆԻ ԳԱՆԳԼԻՈՍԻՄՊԱՏԷԿՏՈՍԻԱՅԻ,
ԻՆՉՊԵՍ ՆԱԵՎ ԱԿՈՒՍՏԻԿ ՍՏՐԵՄԻ ՀԵՏ ՆՐԱ ԶՈՒԳԱԿՅՄԱՆ
ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ո մ

Միակողմանի զանգվաթիմաատկտոմիայի, ինչպես նաև սուր ակուստիկ ստրեսի հետ նրա զուգակցման պայմաններում ուսումնասիրվել են էրիթրոցիտների քաղանթների ֆոսֆոլիպիդների քանակական և որակական կազմի, լիպիդների գերօքսիդացման պրոցեսների (ֆոնային, ասկորբատ- և NADPH-կախյալ) ինտենսիվության, դինեյլին կոնյուգատների, ՄԻԱ-մոդիֆիկացված սպիտակուցների, α -տոկոֆերոլի պարունակության փոփոխությունները: Ստացված տվյալները վկայում են ազատ ռադիկալային պրոցեսների ինտենսիվության զգալի փոփոխության և ուսումնասիրված ախտաբանական վիճակներում օքսիդատիվ ստրեսի զարգացման մասին:

УДК 615.357:577

Н.Р.АКОПЯН

ДЕЙСТВИЕ ЭСТРАДИОЛА НА СОСТАВ ФОСФОИНОЗИТИДОВ ЯДЕРНОГО МАТРИКСА КЛЕТОК ГОЛОВНОГО МОЗГА КРЫС

Изучено *in vivo* влияние эстрадиола на состав фосфоинозитидов ядерного матрикса клеток головного мозга крыс. Показано, что повышение содержания фосфатидилинозитола (т.е. монофосфоинозитида) сопровождается снижением количества ди- и трифосфоинозитидов и соотношение трифосфоинозитид/монофосфоинозитид снижается более чем в 2,5 раза.

Важную структурно-функциональную роль ядерного матрикса в жизнедеятельности клетки трудно переоценить. Белки ядерного матрикса могут принимать участие в процессах репликации, транскрипции, в установлении сложной суперструктуры хроматина [1,2]. Хотя фосфолипиды представлены в матриксе в малых количествах, не исключена возможность их участия в этих процессах, тем более что липидные компоненты других ядерных структур несут определенную функциональную нагрузку [3,4]. Ранее нами были выявлены сдвиги в содержании фосфолипидов и нейтральных липидов ядерного матрикса клеток печени крыс при воздействии гидрокортизона [5]. При этом было высказано предположение, что эти изменения могут быть связаны с процессами специфической активации генома стероидом, если учесть возможность наличия в ядерном матриксе акцепторных участков, специфически связывающих рецепторы стероидов, в частности эстрогенов [6]. Несмотря на все возрастающий интерес исследователей к структурно-функциональной роли ядерного матрикса, его фосфолипидный, в частности фосфоинозитидный состав, особенно в клетках головного мозга животных, изучен недостаточно.

В настоящем сообщении приводятся результаты исследований фосфоинозитидного состава ядерного матрикса клеток головного мозга крыс на первичном (через 0,5 и 1 час после введения гормона), раннем (через 4 часа) и позднем (через 24 часа) этапах *in vivo* воздействия эстрадиола.

Методика. Эксперименты проводили на 40 беспородных крысах-самках массой 150–200г. 17β -эстрадиол (фирмы "Sigma", США) вводили внутривентриально в концентрации 20мкг на 100г массы животного. Крыс декапитировали через 0,5; 1; 4 и 24 часа после введения гормона под легким эфирным наркозом. Ядерный матрикс из клеток головного мозга крыс выделяли по методу Berezney и Coffey [7]. Полифосфоинозитиды ядерного матрикса выделяли из остатка после экстракции фосфолипидов путем избирательной кислотной экстракции [8]. Фракционирование фосфоинозитидов проводили методом микротонкослойной хроматографии на пластинках с силикагелем КСК, импрегнированных оксалатом калия (пластинки 6x9см, толщина 5–7мм). Для разделения использовали систему растворителей хлороформ – метанол – 4N NH_4OH в соотношении 9:7:2 [8]. Количественное определение фосфоинозитидов проводили после минерализации по неорганическому фосфору [9]. Результаты экспериментов обрабатывали статистически.

Результаты и обсуждение. Общеизвестно, что стероидные гормоны имеют внутриклеточный тип циторцепции, однако некоторые литературные данные свидетельствуют о том, что стероиды способны воздействовать на инициацию и функционирование фосфоинозитидного механизма [10, 11]. А функционирование фосфоинозитидного механизма наряду с другими факторами во многом зависит от содержания и соотношения полифосфоинозитидов, которые могут изменяться в зависимости от функционального статуса мембран.

Наши ранние исследования [12] показали, что эстрадиол на первичном этапе воздействия, повышая содержание фосфатидилинозитола в синапсосамах головного мозга крыс, приводит к заметному перераспределению фосфоинозитидов в мембранах синапсосом. Анализ состава фосфоинозитидов фракции ядерного матрикса показал, что если суммарное количество фосфоинозитидов достоверно не изменяется при воздействии гормона, то содержание всех трех фракций при этом значительно изменяется (см. табл.). Повышение содержания монофосфоинозитидов (т.е. фосфатидилинозитола) сопровождается снижением количества ди- и трифосфоинозитидов как на первичном, так и на раннем этапах воздействия эстрадиола. Примечательно, что соотношение трифосфоинозитид/монофосфоинозитид снижается более чем в 2,5 раза на первичном этапе, а на позднем этапе воздействия — доходит до контрольного уровня.

*Содержание фосфоинозитидов в ядерном матриксе мозга крыс при воздействии эстрадиола (мкг на мг белки, * — $P < 0,05$)*

Фосфоинозитиды	Экспозиция гормона в часах				
	контроль	0,5	1	4	24
монофосфоинозитид	6,51±0,07	*8,14±0,06	*9,77±0,05	*7,77±0,05	6,74±0,06
дифосфоинозитид	4,24±0,03	*3,55±0,02	*3,37±0,02	*2,53±0,03	*4,06±0,05
трифосфоинозитид	3,36±0,03	*2,23±0,03	*1,87±0,02	*2,62±0,03	*3,04±0,03
общее содержание	14,11±0,07	13,92±0,06	*15,01±0,05	*12,85±0,06	*13,84±0,07

Интересно, что аналогичное перераспределение содержания фосфоинозитидов при воздействии эстрадиола мы наблюдали ранее как в мембранах синапсосом [12], так и в ядерных мембранах [13], на основании чего нами было сделано предположение, что оно может служить своеобразным показателем статуса мембранных структур в отношении функционирования фосфоинозитидного механизма. Наблюдаемое перераспределение в фосфоинозитидах ядерного матрикса указывает на то, что эстрадиол при активации биосинтетических процессов способен вызывать аналогичные изменения в содержании фосфоинозитидов внутриядерных структур, по-видимому, однозначно влияя на активность ферментов, ответственных за их взаимопревращения.

Таким образом, эстрадиол на первичном и раннем этапах воздействия способен как активировать синтетические процессы фосфолипидов, так и вызывать заметное межфракционное перераспределение фосфоинозитидов ядерного матрикса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чернохвостов В.В. Ядерный матрикс эукариотической клетки: некоторые вопросы выделения, структуры и функционирования. – Успехи совр. биологии, 1985, т. 99, №3, с. 371-384.
2. Cocco L., Martelli A.M., Billi A.M., Cataldi A., Miscia S., Mottola M.R., Manzoli L. Phospholipids as components of the nuclear matrix: their possible biological significance. – *Bas. Appl. Histochem.*, 1987, v. 31, p. 413-419.
3. Левитина М.В. Современные представления о липидах клеточных ядер. – Успехи совр. биологии, 1975, т. 80, №1, с. 57-70.
4. Viola-Magni M.P., Gaban P.V., Pasy J. Phospholipids in plant and animal chromatin. – *Cell. Biochem. Funct.*, 1985, v. 3, №1, p. 71-78.
5. Геворкян Э.С., Явроян Ж.В., Паносян Г.А. Липидный состав ядерного матрикса печени крыс при воздействии гидрокортизона. – Бюл. эксперим. биол. и мед., 1987, №8, с. 171-174.
6. Barrack E.R. Specific association of androgen receptors and estrogen receptors with the nuclear matrix: summary and perspectives. – *Res. Adv. Ster. Horm. Action.*, 1987, p. 85-107.
7. Berezney R., Coffey D.S. The nuclear protein matrix: Isolation, structure and functions. – *Adv. Enzyme Regulat.*, 1976, v. 14, p. 63-100.
8. Бергельсон Л.Д., Дятловицкая Э.В., Молотковский Ю.Г. Препаративная биохимия липидов. М., 1981, с. 183-184.
9. Ames B.N. Assay of ionorganic phosphate, total phospholipid and phosphatases. – *Meth. Enzymol.*, 1966, v. 8, p. 115-118.
10. Grove R.J., Korach K.S. Estrogen stimulation of phosphatidyl – inositol metabolism in mouse uterine tissue. – *Endocrinology*, 1987, v. 121, p. 1083-1088.
11. Ruzicky A.L., Cranhsaw D.J., Role of inositol phospholipid hydrolysis in the initiation of agonist – induced contractions of rat uterus: effects of domination by 17 β –estradiol and progesterone. – *Can. J. Physiol. Pharms.*, 1988, v. 66, p. 10-17.
12. Геворкян Э.С., Явроян Ж.В., Арцруни И.Г., Акопян Н.Р. Действие эстрадиола на состав фосфоинозитидов синапсом головного мозга крыс. – *Вопр. мед. химии*, 1995, №5, с. 35-37.
13. Геворкян Э.С., Явроян Ж.В., Арцруни И.Г., Акопян Н.Р., Демирханян Л.О. Действие эстрадиола на состав фосфоинозитидов ядерных мембран клеток головного мозга крыс. – *Укр. биохим. ж.*, 1998, т. 70, №1, с. 53-58.

Ն.Ռ. ՀԱՎՈՅԱՆ

ԷՍՏՐՈՂԻՈՒԼԻ ԱԶՂԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԱՌՆԵՏԻ ԳԼԽՈՒԴԵՐԻ ԲԶԻԶՆԵՐԻ ԿՈՐԻԶԱՅԻՆ ՄԱՏՐԻՔՍԻ ՖՈՍՖՈԻՆՈԻՆՈԶԻԴՆԵՐԻ ԿԱԶՄԻ ՎՐԱ

Ամփոփում

Հետազոտվել է էստրադիոլի *in vivo* ազդեցությունը առնետի գլխուղեղի բջիջների կորիզային մատրիքսի ֆոսֆոինոզիտիդների կազմի վրա: Յույց է տրվել, որ ֆոսֆատիլիլինոզիտիլ (մոնոֆոսֆոինոզիտիլ) պարունակության աճն ուղեկցվում է դի- և տրիֆոսֆոինոզիտիլների քանակի նվազումով, և նվազում է տրիֆոսֆոինոզիտիլ/մոնոֆոսֆոինոզիտիլ հարաբերությունը ավելի քան 2,5 անգամ:

УДК 581.1.035

Е.Н.ЩЕРБАКОВА, М.К.МКРТУМЯН, Ю.Г.ПОПОВ

МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАЛЛУСНОЙ ТКАНИ МАРЕНЫ КРАСИЛЬНОЙ

Введена в изолированную культуру марена красильная (*Rubia tinctorum L.*). Получена хорошо растущая на искусственной питательной среде каллусная ткань. Подобрано соотношение количества посевного материала и объема питательной среды для оптимального роста каллусной ткани. Дана цитологическая характеристика каллусной ткани марены, определены размеры клеток и ядер. Изучена динамика накопления сырого и сухого веса ткани по суткам культивирования.

Культуры изолированных тканей растений могут быть использованы для промышленного получения физиологически активных веществ в контролируемых условиях. В настоящее время имеется много данных, показывающих, что изолированные ткани могут синтезировать вещества, идентичные синтезируемым в целом растении [1–4]. При этом отмечается взаимосвязь между ростом культуры и синтезом в ней вторичных метаболитов. Поэтому использование в биотехнологии культуры изолированных тканей требует подбора оптимального сочетания роста тканей и накопления вторичных продуктов в них.

К числу вторичных метаболитов растительного происхождения, представляющих практический интерес, относятся антрахиноны. Перспективным продуцентом антрахинонов является марена красильная (*Rubia tinctorum L.*) – многолетнее растение семейства *Rubiaceae*, произрастающее в диком виде на юге Европы, а также в некоторых районах Закавказья. Благодаря высокому содержанию антрахинонов корни и корневища марены издавна использовались для получения краппа. Кроме того, экстракты из корней и корневищ входят в состав препаратов цистенал, марилин, применяемых для лечения почечнокаменной болезни [5]. Это и послужило стимулом для получения нами изолированной ткани марены, способной к длительному росту в перевиваемой культуре.

Цель настоящей работы – отработка состава питательной среды, обеспечивающей оптимальный рост каллусной ткани марены, и изучение цитоморфологии и характера роста ткани. Работа проводилась на базе лаборатории растительных ресурсов Института ботаники НАН Армении и кафедры физиологии растений ЕГУ.

Методы исследований. Объектом исследований являлась каллусная культура марены красильной (*Rubia tinctorum L.*), полученная нами по общепринятой методике [6]. Растения марены, отобранные на участке Армянской флоры Института ботаники НАН Армении, стерилизовались диацидом в течение 20 мин, после чего промывались в 3-х порциях стерильной воды по 20 мин в каждой. Листья и стебли растения после стерилизации разрезались на кусочки, высаживались на агаризованную питательную среду и содержались в термостате при температуре 26–27°C в темноте.

В опытах использовались питательные среды В-5 Гамборга и Мурасиге и Скуга. Для интенсификации роста по ходу опытов в среду добавлялись различные стимуляторы роста в определенных сочетаниях.

Для цитологических исследований материал фиксировали по Карнуа в спирт-уксусной смеси (3:1). Давленные препараты готовились стандартным ацеторсеиновым методом. Размеры клеток и ядер определялись с помощью окуляр- и объективных микрометров.

Для характеристики ростовой активности ткани использовались показатели: сырая масса ткани в г; сухой вес ткани (полученный высушиванием ткани до постоянного веса при температуре 80°C) в %; ростовой индекс – отношение сырого веса полученного каллуса к первоначальному [1]. Средний прирост биомассы определяли путем взвешивания сырой массы ткани из 4–5 колб.

Результаты и их обсуждение. Появление первых признаков каллусообразования у эксплантатов листьев марены наблюдалось на 20–25 сутки культивирования на среде В-5 Гамборга. Первичный каллус был желто-оранжевого цвета и отличался очень медленным ростом. В течение первых 2–3 пассажей каллус пересаживался на ту же среду Гамборга В-5, а затем был перенесен на среду Мурасиге и Скуга с добавлением гормональных факторов. В дальнейшем каллус выращивался на модифицированной среде Мурасиге и Скуга, разработанной в лаборатории растительных ресурсов Института ботаники НАН Армении.

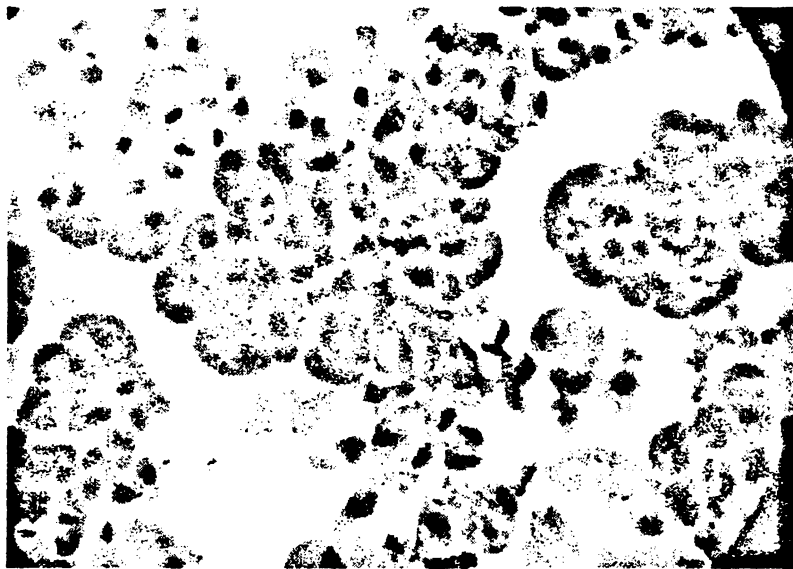


Рис. 1. Клетки каллусной ткани марены красильной (ув. х 560).

Изолированные растительные ткани и клетки находятся в условиях, сильно отличающихся от нормальных. Снятие регулирующего влияния различных коррелятивных связей, изменения в характере питания создают предпосылки для изменчивости клеток и приспособления их к новым условиям. Характерным отличием изолированных клеток является свойственный им жизненный цикл, связанный с размножением, течение которого сопровождается сдвигами в метаболизме. При этом наблюдаются изменения как в физиологии клетки, так и в ее морфологии. Поэтому цитоморфологические исследования особенностей изолированных клеток заслуживают особого внимания.

Введенная нами в культуру ткань марены твердая, компактная, в период интенсивного роста имеет красно-оранжевый цвет, обусловленный, как показали исследования, наличием антрахинонов. К концу пассажа ткань приобретает красно-бурю окраску. Нередко пигменты выделяются в среду, в результате чего она окрашивается в вишневый цвет. Иногда наблюдается спонтанное образование корешков на поверхности каллуса к концу пассажа.

Анатомическое изучение показало, что на агаризованной среде при оптимальных условиях культивирования масса ткани состоит из мелких клеток округлой формы (рис.1). Средние размеры их колеблются в пределах 25–30 мкм, размер ядра равен 6–8 мкм. В глубине каллуса встречаются трахеноподобные лигнифицированные клетки, принадлежащие к широкораспространенному типу водоносных элементов, называемых гидроцитами (рис.2). Часто гидроциты расположены группами в виде узлов, образуя как бы проводящую систему.



Рис. 2. Гидроциты в каллусной ткани марены (ув. x 560).

Как было установлено нами, на рост каллусной ткани марены заметное влияние оказывает количество посевного материала. Опытты, проведенные с внесением каллуса различного веса (от 250 до 550 мг на 40 мл питательной среды) показали, что оптимальное количество посевного материала для обеспечения нормального роста каллусной ткани марены составляет 450–500 мг (см. табл.).

Влияние количества посевного материала на рост каллусной ткани марены

Сырой вес посевного материала, мг	Сырой вес полученного каллуса, мг	Индекс роста
250	3690	14,3
290	5702	19,6
313	5220	16,7
345	6140	17,8
409	8866	21,7
430	12282	28,6
471	12304	26,1
526	17040	32,4

При изучении динамики роста каллусной ткани марены выяснилось, что увеличение сырого веса клеток происходит медленно, по нарастающей кривой. Lag-фаза длится до 7 суток. Удвоение сырого веса наблюдается на 9–10 сутки культивирования. Длительность пассажа составляет 70–75 суток, сырой вес каллуса при этом увеличивается в 28–32 раза (рис.3), после чего рост практически прекращается, каллусная ткань темнеет и подсыхает. Следует отметить большую вариабельность в показаниях прироста биомассы в отдельных образцах.

Наблюдения за динамикой накопления сухого вещества выявили, что первое увеличение сухого веса наблюдается к 20 суткам культивирования, что, возможно, связано с интенсивным делением клеток (рис.3). К 35-м суткам сухой вес резко падает, хотя сырой вес продолжает увеличиваться. Вероятно, в этот период увеличе-

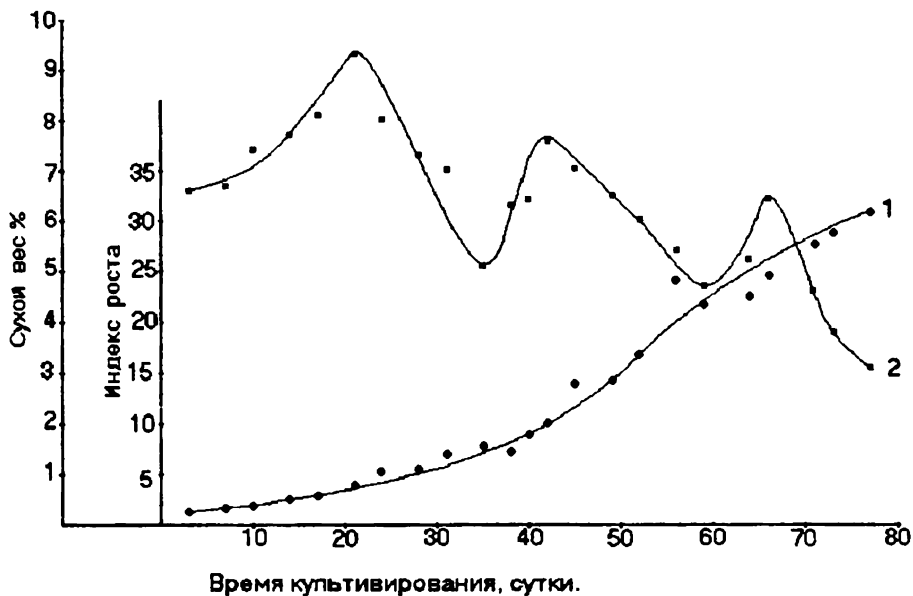


Рис. 3. Динамика сырого (1) и сухого (2) веса каллусной ткани марены красильной.

ние сырого веса происходит за счет растяжения и вакуолизации клеток. Второе увеличение сухого веса наблюдается на 43–45 сутки, и третий пик возрастания его отмечается на 63–65 сутки, после чего к моменту наступления стационарной фазы роста сухой вес резко снижается.

Таким образом, подобраны условия для оптимального роста каллусной ткани марены красильной, что открывает возможность для ее использования в качестве потенциального продуцента антрахинонов.

Институт ботаники НАН РА, ЕГУ

Поступила 09.07.1998

ЛИТЕРАТУРА

1. Березнеговская Л.Н., Гусев И.Ф., Дмитрук С.Е., Смородин А.В., Смородин В.В., Трофимова Н.А., Шмыкова Н.А. Культура тканей и клеток алкалоидных растений. Томск, 1975.
2. Бутенко Р.Г. В кн.: Биотехнология. М., Наука, 1984, с.239-247.
3. Запрометов М.Н. В кн.: Культура клеток растений. М., Наука, 1981, с.37-50.
4. Мэнтелл С.Г., Смит Г. В кн.: Биотехнология сельскохозяйственных растений. М., Агрпроминздат, 1987, с.75-104.
5. Георгиевский В.П., Комиссаренко Н.Ф., Дмитрук С.Е. Биологически активные вещества лекарственных растений. Новосибирск: Наука, 1990.
6. Бутенко Р.Г. Культура изолированных тканей и физиология морфогенеза растений. М.: Наука, 1964.

ՏՈՐՈՆԻ ԿԱԼՈՒՍԱՅԻՆ ՀՅՈՒՍՎԱԾՔԻ ՄՈՐՖՈՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱԿԱՆ
ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

Ա մ փ ո փ ո մ

Ստացված է տորոնի (*Rubia tinctorum* L.) մեկուսացված կուլտուրա, որը լավ աճում է կալուսային հյուսվածքի ձևով արհեստական սննդամիջավայրի վրա: Կալուսային հյուսվածքի օպտիմալ աճման համար ընտրված է ցանքանյութի քանակի և սննդամիջավայրի ծավալի համապատասխան հարաբերակցությունը: Տրված է տորոնի հյուսվածքային կուլտուրայի բջջաբանական բնութագիրը, որոշված են բջիջների և կոլիզների չափսերը: Ուսումնասիրված է հյուսվածքի թաց և չոր քաշերի դինամիկան ըստ աճեցման օրերի:

УДК 582.28:620.193.8

Д.Ж. АБРАМЯН, И.В. ШАХАЗИЗЯН

ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЫБРОСОВ ЗАВОДА “ПОЛИВИНИЛАЦЕТАТ” НА СТРУКТУРУ КОМПЛЕКСОВ МИКРОМИЦЕТОВ ПОЧВ

В статье приведены результаты исследования по воздействию выбросов завода “Поливинилацетат” на структуру комплексов микромицетов почв. Установлено, что микроскопические почвенные грибы являются показательными объектами для изучения степени загрязненности почвы промышленными выбросами.

На фоне усиливающегося антропогенного воздействия на биосферу представляет определенный интерес изучение видового состава микромицетов почв, способных активно развиваться в неблагоприятных условиях. Необходимость изучения структурных и функциональных показателей развития почвенных микромицетов с целью биондикации состояния наземных ценозов подчеркивается в работах ряда исследователей [1–3].

С этой точки зрения большой интерес представляло проведение микологических анализов почв близ промышленных предприятий, в частности территории завода “Поливинилацетат” и НИИ “Пластполимер” (г. Ереван), с целью изучения воздействия выбросов на изменение видового состава микобиоты почв, выявления изменения в структуре комплексов микромицетов почв, характеризующего степень антропогенного нарушения в данных экологических условиях.

Почвенные пробы отбирались в радиусе 100–200 м от предприятий. Предприятия расположены в полупустынном поясе – 900 м над уровнем моря, почвы бурые, карбонатные, тяжело суглинистые, окультуренные, рН=8,5–8,7.

Микологический анализ почв проводился с помощью ряда методик по общепринятому методу серийных разведений, в основе которого лежит использование водно-почвенной суспензии, нанесенной на агаризованную питательную среду. При анализе почв применялись общепринятые и селективные питательные среды [4].

Пробы почв отбирались из поверхностных слоев (0–10 см), а также из глубины 25–30 см почвенного горизонта весной, летом, осенью (1992–1996 гг.). В каждый из сезонов года почвенные пробы отбирались 3 раза по 10 проб от каждого варианта.

Для характеристики структуры комплексов микромицетов, выявления доминирующих и случайных видов был использован показатель их частоты встречаемости, который наглядно показывает положительные и негативные сдвиги, происходящие в почве [5, 6].

По данным ГВЦ Госкомстата Арм. ССР до 1990 г., в составе выбросов твердых веществ исследуемых предприятий отмечены – винифлекс, поливинилбутираль, диацетилцеллюлоза, поливиниловый спирт, поливинилацетатная дисперсия, пыль карбамида, газообразные и жидкие вещества: аммиак, спирты, ацетаты, ацетальдегиды, ацетон, хлоропрен и др.

В последние годы приостановлены работы по производству некоторых полимерных материалов, в связи с чем уменьшилось количество выбросов следующих газообразных веществ: метанола, винилацетата, этилацетата, уксусной кислоты, уксусного ангидрида и др.

В исследованных нами пробах почв, отобранных близ предприятий, зарегистрирован весьма разнообразный качественный состав грибов по сравнению с данными, полученными при анализе микобиоты территории предприятия в 1981–1982 гг., когда все цеха работали на полную мощность [7]. Результаты исследований авторов свидетельствовали о весьма негативном воздействии отходов предприятий на распространение почвенных микроскопических грибов. Здесь наблюдалось резкое подавление роста и развития микроорганизмов (в целом выделено около 10 видов грибов), что согласно теоретической концепции В.С. Гузева можно охарактеризовать как зону репрессии. Это явление следует рассматривать как пример крайне сильной антропогенной дистрофикации эдафической среды [8].

Уменьшение количества и качества выбросов благотворно отразилось на распространении биокомпонентов, в частности микромицетов почв, и соответственно на биологических процессах, протекающих в почве.

В процессе микологических исследований близ территории завода нами выделено более 2000 штаммов грибов, из коих идентифицировано 45 видов. По своему систематическому положению выделенные виды распределяются по классам следующим образом: Zygomycetes включает 4 вида, Ruenomycetes – 2, Coelomycetes – 1, Hyphomycetes – 38 (из них к семействам Moniliaceae относятся 20 видов, Dematiaceae – 13, Tuberculariaceae – 5).

Выявлен также ряд представителей *Mycelia sterilia* (семейства Agonomycetaceae), не поддающихся идентификации (формы грибов со светло- и темноокрашенным стерильным мицелием).

Таблица 1

Доминирующие и типичные частые виды микромицетов, выделенные близ территории завода "Поливинилацетат" и НИИ "Плестполимер"

Таксоны грибов	Доминирующие	Типичные частые
ZYGOMYCETES		
1. <i>Mucor circinelloides</i>		+
HYPHOMYCETES		
<i>Moniliaceae</i>		
2. <i>Aspergillus ficuum</i>	+	
3. <i>A. flavus</i>	+	
4. <i>A. niger</i>	+	
5. <i>A. terreus</i>		+
6. <i>Paecilomyces farinosus</i>		+
7. <i>Penicillium canescens</i>		+
8. <i>P. brevi-compactum</i>		+
9. <i>P. verrucosum</i> var. <i>cyclopium</i>	+	
10. <i>Trichoderma viride</i>		+
<i>Dematiaceae</i>		
11. <i>Alternaria alternata</i>	+	
12. <i>Cladosporium herbarum</i>		+
13. <i>Stemphylium botryosum</i>	+	
<i>Tuberculariaceae</i>		
14. <i>Fusarium gibbosum</i>		+

В числе доминирующих и типичных частых видов значатся 14 видов (табл.1), тогда как в числе типичных редких и случайных – 31 (табл.2).

Известно, что в интенсивно загрязненных почвах наблюдается упрощение структуры комплексов микромицетов за счет сокращения числа случайных видов. Как свидетельствуют полученные нами данные, весьма высок процент типичных редких и случайных видов, немалое число составили также доминирующие и типичные частые виды.

Типичные редкие и случайные виды микромицетов, выделенные близ территории завода "Поливинилацетат" и НИИ "Пластполимер"

Таксономический состав грибов	Типичные редкие виды	Случайные виды
1	2	3
ZYGOMYCETES		
1. Absidia spinosa		+
2. Rhizopus stolonifer	+	
3. Thamnidium elegans		+
PYRENOMYCETES		
4. Chaetomium elatum		+
5. Ch. murorum		+
COELOMYCETES		
6. Phoma herbarum	+	
HYPHOMYCETES		
<i>Moniliaceae</i>		
7. Acremonium murorum		+
8. A. roseum	+	
9. Aspergillus amstelodami	+	
10. A. clavatus	+	
11. A. nidulans	+	
12. Gliocladium penicilloides		+
13. Monocillium exolutum		+
14. Paecilomyces variotii		
15. Penicillium hordei		+
16. P. ochro-chloron		+
17. Trichothecium roseum		+
<i>Dematiaceae</i>		
18. Arthrinium sphaerospermum		+
19. Aureobasidium pullulans	+	
20. Chloridium chlamydosporus		+
21. Gilmaniella humicola	+	
22. Gonathobotrys simplex		+
23. Periconia atra		+
24. Phialophora verrucosa		+
25. Rhinocladiella mansonii		+
26. Scolecobasidium humicola	+	
27. S. variabile		+
<i>Tuberculariaceae</i>		
28. Agyriella nitida		+
29. Fusarium moniliforme		+
30. F. culmorum	+	
31. F. oxysporum	+	

Таким образом снижение концентрации вредных веществ привело к обогащению почвы видами микромицетов, т.е. к усложнению комплексов микромицетов.

Большой интерес представляют с этой точки зрения данные, обнародованные на I Национальной конференции в г. Ереване (см.: Устойчивое человеческое развитие и Армения [9]) по поводу некоторых положительных сдвигов в динамике здоровья населения г. Еревана на фоне почти двукратного снижения концентрации вредных веществ, загрязняющих воздушный бассейн Еревана (с 1987 по 1993 гг.).

В исследованных почвах обнаружено обилие диаспор представителей р. Aspergillus. Среди них следует отметить *A. niger*, *A. ficuum*, *A. flavus*, *A. terreus*. За тем, что по данным 1981–1982 гг. *A. ficuum* значился в числе доминирующих видов грибов.

Определенный процент составили зародыши рода *Penicillium*. В числе типичных частых видов рода *Penicillium* отмечены *P. verrucosum* var. *cyclospium*, *P. br*

compactum, P.canescens. Лебедевой Е.В. и Каневской И.Г. [10] установлена приуроченность *Penicillium verrucosum* var. *cyclopium* к антропогенному фактору.

Из светлоокрашенных гифомицетов высокую толерантность к загрязненным почвам проявили также виды *Trichoderma viride* и *Paecilomyces farinosus*.

Широко представлены в почвах близ территории исследуемых предприятий представители темноокрашенных гифомицетов, в частности виды родов *Alternaria*, *Stemphylium*, *Cladosporium*. Заметно высок коэффициент встречающихся диаспор видов *Alternaria alternata*, *Stemphylium botryosum*, *Cladosporium herbarum*. Первые два вида в естественных условиях способны быстро заселять различные по своей химической природе материалы, вызывая их деструкцию [12]. Интересно, что в искусственно созданных микоценозах они вытесняются иными видами грибов [12]. Однако, как свидетельствуют данные микологических анализов, указанные темнопигментированные виды грибов стабильно сохраняют доминирующее положение в загрязненных промышленными выбросами почвах в течение ряда лет. Обилие диаспор *Alternaria alternata* и *Stemphylium botryosum* объясняется как их высокой резистентностью к неблагоприятным условиям существования, так и способностью колонизировать различные органические и неорганические субстраты, вызывая в конечном итоге в сообществе с иными видами микроорганизмов их сравнительно полную деструкцию [13, 14].

По данным Н.Н.Ждановой и А.И.Василевской [15], наличие меланинового пигмента дает большие экологические преимущества темноокрашенным видам. Авторами выдвигается гипотеза о том, что присутствие меланинового пигмента является хорошим экологическим маркером на крайне неблагоприятные, вплоть до экстремальных условий обитания. По их мнению, в подобных условиях доминирующее положение в большинстве случаев занимают именно меланиносодержащие субъекты.

Весьма распространены в исследованных почвах также представители рода *Fusarium*. Из анализированных почвенных проб выявлялись преимущественно диаспоры видов *Fusarium gibbosum*, в числе типичных редких – *F.culmorum* и *F.oxysporum* (табл. 1,2). Количественное преобладание *Fusarium gibbosum* легко объяснимо, наличие пропагул данного вида было зарегистрировано на территории предприятий еще в 80-ые годы.

Однако численность популяций *F.gibbosum* значительно увеличилась в последние годы, более благоприятствующие их распространению.

В различных климатических зонах в техногенно загрязненных почвах отмечено резкое увеличение численности микромицетов, относящихся именно к родам *Alternaria*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Fusarium* [16].

Взаимоотношения биокомпонентов, их взаимодействие с окружающей средой играют ведущую роль в естественном отборе, в борьбе живых форм за существование и тем самым во взаимоприспособительном процессе организмов [17–19].

В естественных условиях между микромицетами преобладает отношение по типу неустойчивого равновесия, а в экстремальных условиях, в загрязненных различного типа отходами почвах, преобладают преимущественно микромицеты – устойчивые к действию данного фактора.

В комплексе доминантов, устойчиво сохраняющихся в течение ряда лет, представлены виды *Aspergillus ficuum*, *A.flavus*, *Penicillium verrucosum* var. *cyclopium*, *Stemphylium botryosum*, *Alternaria alternata*, *Fusarium gibbosum*, несомненно являющиеся биоиндикаторами на промышленные загрязнения различной интенсивности. Указанные толерантные виды целесообразно использовать в качестве биоиндикаторов на антропогенное загрязнение.

В числе типичных редких и случайных видов грибов, встречающихся с промежуточной частотой, значатся более 30 видов (табл. 2). Подавляющее большинство обнаруженных видов грибов также известно своей высокой резистентностью к неблагоприятным условиям среды. Многие из них отличаются высокой деструктивной активностью на качественно различных полимерных материалах. Таковыми яв-

ляются виды *Acremonium roseum*, *Rhizopus stolonifer*, *Aspergillus amstelodami*, *A. nidulans*, *A. clavatus*, *Aureobasidium pullulans*, *Arthrinium sphaerospermum*, виды рода *Scolecobasidium* и другие.

Следует подчеркнуть превалирование представителей семейства *Dematiaceae*, составляющих 50% выделенных видов микромицетов.

Несомненно, процессы, имеющие место в химическом составе почвы исследуемой территории, сопровождались постоянно происходящей адаптацией грибов к экологическим изменениям, к экстремальным условиям существования. В результате здесь наблюдалось преимущественное развитие популяций технофильных видов грибов, подобно тому, как при бессменном выращивании сельскохозяйственных культур происходило накопление фитотоксических, фитопатогенных форм грибов [20–23].

Все вышесказанное свидетельствует о том, что почвенные микроорганизмы и, в частности, микроскопические почвенные грибы являются показательными объектами для изучения степени загрязненности почвы промышленными выбросами [24–26].

Кафедра ботаники

Поступила 19.05.1998

ЛИТЕРАТУРА

1. Марфенина О.Е., Маркова Н.А. Комплекс почвенных микромицетов как показатель восстановления рекреационных нарушенных БГЦ. – Биол. науки, 1984, №9, с. 99–104.
2. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. М.: Изд-во МГУ, 1987, 256 с.
3. Лебедева Е.В. Микромицеты как биоиндикаторы при экологическом мониторинге. – В сб.: Проблемы экологии Прибайкалья. Тез. докл. III Всесоюз. научн. конфер. Иркутск, 1988, с. 71.
4. Литвинов М.А. Методы изучения почвенных микроскопических грибов. Л.: Наука, 1969, 118 с.
5. Мирчинк Т.Г. Почвенная микология. М.: Изд-во МГУ, 1976, 206 с.
6. Tresner H.D., Backus M.P., Curtiss I.T. Soil microfungi in relation to the hardwood forest continuum in Southern Wisconsin. – *Mycologia*, 1954, v. 46, №4, 314 p.
7. Абрамян Дж.Г., Карапетян К.А. Влияние промышленных отходов некоторых предприятий Арм.ССР на микофлору почв. – В сб.: Мат. VII конфер. по спор. рас. Ср. Азии и Казахстана. Тез. докл. Алма-Ата, 1984, с.203.
8. Чертов О.Г., Лянгузова И.В., Друзина В.Д., Меньшикова Г.П. Влияние на лесные почвы загрязнения серой в комплексе с тяжелыми металлами. Лесные экосист. и атмосфер. загрязн. Л.: Наука, 1990, с.61–72.
9. Гарибяян Л., Асмангулян Т., Оганесян Т. О некоторых сдвигах в динамике здоровья населения в современных условиях. Устойчивое человеческое развитие и Армения – Мат. I нац. конф. Ер. 1997, с.119–122.
10. Лебедева Е.В., Каиевская И.Г. Микромицеты – показатель антропогенного воздействия. Изучение грибов в биогеоценозах – Тез. докл. IV Всесоюз. конф. Свердловск, 1988, с. 132.
11. Абрамян Дж. Г. Микромицеты почв Арм.ССР и их деструктивная активность. – Автореф. дис. на соиск. уч.ст.докт. биол. наук. Ер., 1990.
12. Абрамян Дж.Г., Шахазизян И.В. Воздействие отходов НПО “Пластполимер” на структуру комплексов микромицетов почв. – Уч. записки ЕГУ, 1995, №2, с. 56–59.
13. Былай В.И., Коваль Э.З. Рост грибов на углеводородах нефти. Киев: Наукова думка, 1980, 339 с.
14. Жданова Н.Н., Василевская А.И. Экстремальная экология грибов в природе и эксперименте. Киев: Наукова думка, 1982, 168 с.
15. Жданова Н.Н., Василевская А.И. Таксономическая значимость некоторых хемотаксономических признаков у почвенных меланинодержущих микромицетов. Хемотаксономич. изуч. спор. раст. и грибов. Достижения и перспект. развития. – Тез. докл. I Всес. совещ. Киев, 1990, с. 23–26.
16. Каиевская И.Г., Лебедева Е.В., Орлова Е.И. Влияние антропогенных факторов на почвенные микромицеты. – В сб.: Мат. VII конф. по спор. раст. Ср. Азии и Казахстана. Алма-Ата, 1984, с. 216–218.
17. Мошковский Ш.Д. Экология – двуликый ярус: две дисциплины под одной крышей. Теоретические и прикладные аспекты биогеографии. М.: Наука, 1982, с. 10–22.
18. Alexander M. – *Microbial Ecology*. N.Y., 1971, 458 p.
19. Tokousbalides M.Ch. Sisler H.D. Site of inhibition by Tricyclazole in the melanin biosynthetic pathway of *Verticillium dahliae*. *Pestic. – Biochem. and Physiol.*, 1979, v.11, №1/3, p. 64–73.
20. Берестецкий О.А. Роль культурных растений в формировании микробных сообществ почв. – Автореф. дис. на соиск. уч. ст. докт. биол. наук. М., 1982, 48 с.

21. Leningham R.I., Chinn S.H.F. Effect of grasses on Helminthosporium sativum in soil. – Can. J. Plant Sci, 1964, v. 44, p. 47-52.
22. Rintelen J. Einfluss der Verunkrautung auf Infektion vor Erbsen und Lein der bodenbürtigen Fusarien. II Untersuchungen zum Einfluss der Rhizosphäre auf die Zusammensetzung der Fusarien. – Zt. für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, 1973, Bd. 80, p. 395-402.
23. Wilhelm S. Principles of biological control of soilborne plant diseases. – Soil Biol. Biochem, 1973, v. 5, p. 729-737.
24. Лебедева Е.В., Лугаускас А.Ю. Влияние промышленных загрязнений на почвенные микромицеты. – Микол. и фитопат., 1985, т. 19, в. 2, с. 16-19.
25. Лебедева Е.В., Канивец Т.В. Микромицеты почв, подверженные влиянию отходов горнометаллургического комбината. – Микол. и фитопат., 1991, т. 25, в. 2, с. 111-116.
26. Baath E.I. Effects of heavy nictals in soil on Microbial processes and populations. – Water, Air and Soil pollution, 1989, v. 47, p. 335-379.

Ջ.Ա.ԱԲՐԱՀԱՄՅԱՆ, Ի.Վ.ՇԱՀԱԶԻԶՅԱՆ

**«ՊՈԼԻՎԻՆԻԼԱՑԵՏԱՏ» ԳՈՐԾԱՐԱՆԻ ԱՐՏԱՆԵՏՈՒՄՆԵՐԻ
ՆԵՐԳՈՐԾՈՒԹՅՈՒՆԸ ՀՈՂԻ ՄԻԿՐՈՄԻՑԵՏՆԵՐԻ
ԿՈՄՊԼԵՔՍԻ ՍՏՐՈՒԿՏՈՒՐԱՅԻ ՎՐԱ**

Ա մ փ ո փ ո մ

Ուսումնասիրվել է «Պոլիվինիլացետատ» գործարանի արտանետումների ներգործությունը հողային միկրոբիոտայի տեսակային կազմի փոփոխության և հողային միկրամիցետների կոմպլեքսների ստրուկտուրայի վրա: Հաստատված է, որ միկրոսկոպիկ հողային սնկերի միջոցով կարել է ուսումնասիրել արդյունաբերական արտանետումներով հողերի աղտոտման աստիճանը:

УДК 550.83:556.3:556.38

В.П.ВАРДАНЯН, Р.С.МИНАСЯН

ПОГРЕБЕННЫЙ РЕЛЬЕФ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДЗЕМНОГО СТОКА МАССИВА ГОРЫ АРАГАЦ

(ПО ДАННЫМ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ)

На основании обобщения и переинтерпретации данных многолетних геофизических исследований совместно с материалами гидролого-гидрогеологических работ получены новые данные о погребенном рельефе и пространственном распределении подземного стока массива горы Арагац. Установлены корреляционные зависимости между погребенным и наземным рельефами отдельных склонов массива, определены пути сосредоточенных движений подземных вод и места возможных погребенных водосборных бассейнов.

Арагацкий вулканический массив является одним из крупных в цепи вулканических регионов Армянского нагорья. Массив сложен лавами и туфами от базальтового до дацитового состава с преобладанием среди лав андезито-базальтов и базальтов.

Проблема рационального использования водных ресурсов массива г.Арагац всегда находилась в центре внимания специалистов разного профиля. Это объясняется наличием здесь значительных ресурсов пресных подземных вод, столь необходимых для развития отдельных отраслей народного хозяйства и, в первую очередь, в целях водоснабжения и орошения. В настоящее время многие районы и населенные пункты, расположенные в пределах Арагацкого массива, испытывают острый недостаток в воде.

В последние десятилетия в результате антропогенного воздействия эксплуатации гидромелиоративных сооружений, значительных фильтрационных потерь из орошаемых площадей и изменений в природно-климатических условиях произошло перераспределение водных ресурсов массива, что создало "новую" гидролого-гидрогеологическую обстановку в регионе. В изучении этой обстановки и разработки эффективных мероприятий по рациональному использованию водных ресурсов важными задачами считаются установление распределения подземного стока региона и определение мест водоотбора подземных вод. Это требует, в первую очередь, определения строения его погребенного рельефа, являющегося в основном рельефом регионального водоупора. Источниками питания подземных вод массива считаются атмосферные осадки (примерно 83% от общего объема), инфильтрация поверхностного стока (11%), конденсация водяных паров в зоне аэрации (5%) и подземный приток со смежных областей (1,3%) [1]. В целом вулканический комплекс массива характеризуется как сильно водоносный с величиной модуля подземного стока, изменяющегося от 0,9 до 12 л/с на кв.км. Известно, что формирование древней гидрографической сети зависит от структурно-геологических, вулканогенно-тектонических и климатических факторов. Обычно для реконструкции погребенного (палео-) рельефа вулканических областей используются палеогеоморфологические методы [2]. Однако в случае вулканических регионов цикличность излияний лав и мощный чехол эффузивных пород маскируют древние образования, что прак-

тически намного осложняет решение задачи по картированию погребенного рельефа. В таких сложных геоморфолого-гидрогеологических условиях эффективным является применение геофизических методов. В первую очередь, они широко используются для установления связи между наземными и погребенными рельефами, для выделения и прослеживания палеодолин как участков сосредоточенного движения подземных вод [3].

К настоящему времени в пределах массива горы Арагац в более 1200 пунктах выполнены (Армгеология, АрмНИИВПиГ) электрические зондирования. Обобщение и переинтерпретация этого материала совместно с результатами буровых работ позволили получить новые данные о погребенном рельефе и распределении подземного стока исследованной территории. Составлены карты (масштабы 1 : 50000 – 1 : 25000) и геолого-геофизические разрезы (масштабы 1 : 10000 – 1 : 5000), которые дают возможность определить строение палеорельефа, установить корреляционную связь между наземными и погребенными водоразделами отдельных речных бассейнов. Ниже рассмотрены некоторые результаты выполненных исследований.

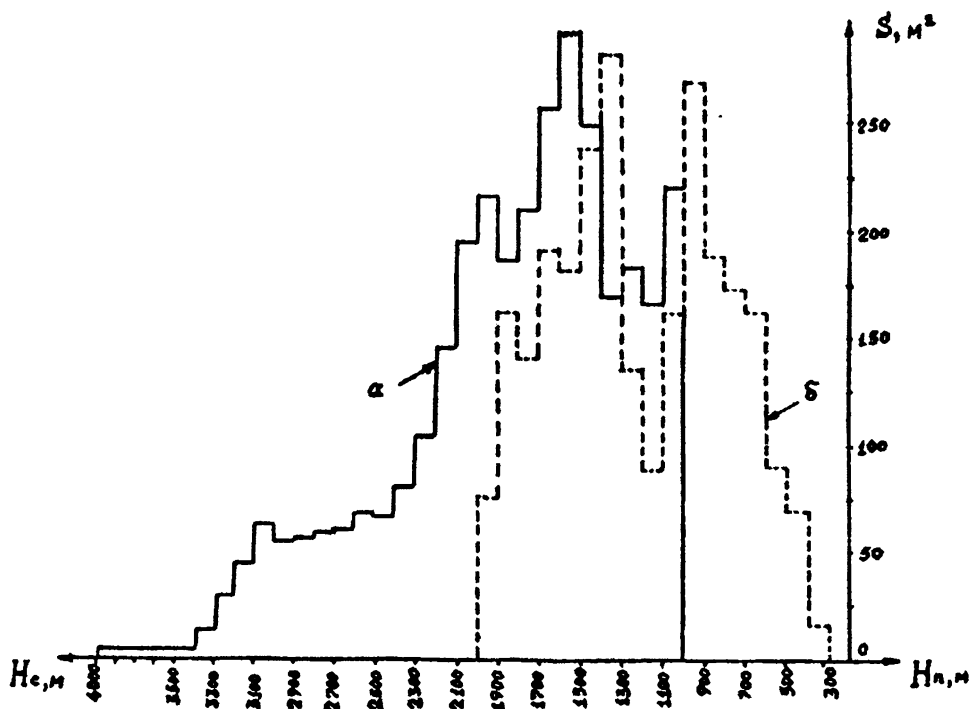


Рис. 1. Гистограммы распределения высот наземного (а) и погребенного (б) рельефов для массива г. Арагац.

Связь между наземным и погребенным рельефами. Искомая связь установлена на основании анализа функции распределения высот современного (по топопланшетам масштаба 1 : 50000) и погребенного (по составленным нами картам палеорельефа масштаба 1 : 50000) рельефов. Распределение высот установлено по размерам площадей между соседними изогипсами рельефов. Гистограммы распределения высот наземного и погребенного рельефов приведены на рис. 1. Теснота корреляционной связи между исследуемыми рельефами оценена коэффициентом связи K : при $K = +1$ наблюдается полное соответствие (унаследованность) обоих рельефов; при K , близком к нулю, связь между рельефами отсутствует и, наконец, при $K = -1$ имеется инверсия в форме наземного и погребенного рельефов.

Пункты электрических зондирований, исходя из сложности наземного рельефа массива, выбраны главным образом на участках с абсолютными отметками менее 2500-2600 м. Для получения сведений о погребенном рельефе массива для территории с гипсометрическими отметками свыше 2600 м нами установлена связь между искомыми рельефами в виде зависимости:

$$H_{nor} = a + bH_{cob} + cH_{cob}^2, \quad (1)$$

где H_{nor} и H_{cob} - соответственно абсолютные отметки высот погребенного и сов-

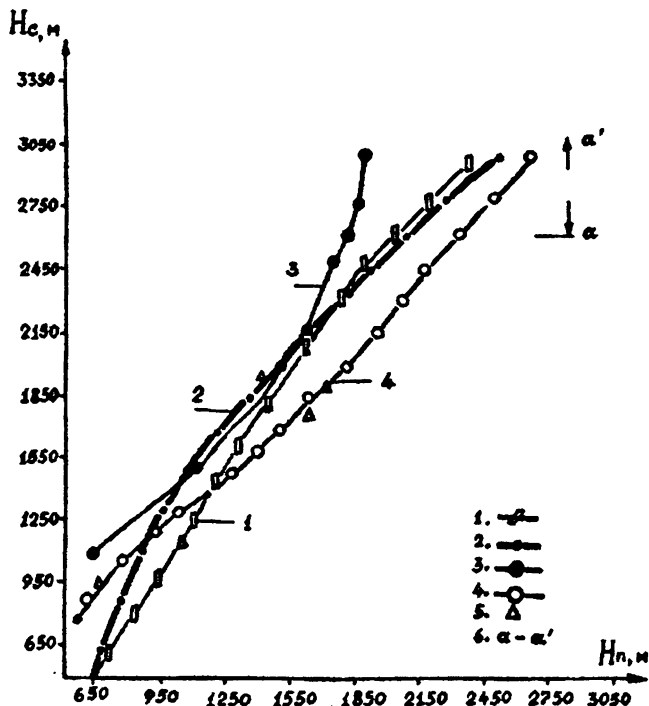


Рис.2.Графики корреляционных зависимостей $H_n = f(H_c)$ для массива Арагац: 1 - для северных, 2 - для западных, 3 - для южных, 4 - для восточных склонов, 5 - данные по скважинам, 6 - интервал высот, палеорельеф которых рассчитан по установленным зависимостям.

ременного (наземного) рельефов; a , b и c - искомые коэффициенты уравнения (1). Задача решена методом наименьших квадратов. Для отдельных склонов г.Арагац получены следующие регрессионные уравнения:

- для северных склонов (число наблюдений $n = 219$ физических точек)

$$H_{nor} = 637,1 + 0,23 H_{cob} + 1,16 \cdot 10^{-4} H_{cob}^2, \quad (2)$$

- для западных склонов ($n = 343$)

$$H_{nor} = 625,7 + 0,02 H_{cob} + 1,98 \cdot 10^{-4} H_{cob}^2, \quad (3)$$

- для южных склонов ($n = 197$)

$$H_{nor} = -1022,4 + 1,8 H_{cob} - 2,88 \cdot 10^{-4} H_{cob}^2, \quad (4)$$

- для восточных склонов ($n = 413$)

$$H_{or} = -617,2 + 1,42 H_{cob} - 1,05 \cdot 10^{-4} H_{cob}^2. \quad (5)$$

Графики зависимости $H_{\text{пог.}} = f(H_{\text{сов.}})$ для отдельных склонов массива г.Арагац приведены на рис.2. Они позволяют с учетом принципа экстраполяции рассчитать отметки палеорельефа для территории свыше 2600м.

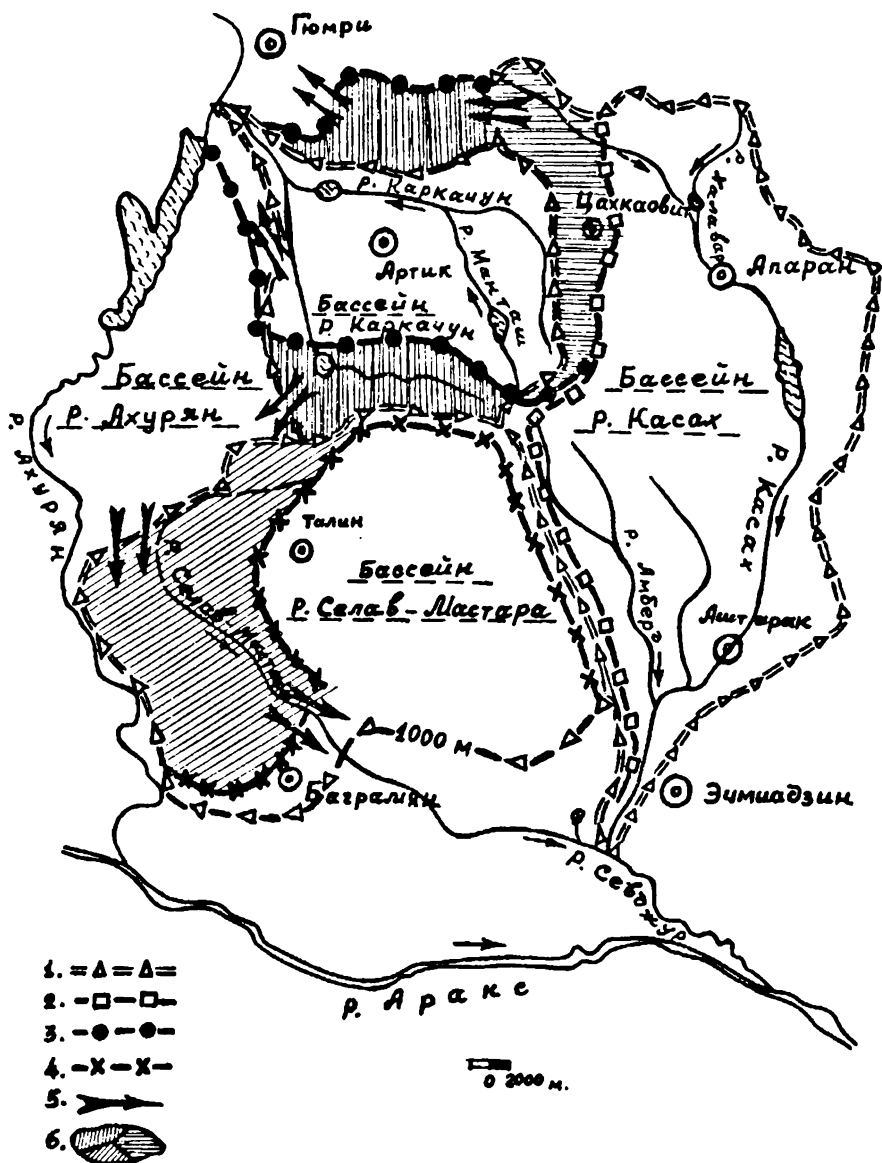


Рис.3. Схема распределения глубинного стока речных бассейнов массива г.Арагац: 1 – граница современных водоразделов речных бассейнов, 2 – погребенный водораздел бассейна р. Касах, 3 – то же для р. Каркачун, 4 – то же для р.Селавмастара, 5 – направление движения глубинного стока, 6 – территории, где установлена инверсия современного и погребенного рельефов (S – размер площади, Q – величина транзитного глубинного стока).

Полученные новые данные о строении погребенного (водоупорного) рельефа дают возможность сделать научно-обоснованные выводы о распределении подземного (глубинного) стока отдельных речных бассейнов. Схематически такая информация приведена на рис.3.

Погребенный водосборный бассейн р.Касах. В устье р.Касах при 25–95% обеспеченности атмосферными осадками измененный подземный сток с учетом влияния орошения и водоснабжения составляет 634–241 млн.м³/год (или 20,2–7,7 м³/с) (Пахчанян Г.Г., Мкртчян С.М.). Распределение этих вод на основании анализа карты погребенного рельефа (регионального водоупора) представляется следующим образом. В верховьях р. Касах, начиная от областей формирования стока и примерно до п. Апаран, в распределении подземного стока наблюдаются участки сосредоточенного движения, в особенности по палеодолине р. Касах (подрусловый сток). Сток на участке сс.Цилкар – Гехарот проходит левее современного русла реки. Другими путями сосредоточенного движения подземных вод считаются направления вдоль сс.Памб Армянский – Беркарат и сс. Цилкар – Беркарат. Здесь глубинный сток направлен в сторону бассейна р. Каркачун и контролируется погребенным водоразделом, установленным вдоль сс. Цилкар – Гехарот – Вардаблур – Цахкаовит – Гехадзор. Эта площадь составляет около 140 км², а транзитный глубинный сток в сторону бассейна р.Каркачун оценивается около 50млн.м³/год (Мнацаканян Б.П.). На юг – юго-восток и до п.Апаран, по левобережной части р. Касах, выделены подрусловые воды рр. Памб, Безымянная, Халавар и Бозехош. Воды указанных палеорусел вместе с водами р.Палеокасах поступают на участок с. Овит – п.Апаран – с.Касах, где установлен погребенный бассейн. По всей вероятности, этот бассейн в гидрогеологическом отношении следует связать с известным Апаранским бассейном подземных вод [1]. С использованием данных геофизических и вновь пробуренных скважин удалось уточнить контуры этого бассейна. На участке п.Апаран – с.Араи подземные воды проходят по относительно широкой меридиональной впадине, ограниченной изолиниями погребенного рельефа с отметками 1700 – 1750 м. На юг подземные воды двигаются главным образом по отдельным палеодолинам. Наиболее крупная из них – это палеодолина р.Касах [2]. Движение подземных вод по погребенным долинам происходит примерно до участка с.Базмахпюр – Карби. Здесь впервые (по результатам геофизических работ) показано существование на глубине свыше 80 – 100м погребенного водосборного бассейна. Отток подземных вод из этого бассейна происходит по меж- и подластовым водотокам на юг, в сторону Араратской котловины.

Погребенный водосборный бассейн р.Каркачун. В пределах рассматриваемого бассейна максимальный слой подземного стока формируется на высотах от 2700 до 3500 м, а объем стока – на высотах от 1700 до 2300 м. Для 25–95% обеспеченности атмосферными осадками измененный глубинный сток составляет 469,1–249,7 млн.м³/год (или 15,0–8,0 м³/с). Анализ форм наземного и погребенного рельефов показывает несоответствие между ними (инверсия) на отдельных участках бассейна. Одна из таких территорий расположена в северной (площадь S_1), а другая в южной (площадь S_2) частях рассматриваемого водосборного бассейна (рис. 3). Эти площади составляют соответственно 160 и 115 км². В их пределах глубинный сток направлен на сев.-запад (в сторону бассейна р.Селавмастара). Количество глубинного стока в указанных площадях оценивается 55 и 42 млн.м³/год.

Установлены следующие участки сосредоточенного движения подземных вод.

Водоток Палеоманташ формируется примерно на отметках Манташского водохранилища; он проходит восточнее современного русла р.Манташ и практически, двигаясь параллельно ей, поступает в Ширакскую котловину. Глубина водотока в области его формирования доходит до 400–450м; на западе – сев.-западе она постепенно уменьшается и в пределах указанной котловины составляет 200–250м. Со стороны Арагацкого массива в Ширакскую котловину по направлению сс. Пемзашен–Меграшен (бывшего Артикского района) поступает еще один сосредоточенный водоток: часть его вод в виде родников разгружается сев.-восточнее с.Пемзашен. На сев.-западных склонах г.Арагац существование палеодолин предполагается на участках с.Лернакерт и западнее сс. Айкасар–Айреняц; они направлены в сторону с.Гусанагюх. В целях отбора вод для водоснабжения большой интерес представляет

погребенный бассейн, установленный нами между населенными пунктами Джаррат-Геханист–Овташен–Аревик общей площадью 160 кв.км. Предполагается, что здесь формируется глубинный сток в объеме 66 млн.м³ (около 2,0м³/сутки).

Погребенный водосборный бассейн р.Селавмастара. В рассматриваемый бассейн включена также территория бесточного бассейна южных склонов г. Арагац. Глубинный сток 447,1–141,5 млн.м³/год (14,3–4,5 м³/с) при 25–95% обеспеченности атмосферными осадками наиболее существенно изменяется на гипсометрических отметках от 2000 до 1000 м, что объясняется главным образом наличием здесь водохозяйственных объектов и орошаемых массивов. Водосборная площадь р.Селавмастара составляет 1458 кв.км. Существование в ее юго-западной части инверсии между наземным и погребенным рельефами привело к сокращению современного водосборного бассейна на 470 кв.км. На этой площади формируется 44,5 млн.м³/год глубинный сток, который направлен в сторону Араратского бассейна подземных вод. (рис. 3).

Анализ карты погребенного рельефа (регионального водоупора) позволяет сделать следующие выводы о распределении глубинных вод рассматриваемого водосборного бассейна. Территория бассейна р. Селавмастара в отличие от вышерассмотренных речных бассейнов в значительное время года лишена поверхностного (речного) стока, что, безусловно, влияет на площадное распределение подземного стока. Как и для других водосборных бассейнов, основными морфологическими элементами, распределяющими подземный сток, являются существование инверсионных форм рельефов, палеодолин и локальных погребенных бассейнов. Так, напр., вдоль русла р.Ахурян параллельно современному водоразделу р.Селавмастара палеорельеф имеет падение на запад – юго-запад, в то время как в южной части он имеет юго – юго-восточное падение. Сосредоточенные подземные потоки установлены по следующим направлениям: сс. Баграван – Акко и Сусер – Гялто; оба эти водотока к югу объединяются в единый водоток, направляясь в сторону станций Артени–Каракерт. По населенным пунктам Гарновит–Мастара–Арег–Барож–Даларик–Баграмян выделяется достаточно крупный погребенный водораздел, который разделяет подземный сток вышеуказанных водотоков от западных склонов Арагацкого массива. К востоку от установленного погребенного водораздела выявлены палеодолины по направлениям сс. Агакчи–Акунк–Даштадем и Шгаршик–Катнахпюр–Ашнак.

В целом полученные новые данные о строении погребенного рельефа массива г. Арагац и распределении ее подземного стока позволяют разработать эффективные мероприятия по отбору подземных вод и рациональному их использованию в целях водоснабжения и орошения.

Кафедра геофизических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых

Поступила 19.03.1999

ЛИТЕРАТУРА

1. Геология Армянской ССР, т. VIII. Гидрогеология. Ер.: Изд-во Ан Арм. ССР, 1974.
2. Бальян С.П. Структурная геоморфология Армянского нагорья и окаймляющих областей. Ер.: Изд-во ЕГУ, 1969.
3. Минасян Р.С. Изучение подземных вод вулканических областей геофизическими методами. М.: Недра, 1989.

ԱՐԱԳԱԾԻ ԼԵՌՆԱԶԱՆԳՎԱԾԻ ՀՆԱՌԵԼԻՆԵՖԸ ԵՎ
ՍՏՈՐԵՐԿՐՅԱ ՀՈՍՔԻ ԲԱՇԽՈՒՄԸ
(ԵՐԿՐԱՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱԽՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՏՎՅԱԼՆԵՐՈՎ)

Ա մ փ ո փ ու մ

Բազմամյա երկրաֆիզիկական ուսումնասիրությունների արդյունքների դիտարկումը ջրաբանական և հիդրոերկրաբանական նյութերի հետ համատեղ հնարավորություն են տվել Արագածի լեռնազանգվածի հնառելիեֆի (ռեզիոնալ ջրամերժ շերտի ռելիեֆի) կառուցվածքի և ստորերկրյա հոսքի տարածական բաշխման վերաբերյալ:

Լեռնազանգվածի հիմնական գետավազների համար գտնված են կոռեյացիոն կապեր ժամանակակից և հնառելիեֆների միջև; որոշված են ստորերկրյա ջրերի կենտրոնացված շարժման ուղիները և հնարավոր ստորգետնյա ջրահավաք ավազանների տեղերը:

Ստացված նոր տվյալները առաջարկվում է կիրառել ջրաբալանսային հաշվարկներում և լեռնազանգվածի բնակաբայրերի ջրամատակարարման խնդիրների լուծման ժամանակ:

.

-

УДК 550.384.436.551.24

А.С.АВАНЕСЯН, О.А.САРКИСЯН

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ОЧАГОВЫХ ЗОН СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ АРМЕНИИ

(Сообщение 1)

Приводятся результаты изучения геологического строения очаговых зон сильных землетрясений ($M > 5,8$), произошедших на территории Республики Армения в историческое, доисторическое время и в недавнем прошлом. Проанализирован материал по всем сильным землетрясениям, известным в настоящее время на территории Республики Армения. Выделен ряд закономерностей, присущих для геологического строения очаговых зон Армении.

Введение. На территории Республики Армения известны более 15 сильных и разрушительных землетрясений с $M > 5,8$, произошедших в последние 20 тыс. лет. Большая часть относится к историческому и доисторическому периоду и лишь 3 из них произошли в современную эпоху (рис. 1). Однако для оценки сейсмической опасности территории республики и составления полноценной карты сейсмического районирования этих данных недостаточно, во-первых, из-за недостаточности статистического материала по современным сильным землетрясениям, во-вторых, в определенной степени из-за неточности исторических сведений.

Наряду с изучением доисторической, исторической и современной сейсмичности необходимо определить геологические и геофизические критерии выделения сейсмически опасных зон и площадей. В настоящее время для территории Республики Армения накоплен большой геолого-геофизический материал, позволяющий решить вопросы, касающиеся геологии, глубинного строения, геотектонических особенностей, физики очаговых зон, оценки их глубины и пространственного распределения. На основе изучения и анализа этих материалов выделяется ряд закономерностей геологического строения и физической характеристики очаговых зон сильных землетрясений. Совокупность этих закономерностей позволит создать физико-геологический "образ" очаговой зоны, уточнить положение некоторых очагов исторических и доисторических землетрясений, локализовать участки палеосейсмических исследований, определить потенциально сейсмически опасные структуры и, в конечном счете, дать более реальную оценку сейсмической опасности территории республики.

Данная работа, посвященная геологии очаговых зон, является частью задачи создания физико-геологической модели ("образа") очагов сильных землетрясений Армении, поставленной в рамках программы работ НССЗ профессором С.Ю.Баласаняном.

В основе работы лежат материалы собственных исследований авторов, а также анализ данных других исследователей, заимствованных из "Армгеолфондов", и опубликованных литературных источников.

В процессе подготовки работы авторы неоднократно обсуждали ее с С.Ю.Баласаняном, Л.К.Татевосяном и С.С.Сафаряном.

Геолого-тектоническая позиция очаговых зон. Территория Республики Армения и прилегающих районов в современной структуре характеризуется сложным

мозаичноблоковым строением, в котором принимают участие стратиграфические комплексы верхнепротерозойского, палеозойского, юрского, мелового, палеогенового, неогенового и четвертичного возрастов. Эти стратиграфические комплексы не во всех тектонических единицах развиты одинаково. В одних преобладают древние протерозойские и молодые неогенчетвертичные образования, в других – мел-палеогеновые, в третьих – юрско-меловые. Они прорваны различного возраста и состава интрузивными породами и протрузиями ультрабазитов офиолитового комплекса. Значительная часть территории республики покрыта молодыми плиоцен-четвертичными вулканическими образованиями и озерно-континентальными отложениями, которые бронируют древние складчатые структуры.

Существуют многочисленные схемы геотектонического районирования территории Республики Армения, составленные в разные годы различными исследователями. Последняя составлена А.А.Габриеляном [1].

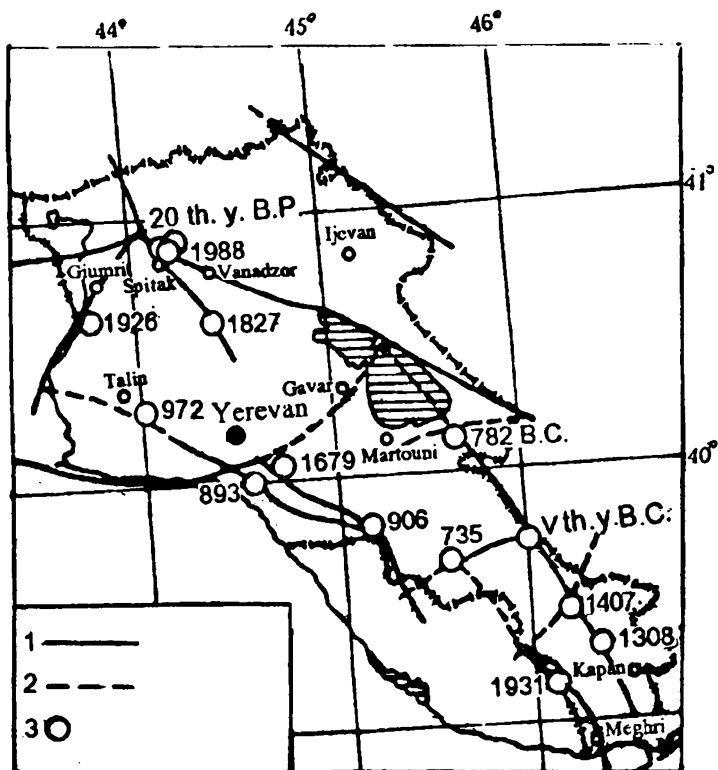


Рис. 1. Схема активных разломов и эпицентров сильных землетрясений.
1-2. Активные разломы; 3. Эпицентры землетрясений ($M \geq 5.8$).

При сопоставлении этой схемы с картой эпицентров сильных землетрясений (рис.1,2) можно видеть, что большинство очаговых зон приурочены к границам крупных тектонических комплексов, зон и подзон. Преобладающая их часть располагается в Базум–Зангезурской интенсивно складчатой шовной зоне вдоль межзональных и внутризональных границ. Так, очаги Спитакских (20 тыс. лет, 5 тыс. лет назад и в 1988г.) и Варденисского (782г. до Р.Х.) землетрясений приурочены к границе Амасия–Севанской офиолитовой подзоны* с Анкаван–Зангезурской подзоной, а Цхукского (5 тыс. BC), Воротанского (1407г.) и Татевского (1306г.) – к границе

* Авторы настоящей статьи считают, что Севано-Амасийская подзона представляет собой самостоятельную шовную офиолитовую зону.

последней с Кафанским сегментом (блоком). Вдоль ЮЗ границы Анкаван–Зангезурской подзоны с Ереван–Ордубадской подзоной – другой крупной единицей первого порядка Приараксинской умеренно складчатой зоны – располагаются очаги Цахкадзорского (1927г.), Вайоцзорского (735г.) и Зангезурского (1931г.) землетрясений. Очаговые зоны Ленинанакского (1926г.), Талин–Аручского (972г.), Гарнийского (1679г.), Двинского (893г.) и Эльпинского (906г.) землетрясений располагаются в пределах Приараксинской умеренно складчатой зоны, причем очаг Двинского землетрясения приурочен к границе Ереван–Ордубадской подзоны с подзоной наложенных орогенных молассовых впадин, а остальные – к внутризональным межблоковым границам более низкого порядка.

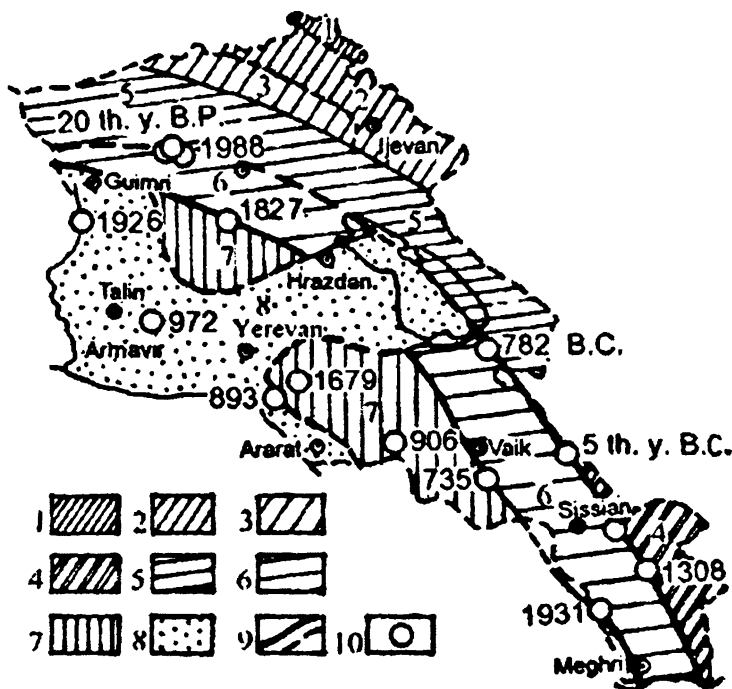


Рис.2. Схема сопоставления геотектонических зон с картой эпицентров сильных землетрясений 1–4.Сомхето-Кафанский тектонический комплекс: 1. Ноемберянская (Прикуринская) моноклиальная подзона; 2.Алаверди-Шамшадинская подзона; 3.Лорийская подзона; 4.Кафанский сегмент (блок); 5.Базумо–Зангезурская офиолитовая подзона; 6. Анкаван–Зангезурская подзона; 7-8. Приараксинская умеренно складчатая подзона; 7. Ереван–Ордубадская подзона; 8. Подзона наложения орогенных впадин; 9. Границы зон (а) и подзон (б), выраженных разломами глубокого заложения и флексурами; 10. Эпицентры сильных землетрясений.

Выделенные основные геотектонические единицы, характеризующиеся общностью геологического и тектоно-магматического развития, в современной структуре системой разновозрастных и разноориентированных региональных глубинных ($H > 45 \text{ км}$) и относительно неглубокого заложения ($H \approx 20 \text{ км}$) разломов СЗ, СВ и близширотного направлений в свою очередь делятся на более мелкие тектонические блоки. Среди сложного сочетания этих блоков выделяются активные структуры, ограниченные долгоживущими, активизированными и активными в плейстоцен-голоценовое время разломами и представляющие собой активные блоки земной коры. Именно к границам таких активных блоков приурочены очаги сильных землетрясений на территории Республики Армения [2].

Геологическая характеристика очаговых зон. Каждая очаговая зона сильно-го землетрясения на территории Армении имеет свои специфические особенности геологии, но при этом выделяются общие черты и закономерности геологического строения. Ниже излагаются основные черты строения наиболее представительных очаговых зон Армении.

Очаговая зона Ленинканского землетрясения 1926г. (M=5,8). В геологическом строении очага принимают участие слабо дислоцированные вулканогенно-осадочные и осадочные отложения мезо-кайнозоя, которые скрыты под чехлом верхнеплиоцен-четвертичных и современных лав, туфов, озерно-речных образований (рис.3). Фундаментом служат кристаллические сланцы верхнего протерозоя – нижнего кембрия. Мощность осадочного чехла в районе очага колеблется от 2 до 6 км. По данным бурения в очаговой зоне на глубине 1300 м вскрыты гранитоидные интрузии позднеэоцен-раннемиоценового возраста. В очаговой зоне отмечается взаимное пересечение разноориентированных погребенных (скрытых) разрывных структур: Анийского глубинного разлома близширотного простирания, Мармарашенской близмеридиональной надразломной флексуры и Ахурянского разлома. По этим разломам наблюдается резкое опускание кровли кристаллического фундамента (амплитуда – 4км), а по Анийскому глубинному разлому опускание условной границы “гранитного” и “базальтового” слоев – К (амплитуда – 8км) [3,4].

Очаг Ленинканского землетрясения 1926г. сформировался вдоль Ахурянского активного левостороннего сдвига. Гипоцентр очага по макросейсмическим данным располагался на глубине 7–8 км. Выхода очага на поверхность не наблюдалось. Эпицентральная зона вытянута в СВ направлении [5] вдоль упомянутого активного разлома. Вдоль зоны Ахурянского активного разлома отмечаются многочисленные выходы минеральных источников. Эта полоса характеризуется как зона высокой проницаемости земной коры по геохимическим данным (изоконцентрациям гелия) [2]. К ЮЗ от рассматриваемого очага уже за пределами Армении вдоль зоны Ахурянского разлома располагаются эпицентры еще нескольких землетрясений с $M > 5,5$ – 1046, 1606, 1935гг. и др.

Очаговая зона Спитакского землетрясения 1988г. (M=7,1) имеет сложное геологическое строение (рис.4), обусловленное ее положением в шовной зоне между Арагац–Цахкуняцким выступом фундамента на юге и Закавказской микроплитой на севере. Шовная зона представляет собой узкую (15 км), вытянутую в близширотном (СЗ) направлении структуру, рассеянную серией субпараллельных, сшелонированных и ветвящихся активных и залеченных разломов и выполненную смятыми в линейные складки вулканогенно-осадочными отложениями средней (?), верхней юры-эоцена. В спитакской очаговой зоне отмечаются характерные для шовных структур линейные интрузивные тела диорит-гранодиоритов, а также протрузии гипербазитов и серпентинитов, четкообразные и в виде даек, вытянутых вдоль зон разломов. На севере очаговой зоны, вдоль разломов, ограничивающих Базумский горст, развиты зоны тектонического и цветного меланжа, сложенного породами офиолитового комплекса.

Фундамент, представленный кристаллическими сланцами верхнего протерозоя – нижнего кембрия, резко опущен и в пределах центральной части очаговой зоны находится на глубине 7 км, в то время как на юге и юго-востоке он находится на глубине 1 км и даже выходит на поверхность, т.е. амплитуда смещения составляет 6–7 км. В глубинном строении отмечается также смещение границы базальтового и гранитного слоев земной коры.

Структура спитакской очаговой зоны имеет весьма раздробленный характер. Она представляет собой зону глубинных разломов, проявленных на поверхности плоскостями Памбак–Севанского, Спитакского, Сарыкамыш–Желтореченского и СВ краем Ахурянского активных разломов различного простирания, их ветвями и другими, уже залеченными, не проявляющими современной активности разломными структурами. Очаг Спитакского землетрясения 1988г. развился вдоль зоны соч-

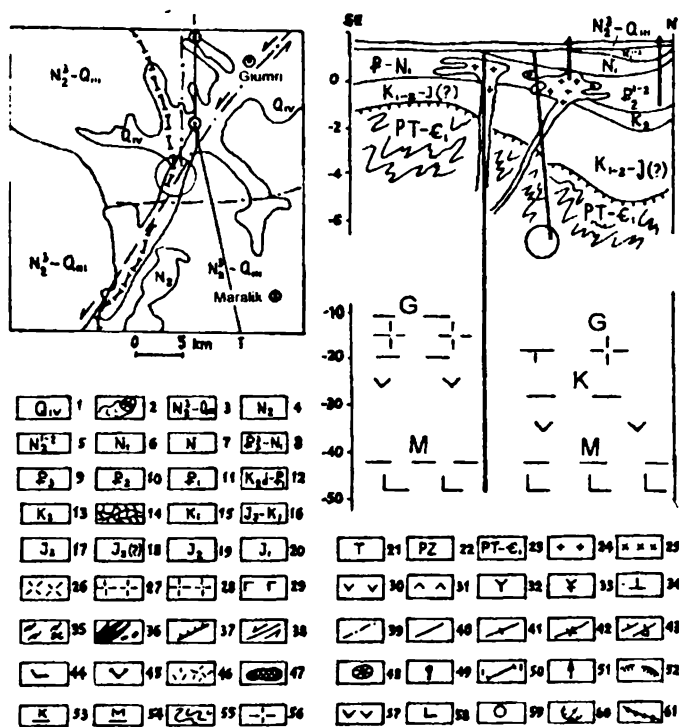


Рис.3. Схематическая геологическая карта и глубинный геолого-геофизический разрез очаговой зоны Ленинаканского 1926 г. землетрясения ($M=5.8$). Условные обозначения к рис. 3-6.

1.Современные аллювиальные, делювиальные, пролювиальные отложения. 2.Современные (голоцен) лавы. 3.Плиоцен-плейстоцен: долориты, андезиты, дациты, туфы, туфолавы, озерно-речные, флюоглиацциальные отложения. 4.Плиоцен: вулканические отложения. 5.Нижний, средний плиоцен: вулканогенно-обломочные образования. 6.Миоцен: песчано-глинистые, гипсо-соленосные отложения. 7.Неоген (нерасчлененный): вулканогенно-осадочные отложения. 8.Верхний олигоцен-нижний миоцен: андезиты, андезито-дациты, их туфы, туфобрекчии; молассовые отложения: конгломераты, глины, песчаники, алевролиты. 9.Оligоцен: андезиты, их пирокласты. 10.Эоцен: вулканогенно-осадочные отложения. 11.Палеоцен: глины, песчаники, алевролиты с олистолитами в олистостромах Хуступ-Гиратанской зоны. 12.Верхний мел (даний-палеоцен): терригенно-карбонатный - флиш. 13.Верхний мел: известняки, мергели, конгломераты, песчаники, олистостромы с олистолитами баремских известняков, сеномантуронских пород офиолитового комплекса, кристаллических сланцев. 14.Верхний мел (турон-нижний коньяк): тектонический и цветной мелтаж. 15. Нижний мел: тектонические сланцы, известняки, мергели, песчаники, вулканиты. 16.Верхняя юра-нижний мел: известняки, сланцы, дациты, трахидациты, трахиты. 17.Верхняя юра: вулканогенно-карбонатная формация. 18.Средняя юра (апаранская свита): толейты, базальты, аспидные сланцы, диабазы, андезитовые порфириты, туфопесчаники. 19.Средняя юра: андезиты, андезито-дациты, кератофилы, кварцевые порфиры, туфы, туфобрекчии, туфопесчаники. 20.Нижняя юра: глинистые сланцы, аркодовые песчаники, конгломераты, углистые сланцы. 21.Триас: известняки, мергели, песчаники, аргилиты с пластинами угля. 22.Палеозой (девон-пермь): известняки, кварцевые песчаники, глинистые сланцы, битуминозные известняки. 23.Верхний протерозой-нижний кембрий: гнейсы, филиты, амфиболиты, кварц-гранат-слюдяные сланцы. 24.Интрузивные и субвулканические образования: граниты, гранито-гнейсы. 25.Диориты, граодиориты, сиениты. 26.Моноциты, нефелиновые сиениты, сиениты. 27.Порфирандные граносиениты, сиенит-порфиры. 28.Порфирандные граниты, гранит-порфиры, плагмограниты. 29. Габбро, габбро-диориты. 30.Базальты. 31.Андезиты. 32.Дациты. 33.Трахиты, трахидоциты. 34.Риолиты. 35. Кристаллические сланцы, амфиболиты. 36.Протрузии гипербитов, серпентинитов, габбро, офиолитокласты. 37-39. Активные разломы: 37.Надвиги, взбросы. 38.Сдвиги. 39.Скрытые (погребенные) разломы. 40.Прочие разломы. 41.Оси антиклиналей. 42.Оси синклиналей. 43.Залегание слоев: а) нормальное; б) опрокинутое. 44.Молодые вулканогенные образования. 45.Лавы андезитов. 46.Вулканогенно-обломочные образования. 47.Траверплины. 48.Молодые вулканические аппараты. 49.Термальные источники. 50.Линии разрезов. 51.Местоположение скважин. 52.Условная граница кристаллического фундамента. 53. Условная граница базальтового слоя. 54.Условная граница верхней мантии. 55.Кристаллический фундамент. 56. Гранитный слой. 57.Базальтовый слой. 58.Верхняя мантия. 59.Эпицентры и гипоцентры землетрясений. 60.Сейсмогенные оползни. 61.Сейсмогенные разрывы.

ления Памбак–Севанского и Спитакского активных разломов и вытянут в СЗ–ЮВ направлении. Очаг вышел на поверхность в виде сейсмогенного разрыва длиной 37 км, вытянутого вдоль Спитакского активного разлома и представляющего

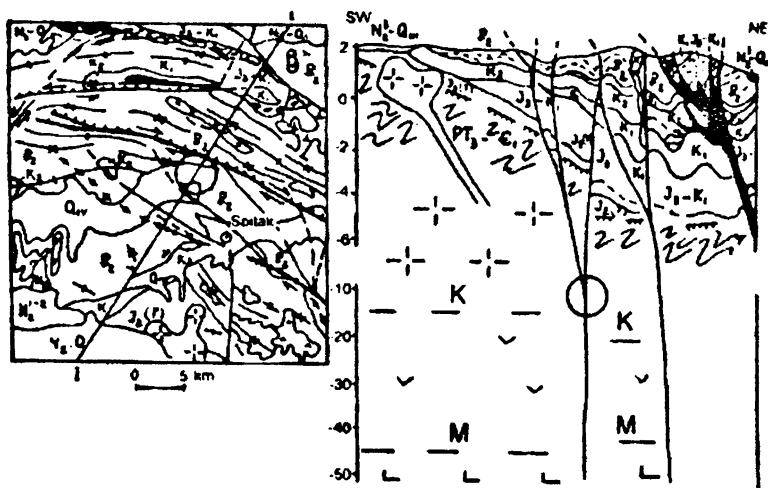


Рис.4. Схематическая геологическая карта и глубинный геолого-геофизический разрез очаговой зоны Спитакского 1988г. землетрясения ($M_s=7.8$).

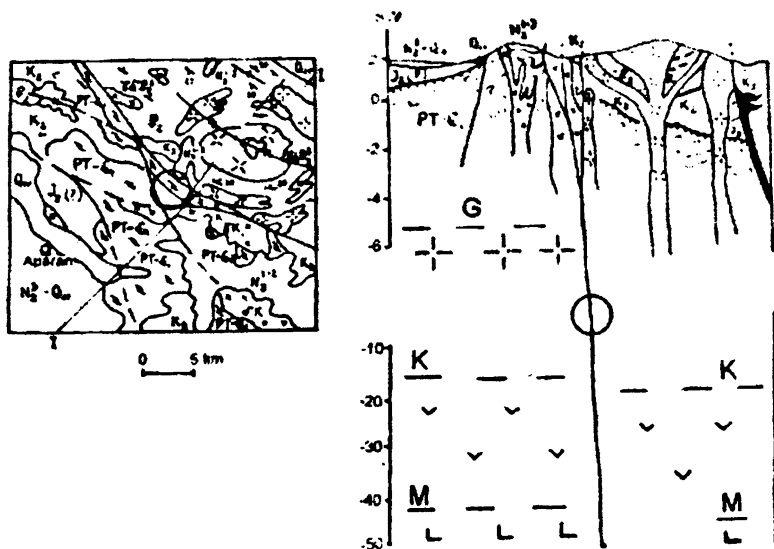


Рис.5. Схематическая геологическая карта и глубинный геолого-геофизический разрез очаговой зоны Джахадзорского 1827 г. землетрясения ($M_s=6,5$).

собой правосторонний взбросо-сдвиг. Выявленные в районе сейсмогенного разрыва палеосейсмодислокации [6] свидетельствуют о неоднократном действии очага за последние 17–20 тыс. лет. Глубина гипоцентра землетрясения 1988г. ($M=7,1$) определяется в 12–13 км. Для Спитакской зоны в целом это наиболее характерное распределение очагов, хотя гипоцентры отдельных афтершоков землетрясения 1988 г. расположены на глубинах около 30 км. Спитакская очаговая зона характеризуется аномально высокими значениями изоконцентраций гелия, вытянутых вдоль Памбак–Севанского разлома и свидетельствующих о высокой степени проницаемости земной коры.

Очаговая зона Цахкадзорского землетрясения 1827г. ($M=6,5$) приурочена к зоне сочленения Цахкуняцкого выступа кристаллического фундамента с Памбакским синклиномом Базумо–Зангезурской зоны. Первый характеризуется приподнятым положением фундамента, выходами кристаллических сланцев на поверхность и маломощным (не более 1 км) чехлом мезо-кайнозойских отложений (рис.5). Второй представляет собой простую синклинорную структуру, выполненную мощным комплексом (более 4 км) осадочных и вулканогенно-осадочных отложений мела и, в основном, палеогена (зоцена). В строении очаговой зоны принимают участие разновозрастные интрузивные комплексы. Это граниты, гранито-гнейсы раннего палеозоя, кварцевые диориты (тоналиты) раннего мела, диориты, гранодиориты среднего-позднего эоцена и нефелиновые сиениты, моноциты и др. щелочные и субщелочные породы позднего эоцена-олигоцена, образующие линейные тела, штоки, кальциевые лакколитообразные тела.

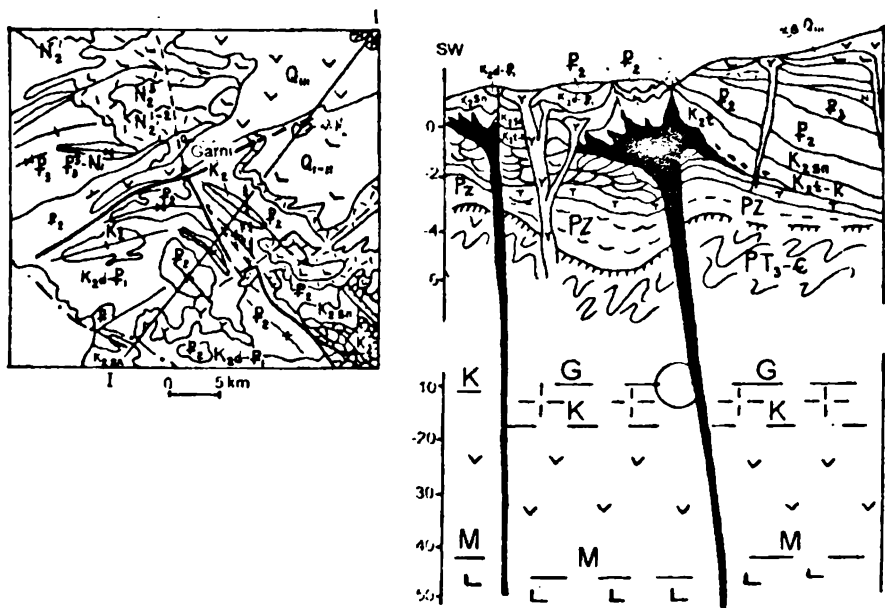


Рис.6. Схематическая геологическая карта и глубокий геолого-геофизический разрез очаговой зоны Гарнийского 1679 г. землетрясения ($M_1=7.0$).

Сочленение вышеупомянутых структурных единиц происходит по Спитакскому и Анкаванскому (Мармарикскому) разломам. Первый представляет собой правосторонний активный взбросо-сдвиг и прослеживается от Спитакской очаговой зоны на юго-восток – 130° – 140° до района южнее с.Анкаван общей длиной более 50 км. Второй простирается вдоль русла р.Мармарик в направлении СЗ 280° – ЮВ 100° и представляет собой крутой сброс. Исследователи выделяют его как одну из крупных глубинных структур территории Армении (Анкаван–Сюникский разлом). Вдоль трассы Анкаванского разлома отмечаются многочисленные выходы минеральных источников. Сочленение этих двух разломов происходит в районе с.Анкаван, куда и попадает макросейсмический эпицентр исторического землетрясения 1827г. [7]. Здесь упомянутые разломы расщепляются на две ветви: одной ветвью (Сарыкаинский разлом) они плавно соединяются друг с другом, образуя как бы единую структуру, другой – круто секут друг друга и каждая из них (одна на запад, другая на ЮВ) быстро затухают внутри метаморфических пород Цахкуняцкого массива.

Другая система разрывов земной коры – это разломы СВ (поперечного) направления. Из них отметим Улашкский левосторонний сдвиг, по которому ясно картируются левосторонние смещения контуров палеогеновых вулканогенных и

интрузивных пород, при этом отметим, что заметных смещений плоскостей Анкаванского и Спитакского разломов не отмечается и, следовательно, он более древний, чем упомянутые структуры. Макросейсмический эпицентр Цахкадзорского землетрясения 1827г. попадает в узел сочленения описанных разломов. Глубина очага не оценивалась, однако, исходя из средних значений для данного региона, она, вероятно, не превышает 10 км.

Очаговая зона землетрясения 972г. ($M=6,0$) расположена на Ю, ЮЗ склонах молодого вулкана г.Арагац. На поверхности исключительно распространены верхнеплиоцен-четвертичные лавы и туфы кислого и среднего составов, продукты извержения отмеченного вулкана и его паразитических вулканических конусов (рис. 6).

Строение очаговой зоны землетрясения 972г. воссоздано по данным бурения и геофизики, т.к. очаг выхода на поверхность не имеет и приурочен к структурам, погребенным под чехлом новейших вулканогенных образований.

Очаг рассматриваемого землетрясения приурочен к зоне скрытого Ереванского глубинного разлома СЗ-З простираения. Этот разлом представляет собой один из наиболее крупных региональных разломов на территории Армении, заложение которого произошло в раннемеловое время и его тектоническая активность продолжается до настоящего времени. Ереванский глубинный разлом причисляется к ряду современных сейсмоактивных структур и является южной границей крупного Цахкуняц-Арагацского активного блока.

В эпицентральной области по Ереванскому глубинному разлому, а также его ветви С-СЗ простираения (Кош-Гюмрийский разлом) фундамент приподнят до отметки - 1000 м. Здесь отмечается резкое сокращение разреза палеоген-миоценовых осадочных отложений. К северу и, в особенности, к югу от горста мощность осадочного чехла увеличивается. По данным бурения на глубинах более 2500 м вскрыты меловые отложения, в которых отмечаются офиолитокласты. В нижней части разреза мела отмечаются брекчированные и метаморфизованные породы офиолитового комплекса (тектонический меланж). Северной границей распространения офиолитов служит Ереванский глубинный разлом, и, вероятно, он является той глубинной структурой, по которой из мантии произошло проникновение в верхние слои земной коры пород офиолитового комплекса.

Как и в предыдущих случаях очаг землетрясения 972г. имеет неглубокофокусный характер. Для описываемой зоны присущи расположение гипоцентров на глубинах 11-12 км, что по геолого-геофизическому разрезу соответствует нижней кромке гранитного слоя земной коры (рис.6).

Очаговая зона Гарнийского землетрясения 1679г. ($M=7,0$) имеет сложное геологическое строение, обусловленное ее положением в структуре одной из ветвей Анатолийско-Малокавказских офиолитовых зон - Эрзинджан-Вединского офиолитового пояса. В геологическом строении очаговой зоны (рис.6) принимают участие метаморфические, осадочные, вулканогенно-осадочные и вулканические образования верхнего протерозоя-нижнего кембрия, среднего-верхнего палеозоя, триаса, мела, палеогена и плиоцен-антропогена. Последние развиты в северной и северо-восточной части очаговой зоны и являются продуктами извержения вулканов Гегамского вулканического нагорья. Они в виде покровов и потоков бронируют структуру более древних образований. В исследуемом районе выделяются многочисленные штоки, силлы и дайки неогенового возраста. Кроме того, в поле распространения коньяк-туронских вулканогенно-осадочных образований развиты протрузии гипербазитов, серпентинитов и габбро. Обнажающиеся на остальной части площади отложения мела-палеогена имеют складчатую структуру, причем, характер складчатости в разных частях различен. На юге развиты пологие, широкие брахиформные складки, а в центральной и ЮВ части - крутые, сжатые линейные складки. Оси складок резко меняют свое направление с СЗ на ЮЗ и в плане образуют дугу, сводом направленную на север.

Разломная тектоника очаговой зоны характеризуется наличием системы разломов двух главенствующих направлений СЗ и СВ, определивших блоковый характер структуры. Среди них выделим наиболее крупные разломы, проявляющие современную тектоническую активность: Азат–Севанский и Гарни–Ельпинский. Азат–Севанский разлом СВ (30°) простирается в левобережье р.Азат, хорошо выражен на поверхности на протяжении более 20 км. Далее на ЮЗ он погребен под современными отложениями Араратской впадины, однако хорошо отражается в гравитационном поле в виде зоны высоких горизонтальных градиентов Δg , а на сейсмических профилях – как участок повышенной анизотропии скоростей. На СВ, уже за пределами очаговой зоны, разлом погребен под плиоцен-четвертичными вулканитами Гегамского нагорья, однако хорошо трассируется по дешифрированию аэрокосмических снимков в район оз. Севан. Азат–Севанский разлом представляет собой крутой сброс с опущенным на более 1000 м СЗ крылом (рис. 7,б). Некоторые исследователи считают его левосторонним взбросо-сдвигом. Азат–Севанский разлом считается одной из наиболее неотектонически активных структур Армении [1].

Гарни–Ельпинский разлом СЗ (310° – 315°) простирается вдоль ЮЗ границы распространения молодых вулканитов Гегамского нагорья и представляет собой зону кулисно подставляющих друг друга субпараллельных разломов. Как активная структура выделен и изучен А.Караханяном [7, 8, 9], который считает его одним из сегментов единого Гарни–Спитакского активного разлома. Имеющиеся геологические и геофизические данные дают больше оснований считать Гарни–Ельпинский и Спитакский активные разломы самостоятельными структурными единицами. Гарни–Ельпинский разлом представляет собой крутой (80° – 85°) правосторонний взбросо-сдвиг с наклоном плоскости в северных румбах. Скорость современного горизонтального смещения по нему оценивается $0,3$ – $0,2$ см/год. В ЮВ части очаговой зоны вдоль зоны Гарни–Ельпинского разлома развиты породы офиолитового комплекса (порфиты, диабазы, яшмы, радиолариты), прорванные небольшими телами серпентинитов, габбро, плагиогранитов. Весь этот комплекс вместе с коньяк-туронским вулканогенно-карбонатными отложениями дислоцирован до такой степени, что исследователи характеризуют его как “цветной меланж”. Другой крупной разрывной структурой в пределах рассматриваемой площади является ЮВ продолжение Ереванского глубинного разлома, который параллельно Гарни–Ельпинскому разлому прослеживается на ЮЗ района.

Очаг Гарнийского землетрясения сформировался в зоне сочленения Азат–Севанского и Гарни–Ельпинского активных разломов, приурочен к ядру антиклинальной складки СЗ простирается, образованной породами верхнего мела и эоцена. Макросейсмический эпицентр его находится у развалин с.Гелайсор [8,9], где очаг вышел на поверхность и образовал сейсмогенные разрывы меридионального и СЗ простирается длиной 3–5 км. Сейсмогенные разрывы формируют ступенчатый грабен с небольшим тектоническим озером ($d \sim 50$ км) в центре. Эпицентральная зона по своим генетическим особенностям представляет собой гравитационно-сеймотектоническую структуру (клин), непосредственно связанную с Гарни–Ельпинским активным сейсмогенным разломом. Его центральная часть представляется как переходная форма к собственно сейсмогравитационным структурам – оседание, провалы. Не исключено, что отмеченные сейсмодислокации наследуют структуры, сформировавшиеся при более ранних землетрясениях. Для выяснения этого вопроса требуется проведение дополнительных палеосейсмических исследований. Зона стыковки Азат–Севанского и Гарни–Ельпинского активных разломов, как и очаговые зоны Спитакского 1988г. и Ленинаканского 1926г. землетрясений, имеют аномально высокие значения изоконцентраций гелия ($>1000 \times 10^{-5}$ мл/л) [2], свидетельствующие о высокой степени проницаемости земной коры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Габриелян А.А., Саркисян О.А., Симонян Г.П. Сейсмо тектоника Армянской ССР. Изд-во ЕГУ, Ер., 1981.
2. Balassanian S.Yu., Nazaretian S.N., Avanesian A.S. et al. The New Seismic Zonation Map for the Territory of Armenia. Proceeding of the Fifth International Conference on Seismic Zonation. October 17-19. Nice, France. III. p. 2203-2210
3. Егоркина Г.В., Соколова И.А., Егорова А.М. Строение земной коры СЗ части Армении. – Советская геология, 1973, №6, с. 80-91.
4. Егоркина Г.В., Соколова И.А., Егорова А.М. Глубинное строение ультрабазальтовых поясов Армении. – Советская геология. №3, 1984.
5. Бабаян Т.О. О зоне Ахурянского тектонического напряжения. – Известия АН Арм. ССР. Науки о Земле. 1984, №5.
6. Philip H., Rogozin E., Cisternas A. et al. The Armenian 1988 December 7 earthquake faulting neotectonics and paleoseismicity. – Geophysics. 1993, 110, p. 141-158.
7. Karakhanian A.S. Active faults of the Armenian Upland. Proc. Scientific meeting on the seismic protection. Mitigation of fluids on the subsoil and seismic events; compared experiences. Venice. July 12-13, 1993, p. 88-93.
8. Караханян А.С. Активные разломы и сильные землетрясения Анатолийского Малокавказского орогена. Автореф. дис. на соискание уч. ст. доктора геол. наук. М.: МГУ, 1995.
9. Trifonov V.G., Karakhanian A.S., Kozhourin A. I. Major Active Faults of the Collision Area Between the Arabian and the Eurasian Plates. Proc. International Conference "Continental Collision Zone Earthquakes and Seismic Hazard Reduction" 1993, Yerevan, p. 41-55.

ԱՍԱՎԱՆԵՄՅԱՆ, ՀՀՍԱՐԳՍՅԱՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՈՒԺԵՂ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԵՐԻ ՕՋԱՆԱՅԻՆ ՁՈՆԱՆԵՐԻ ԵՐԿՐԱՔԱՆԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԸ (Հաղորդում 1)

Ա մ փ ո փ ո մ

Հոդվածում ամփոփված են ՀՀ տարածքում մինչպատմական, պատմական ժամանակներում և ոչ վաղ անցյալում տեղի ունեցած ուժեղ երկրաշարժերի ($M > 5,8$) օջախային զոնաների երկրաբանական կառուցվածքի ուսումնասիրման արդյունքները: Բացահայտված են այդ կառուցվածքի մի շարք օրինաչափություններ, որոնք կնշվեն հաջորդ 2-րդ հաղորդման մեջ:

УДК 551.4

А.С.БАЛЬЯН

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЫСОТНОЙ ЛАНДШАФТНОЙ ПОЯСНОСТИ АРМЯНСКОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО НАГОРЬЯ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ)

Общей провинциальной геохимической особенностью толщи рыхлых почвообразующих пород вулканического нагорья является повышенное содержание Mo (Кк до 4,5) и Sr (Кк до 2,8). Содержание микроэлементов в почве закономерно изменяется по высотным поясам в том случае, когда почвы образованы на продуктах выветривания разновозрастных и однопородных горных пород. В растительности вулканического нагорья РА величина коэффициента биологического поглощения (К б) меньше единицы для Ti, Zn, Ga, Cr, V, Co, Ni, Mn, в то время как Cu, Zn, Ba, Sr, Pb избирательно накапливаются, что фиксируется величиной Кб – больше единицы. Колебания величины Кб микроэлементов в растительности изученного региона связаны с биогеохимической спецификой отдельных семейств. Вместе с тем содержание элементов в представителях одного и того же семейства меняется в зависимости от экологических условий их обитания.

На вулканическом нагорье Армении широко развиты различные по генезису, литохимическому составу и возрасту рыхлообломочные образования – элювий, делювий, морены, флювиогляциальные, алювио-пролювиальные отложения. Для получения четкого представления о геохимической природе указанных генетических типов почвогрунтов, их генетической связи с литогенной основой – разнородными эффузивами, а также установления палеогеографических условий изменения их состава, связанных с изменениями биоклиматической картины высотной поясности вулканического нагорья нами были отобраны более 300 проб из характерных разрезов почво-грунтов по профилям, пересекающим массив Арагац и Гегамское и Вадениское нагорья. Из взятых образцов, для которых определены физико-механические свойства, 60 были отобраны для валовых силикатных анализов. Выполнено свыше 4000 элемент-определений методом спектрального анализа.

Характерные для данного генетического типа грунта пробы были подвергнуты также химическому, минералогическому, рентгеноструктурному и термографическому анализам.

Путем математической и графической обработки аналитической информации были определены также среднее содержание (Сх) микроэлементов и кларк концентраций (Кк).

В результате комплексных геохимических исследований установлено, что продукты гипергенеза вулканического нагорья представлены преимущественно монтмориллонитово-гидрослюдистыми глинами, образованными в семиаридных условиях плейстоцена – голоцена. Рыхлый покров этих продуктов выветривания служит почвообразующим субстратом и литогенной основой для современных ландшафтов.

В то же время в разрезах покрова имеются реликты древней коры, представленной гидрослюдисто-каолинитово-галлуазитовыми глинами, образованными в условиях влажного и теплого климата плиоцена. К древним, возможно, верхнеплиоценовым образованиям относятся также оригинальные карбонатные аккумуляции,

т.н. "белоземы", генетически связанные с проявлением поствулканических процессов.

Все эти вопросы, включая также палеогеографические условия преобразования продуктов гипергенеза вулканического нагорья, обстоятельно описаны в [1–3].

В целом элювий и почвы сохраняют многие минералогеохимические основы разных по составу и возрасту исходных эффузивных пород в выделенных нами пяти комплексах: туфобрекчий кислых эффузивов, долеритовых базальтов и андезитовых покровов неогенового возраста, лавовых потоков и туфовых покровов антропогена. Унаследованность геохимических особенностей продуктов гипергенеза на указанных выше комплексах проявляется также в содержании микроэлементов.

В целом в различных генерациях рыхлого покрова отмечаются определенные отклонения содержания элементов по сравнению с кларком земной коры (по А.Ш.Виноградову). Выделяются следующие три группы:

1.Элементы, содержание которых меньше по сравнению с кларком земной коры. К ним относятся Mn, Ni, Pb, Ba, кларки концентраций (Кк) которых колеблются в пределах от 0,9 до 0,5, а Zr – от 0,5 до 0,1.

2.Элементы, содержание которых обычно близко или слабо превышает величину кларков. Таковы Ti, Co, V, Cu, Zn, Sr, Ba. Их Кк колеблется в пределах от 0,1 до 1,8.

3.Элементы с более высоким содержанием – Cr, Mo с Кк от 2,5 до 4,5.

На фоне этих, общих для всего вулканического нагорья, закономерностей, отмечаются определенные изменения содержания элементов в рыхлом покрове в зависимости от состава исходных пород, в границах выделенных нами пяти комплексов эффузивов.

Установлено, что резкое повышение содержания Mo и Cr и значительно пониженная концентрация Zr характеризуют общую провинциальную геохимическую особенность продуктов выветривания вулканического нагорья. Выявлены определенные изменения концентраций V, Co, Zn, Ba и Ga в рыхлых продуктах выветривания на разных комплексах эффузивов, а именно постепенное повышение кларков концентраций Cr (от 2 до 3) и Mo (от 2,4 до 4,5) от кислых эффузивов к основным и, наоборот, понижение Кк Co (от 1,9 до 1,3), V (от 2 до 1,2), Zn (от 1,8 до 1,3), Ba (от 2 до 0,8) и Ga (от 2 до 1,3).

В рыхлообломочном покрове вулканического нагорья наиболее распространенными грунтами являются: а) элювиальные мощные суглинистые грунты, сформированные на долеритовых базальтах, покровных андезитах плиоцена, частично на туфах раннего плейстоцена, занимающие основную часть привершинных и предгорных плато (около 30% исследованной области), б) элювиальные и элювио-делювиальные суглинисто-супесчаные грунты, сформированные на плейстоценовых лавовых покровах и потоках, занимающие склоны шитовидных массивов (около 40% исследованной территории).

Для первого типа характерно относительно равномерное распределение большинства микроэлементов, близких к кларку земной коры или же превышающих величину Кк от 1,0–1,5 (Mn, Ni, Cu, Pb, Zn, Sr, Ba, Ga) до 2,0–2,5 (Cr, Co, V, Mo). Кларки концентрации меньше 1 отмечаются только у Zr – 0,5.

Для второго типа на фоне достаточно устойчивой концентрации с Кк 1,5–1,8 большинства элементов отмечаются значительное завышение Кк Cr и Mo (4–4,5) и понижение Кк Mn, Ni, Pb, Zr (0,8–0,4).

Роль растительности в образовании почв общеизвестна. Растительность является основным биогенным аккумулятором микроэлементов. В целом отмечается следующая закономерность распределения элементов в почве и в растениях: в почвах накапливаются малоподвижные элементы и труднорастворимые минералы, а в растениях – активные мигранты. Наряду с указанным важное значение имеет также избирательная способность отдельных растений в поглощении минеральных компонентов. Эта способность для отдельных видов растений, как мы увидим ниже, меняется на разных высотных поясах.

Интенсивность поглощения химического элемента растениями Б.Б.Полынов [4] предложил оценивать величиной отношения содержания элемента в золе растений к содержанию этого элемента в исходной породе. Эту величину А.И.Перельман [5] назвал коэффициентом биологического поглощения (Кб). Следует отметить, что несмотря на различную избирательную способность растений, которая еще не получила своего окончательного объяснения, наблюдается следующая общая закономерность, отмеченная В.В.Добровольским [6]. Интенсивность аккумуляции относительно велика у тех элементов, которые содержатся в почве в небольшом количестве, но играют важную роль в жизнедеятельности растений, и, наоборот, у тех элементов, которые содержатся в почве в большом количестве и обладают относительно небольшой интенсивностью накопления. В последнем случае растениям нет необходимости активно концентрировать эти элементы, так как, по образному выражению В.В.Добровольского, они "всегда у них под рукой". Однако при высоких концентрациях элементов в почве многие растения не выдерживают столь сильную геохимическую нагрузку и поражаются различными болезнями, приобретают угнетенные и уродливые формы [6], что выявлено нами в дубовом лесу на склонах г.Арагац (см. ниже). На рост растений сильно влияет резко пониженное содержание элементов в почвогрунте, что отражается на внешнем облике растений и в целом местного фитоценоза. Наконец, усвоение того или иного элемента растениями зависит также от изменения содержания в почве других элементов, особенно при неуместном применении различных удобрений и гербицидов [7].

В условиях вулканического нагорья установлены следующие соотношения коэффициентов биологического поглощения (Кб) относительно кларков концентрации в грунтах (Кк).

Среднечетвертичная морена, занимающая больше половины территории привершинных плато, отличается пониженными величинами кларков концентрации Ni, Cr, Co, V, Cu и Zn (от 0,5 до 0,9).

На содержание микроэлементов в почвах вулканического нагорья влияют, наряду с составом исходных пород, биоклиматические условия. Изменения геохимического фона гипергенных образований в зависимости от высотной ландшафтной поясности выявлены в процессе анализа биохимических свойств растений. Отбор проб растений производился методом сплошного апробирования наземной части биомассы растительности, характерной для данного ландшафтного пояса, в период ее восковой спелости. В отдельных случаях были взяты пробы из доминирующих в данном поясе растений, в том числе и древесных (коры и листьев). После озоления пробы были проанализированы методом эмиссионного спектрального анализа, а также выявлены важные биогеохимические показатели высотной ландшафтной поясности. А именно – определены кларки концентрации рассеянных элементов в растениях, количественная оценка, интенсивность биологического поглощения микроэлементов, выявлено изменение биогеохимических параметров растительности, высотных ландшафтных поясов.

Среднее содержание (Сх) большинства элементов Mn, Ba, V, Cu, Ni, Co, Pb, Cr выявляет тенденцию к увеличению от полупустынного пояса к горно-степному, лугостепному и субальпийскому – до абсолютных отметок 3200 м. В альпийском поясе отмечается несколько пониженное Сх выше отмеченных элементов.

Возрастание концентрации микроэлементов в рыхлом покрове от низких ландшафтных поясов к верхним отмечается на тех территориях, на которых развиты четвертичные лавы. Эта закономерность нарушается в альпийском поясе, где развиты продукты гипергенеза неогеновых пород и морены среднечетвертичного горнопокровного оледенения, содержащие остатки плиоценовой коры выветривания [1,2]. Здесь Сх Cu, Zn и Pb в два раза больше, чем в астрагалах субальпийского пояса. Еще более сильное влияние на интенсивность поглощения микроэлементов оказывает уровень содержания элемента в почвообразующей породе. В альпийском поясе в растениях, произрастающих на почвах, сформированных на элювиальных монтмориллонитово-гидрослюдистых глинах, Кб Mn, Pb, Sr и Ba изменяется от 2 до 15, а

на почвах, образованных на моренах, содержащих реликты древних каолиновых глин, величина Кб этих же элементов сильно понижена – от 0,1 до 0,6.

Восточный дуб (*Quercus macranthera*), растущий на южных склонах Арагаца, отличается низкорослыми и угнетенными формами. Листья дуба желтые или оранжево-желтые с зелеными прожилками, часто со скрюченными участками краев листьев или большими омертвевшими пятнами на них. Отмеченные физиологические и морфологические изменения в растениях, по наблюдениям Хокса и Уэбба [8], обусловлены высоким содержанием молибдена и хрома в почве. В почвогрунтах же дубового леса Кк молибдена колеблется в пределах от 4,8 до 4,45, а хрома – от 2,44 до 2,98. В полупустынной зоне Арагатской котловины содержание кобальта в растениях связано с избыточным применением калийных удобрений. Явление замечено А.А.Беусом [7].

В заключение отметим, что полученные результаты могут быть использованы для решения практических задач, организации рационального использования кормовых ресурсов и совершенствования службы контроля за состоянием окружающей среды.

Кафедра картографии и геоморфологии

Поступила 12.10.1998

ЛИТЕРАТУРА

1. Червяховский А.Г., Айрапетян Т.А., Градусов Б.Н., Бальян А.С. Первичные почво-элювиальные образования основных биоклиматических поясов массива г.Арагац. – Изв. Ан Арм.ССР: Наука о Земле, 1975, в.6, с. 78-83.
2. Бальян А.С., Айрапетян Т.А. О происхождении и палеогеоморфологическом развитии белозема Армении. – Уч. записки ЕГУ, 1979, №1, с.103-112.
3. Бальян А.С. К палеогеографии четвертичных рыхлообломочных образований массива г.Арагац. – Уч. записки ЕГУ, 1982, №2, с. 130-136.
4. Польшов Б.Б. Геохимические ландшафты. – В кн.: Вопросы минералогии, геохимии и географии. 1946, с. 171-183.
5. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа, 1966, с. 392.
6. Добровольский В.В. Рассеянные металлы в природе. М., 1979, с. 47.
7. Беус А.А. Геохимия окружающей среды М.: Изд-во Недра, 1976, с. 248.
8. Хокс Х.Е., Уэбб Дж.С. Геохимические методы поисков минеральных месторождений. М.: Изд-во Мир, 1964, с. 487.

Հ.Ս.ԱՍԼՅԱՆ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՀՐԱԲԵԱՅԻՆ ԲԱՐՉՐԱՎԱՆԴԱԿԻ ՈՒՂԱՁԻԳ ԼԱՆԴՇԱՓՏԱՅԻՆ ԳՈՏԻԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ԳԵՈՔԻՄԻԱԿԱՆ ԱՄՊԵԿՏՆԵՐԸ (ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ՕՐԻՆԱԿՈՎ)

Ա մ փ ո փ ո մ

Հայաստանի հրաբխային բարձրավանդակի հողառաջացնող փխրուն ապարների ընդհանուր գեոքիմիական իրադրությունը բնութագրվում է մոլիբդենի (մինչև 4,5 կլարկ) և քրոմի (մինչև 2,8 կլարկ) պարունակությամբ: Միկրոտարրերի պարունակությունը հողագրոմոնտերում օրինաչափորեն բարձրանում է ըստ վերընթաց գոտիականության:

Հրաբխածածկի բուսականության կենսականման գործակիցը Ti, Zn, Ga, Cr, V, Co, Ni և Mn տարրերի համար պակաս է 1-ից, իսկ Cu, Zn, Ba, Sr, Pb-ի համար ընտրովի կուտակման պատճառով ավելի է 1-ից: Հողվածում լուսաբանված են միկրոտարրերի կենսականման գործակցի փոփոխությունները ինչպես բուսաբնոսանիքների, այնպես էլ առանձին բուսատեսակների մեջ՝ կախված նրանց կենսաքիմիական առանձնահատկություններից և վերընթաց լանդշաֆտային գոտիականության էկոլոգիական պայմաններից:

Աշխարհագրություն

УДК 551.432.7

Հ.Յ.ՍԱՅԱԴՅԱՆ

ՎԱՐՂԵՆԻՍԻ ՀՐԱՐԻԱՅԻՆ ԲԱՐՁՐԱՎԱՆԴԱԿԻ ՍԱՐԱՀԱՐԹԵՐԻ
ՋՐԱՐԲԻԱՑՄԱՆ ՊՐՈՒԼԵՄԸ

Հայկական հրաբխային բարձրավանդակի լեռնավահանների (Արագած, Գեղամա, Վարդենիս և այլն) մերձգագաթային սարավանդներում է գտնվում (3200-3400Մ) հանրապետության արտադրական ֆոնդի հիմնական մասը (250 հազ.հա): Արտադրական ֆոնդի զգալի մասը գտնվում է Վարդենիսի բարձրավանդակում, որի մակերեսը կազմում է Կենտրոնական հրաբխային զանգվածի (8452կմ² [1]) 21.8%-ը: Սեփականաշնորհումից հետո՝ պայմանավորված ջրանցքների, առուների, աղբյուրների պատկանելիության ձևից, արտոները արհեստականորեն տրոհվել են բազմաթիվ պատառիկների: Ջգալիորեն խաթարվել է արտոների և խոտհարքների հանրային ֆոնդի կենտրոնացված, քիչ թե շատ արդյունավետ օգտագործումը նոր ստեծված պայմաններում՝ արտոների ոչ ռացիոնալ օգտագործման հետևանքով: Ստեղծվել է արտադրական և խոտհարքային ֆոնդը գիտականորեն հիմնավորված պասպորտիզացիայի ենթարկելու, ոռոգման և ջրարբիացման ցանցը նորոգելու կամ նորը կառուցելու, հողահանդակները գնահատելու և դրանք սեփականատերերին նախապատրաստված հանձնելու անհրաժեշտություն: Նշված տարածքի հողահանդակների պասպորտիզացիայի սկզբունքները հայտնի են [2,3], սակայն սեփականաշնորհման պայմաններում շատերը կորցրել են իրենց նշանակությունը կամ արժեքները, և առաջացել է դրանց վերագնահատման անհրաժեշտություն:

Առաջին հերթին մենք գտնում ենք, որ անհրաժեշտ է ունենալ կոնկրետ տվյալներ ամբողջ տարածքի, ինչպես նաև առանձին հողահանդակների հողագրումների ջրաներկարբանական հատկանիշների վերաբերյալ, ինչպիսիք են ասեմբ, խոնավատարությունը, ջրաթափանցելիությունը, կակղելիությունը (Էրոզիոն դիմադրողակալությունը) և այլն: Նշենք, որ այդ առումով նախկինում կատարված պասպորտիզացիան ունեցել է որոշակի թերություններ: Ներկա պայմաններում, երբ հողահանդակները բաժանվել են բազմաթիվ մանր կտորների, դրանց օգտագործման արդյունավետությունը գնահատելիս վերոհիշյալ տվյալները դառնում են հույժ անհրաժեշտ:

Ելնելով նշված պահանջներից՝ մենք խոշոր մասշտաբի (1:100 000, առանձին դեպքերում 1:50 000) լիթոլոգ-գեոմորֆոլոգիական հանութային աշխատանքներ ենք կատարել Վարդենիսի և Գեղամա լեռնավահանների տարածքում՝ սկսած գագաթային և մերձգագաթային սարավանդներից, լանջերով մինչև նրանց ստորոտները (Մերձսևանյան հարթություններ): Նշված լեռնավահանները ծածկված են խիստ ճեղքավոր և ծակոտկեն լավաներով և հոսքերով, որոնց ներծծողական չափանիշները շատ բարձր են: Մթնոլորտային տեղումների (անձրև և ձնհալք) մոտ 70%-ը, ըստ Վ.Ա.Վետիսյանի [4] տվյալների, ներծծվում են լավաների մեջ և սնուցում ստորերկրյա ջրերը: Սակայն, ընդունելով այս մոտավոր արժեքը որպես հիմք, մենք այնուամենայնիվ մեր մանրակրկիտ հանութային աշխատանքում լեռնավահանները ծածկող գրունտները ըստ իրենց ներծծողական հատկանիշների բաժանել ենք տարբեր ծագումնաբանական տիպերի՝ սկսած բացարձակ ջրակալանիշներից (100%) մինչև ջրամերժեն-

րը: Այնուհետև հաշվել ենք այդ գրունտների տարածքային չափերը. 2500մ-ից բարձր՝ մթնոլորտային տեղումների և խոնավության դրական բալանսի, և 2500մ-ից ցածր՝ բացասական բալանսի պայմաններում: 2500-2600մ բացարձակ բարձրությունների գոտում տեղումների և գոլորշիացման չափերը համարյա համընկնում են: Հաշվարկման ժամանակ օգտագործել ենք տարբեր գրական աղբյուրների [5-7] տվյալները և լավաների ճեղքոտվածության Լանգեի ցուցանիշները [8]. ա) ալիքավոր լավաներ – 4.4-5.6%, բ) բեկորավոր լավաներ – 30-50%, գ) անդեզիտային ծածկութային լավաներ – 0.7-1.3%, դ) քարացրոններ (չինգիլներ) – 50-100%:

Աղյուսակ 1

Վարդենիսի հրաբխային բարձրավանդակում մինչև 50մ խորությամբ գրունտ բախանցող ջրի քանակը

Ապարատեսակները	Ճեղքայնությունը, %	Թափանցող ջրի քանակը 1 մ ² -ում, մ ³	Գրաված տարածքը, կմ ²		Հնարավոր բախանցած ջրի ծավալը 50մ միջ.խոր. դեպքում, մլն. մ ³	
			2500 մ-ից բարձր	2500 մ-ից ցածր	2500մ-ից բարձր	2500մ-ից ցածր
մինչալիոցենյան և ստորին պլիոցենյան նստվածքա-հրաբխային ապարներ	0.1-0.2	0.001-0.002	468	260	23.4-46.8	13-26
վերին պլիոցենյան և ստորին չորրորդական անդեզիտային և անդեզիտա-բազալտային ծածկույթներ	0.7-1.3	0.007-0.013	17	85	5.95-11.1	29.8-55.3
պլեյստոցենի ալիքավոր լավաների ծածկույթներ	4.4-5.6	0.044-0.056	386	230	849.2-1080.8	506-644
պլեյստոցենի, հոլոցենի կույտաբեկորավոր լավաների հոսքեր	30-5.0	0.3-0.5	13640	48	2040-3400	720-1200
քարային «ծովեր», «կղզյակներ» լավաների վրա	50-100	0.5-1.0	40	57	1000-2000	1425-2850
միջին և վերին չորրորդականի մորեններ	0.1-0.2	0.001-0.002	57	52	2.9-5.7	2.6-5.2
ընդամենը			1104	732	3921.5-6544.4	2696.4-4780.5
			1836		8971.4	

Քարտեզահամված են նաև լավային ծածկույթների տակ տեղադրված հնագույն նստվածքա-հրաբխային ապարներից բաղկացած ջրամերժ հիմքի մերկացումները, ինչպես նաև լավաները ծածկող և զգալի տարածքներ գրավող հարաբերակամորեն նույնպես ջրամերժ՝ մորենային կուտումները:

Հաշվարկման արդյունքները գրանցված են աղյուսակներ 1-ում և 2-ում: Աղ. 1-ի տվյալներից երևում է, որ ալիքավոր լավան կարող է պարունակել 44-56լ ջուր, բեկորավոր լավաները՝ մինչև 300-500լ, անդեզիտային ծածկույթները՝ 7-13լ և այլն:

Աղյուսակներում տրված են ապարների գրաված տարածքային գումարային չափերը իրենց ջրաերկրաբանական պարամետրերով, որոնք կարելի է օգտագործել ջրատեխնիկական կառույցներ մախագծելիս: Իսկ առանձին հողակտորներում, որ-

տեղ ջրարբիացման համար նախատեսվում է կիրառել պարզագույն, ոչ աշխատատար ջրատեխնիկական միջոցառում, անհրաժեշտ է օգտագործել մեր կողմից կազմած խոշորամասշտաբ քարտեզների տվյալները:

Նշենք այդ միջոցառումներից մի քանիսը:

Աղյուսակ 2

Վարդենիսի հրաբխային բարձրավանդակի ստորգետնյա հոսքի ձևավորումը

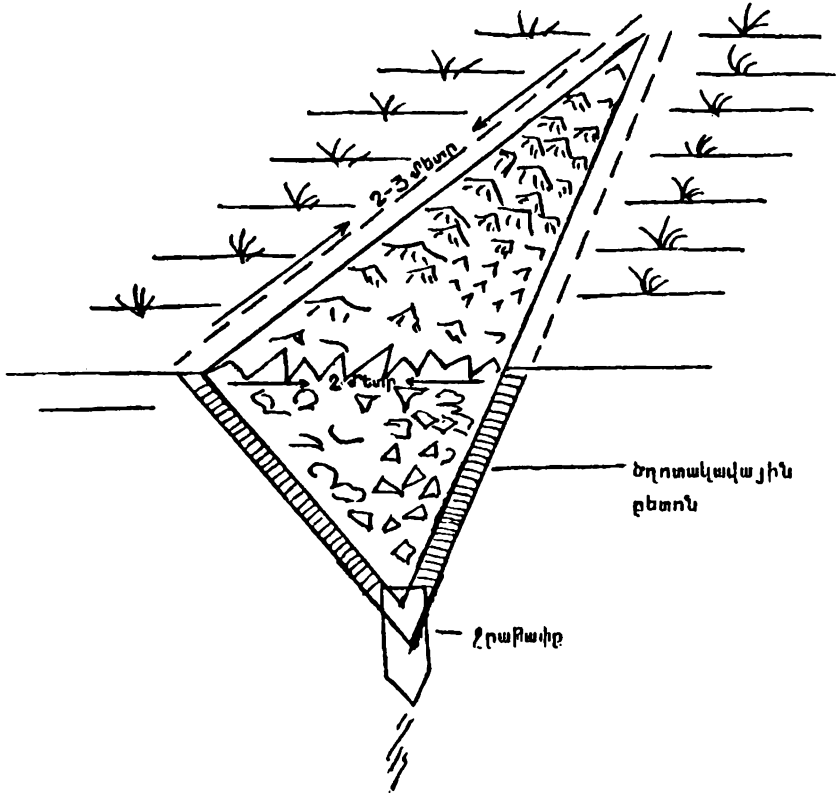
Գետործողիական տիպեր		Տարածքը, կմ ²	Տեղումների քանակը			Մակերևութային հոսքը, մլն.մ ³ (հոսքի մոդուլ, լ.վ/կմ ²)	Գոլորշիացումը, մմ (մլն.մ ³)	Ներծրծվող ջրի քանակը, մլն.մ ³
			մմ	մլն.մ ³	մ ³ /մ ²			
սնուցման մարզ	գազաթային շրջան, 3200մ-ից բարձր	33	900	29.7	0.9	18.04 (17.3)	180 (5.94)	5.72
	մերձգազաթային սարավանդ, 3200-2800մ	332	750	249	0.75	147.75 (14.0)	220 (73.04)	28.21
	լանջեր, 2800-2500մ	367	700	256.9	0.7	124.31 (10.7)	250 (91.75)	40.84
տրանզիտային մարզ	լանջեր, 2500-2300մ	389	600	233.4	0.6	84.25 (6.9)	280 (108.92)	40.23
	նախալեռնային հարթություններ, 2300-2000մ	533	500	266.5	0.5	47.23 (2.8)	320 (170.56)	48.71
ընդամենը		1654		1035.5		421.58	450.21	163.71

Գտնում ենք, որ անհրաժեշտ է քննարկել հնագույն ջրհավաքային (կապտաժային) և մեծ մասամբ ավերված կառույցների վերարտադրումը, որի մասին մանրամասն շարադրել է Ս.Բալյանը [9]՝ Արագածի լեռնազանգվածն ուսումնասիրելիս: Մենք այդ տիպի, խիստ ավերված ջրհավաք կառույցների հետքեր նկատել ենք քարացրոնային դաշտերի եզրագծերում: Ուշ աշնանը, երբ շրջակա բոլոր գազաթներում ձյունը վաղուց հեռացել էր, մենք փորձեցինք բացել դեյուվիալ ջրհավաք չինգիլներից մեկի արգելափակիչ թմբաշարը Վարդենիսի լեռնավահանի արևելյան թևում, Սանդուխտասար լեռնազանգվածի ստորոտներում, որտեղ մեծ տարածք են զրավում դեյուվիալ տիպի ջրահագեցած քարացրոնները: Դրանցից մեկի բնական շտեմարանից ստացվեց մոտ 2.5-3մ³ ջուր:

Արտավայրերն ու խոտհարքները ջրարբիացնելու համար անհրաժեշտ է հիշատակել բարձր լեռնային շրջաններում և սարավանդներում ջրային գոլորշիների խտացման արհեստական կառույցները: Կապլանը [10] Արագածի մերձգազաթային սարավանդում 3200մ բարձրության վրա, քարացրոնների մի հատվածում 10 մ² մակերեսով կառուցել է մի պարզունակ խտացուցիչ, որի նմանակը մենք կառուցել ենք Վարդենիսի լեռնազանգվածում (տես նկարը):

Հասկանալի է դառնում, որ պարզագույն փականային ջրատեխնիկական կառույցի դեպքում այս շրջաններում տարածված հազարավոր դեյուվիալ-չինգիլային արգելափականներից կարելի է ստանալ անհրաժեշտ քանակության ջուր մինչև ուշ ամառ, երբ դեռ արոտները օգտագործելի են, անասուններին ջրելու համար: Իսկ էյուվիալ չինգիլների եզրամասերում ձնապահպանման, հողագրունտների խոնավացման և հակաէրոզիոն միջոցառումները պետք է իրականացնել, դեռ չկազմավորված կմախքային հողերի տարածքում կառուցելով ջրաշիթերին ուղղահայաց փոքր խորության խանդակներ:

Այսպիսով, նշված ավանդական ու պարզագույն ջրատեխնիկական կառույցները և միջոցառումները զգալիորեն բարելավում են Հայաստանի Հանրապետության



Խտացուցիչ (կոնդենսատոր) աղբյուրի կտրվածքը քարացրոնային դաշտում

տալյածքի հյարթսային բարձրավանդակներում գտնվող արտոնների և խոտհարքների ջրարբիացումը՝ մակերևութային և ստորերկրյա ջրերի ռացիոնալ օգտագործումով:

Քարտեզագրության և գեոմորֆոլոգիայի ամբիոն

Ստացվել է 26. 01. 1999

ЛИТЕРАТУРА

1. Хачатрян Г.С. Снежный покров и его рельефообразующая роль на территории Центральной вулканической области Арм. ССР: Автореф. дисс. на соискание уч. ст. канд. геогр. наук. Ер.: 1972.
2. Арустамова Д.М. Опыт качественной оценки корневых угодий территории Арм. ССР. – Науч. сессия отд. Геог., посв. 150-летию присоед. Вост. Армении к России. Ер.: Изд-во Ан Арм. ССР, 1982, с. 156-164.
3. Погосян Д.А. Оценка и картографирование природно-кормовых угодий. – В кн.: Сельскохозяйственная оценка природных ресурсов территории Арм. ССР. Ер.: Изд-во АН Арм. ССР, 1986, с. 183-199.
4. Аветисян В.А., Вегуни В.Т., Степанян М.М. Ресурсы подземных вод. – В кн.: Геология Арм. ССР, т. 8, Гидрогеология, Ер.: Изд-во АН Арм. ССР, 1974, с. 283-288.
5. Акопян А.С., Александрян Г.А. Испарение. Атлас природных условий и естественных ресурсов Арм. ССР. Климат. Ер., 1975, с. 128.
6. Александрян Г.А., Багдасарян А.Б. Количество осадков. Год. Атлас природных условий и естественных ресурсов Арм. ССР. Климат. Ер., 1975, с. 146.

7. Багдасарян А.Б., Александрян Г.А. и др. Атлас природных условий и естественных ресурсов Арм. ССР. Гидрогеология. Ер., 1990, сс. 13, 17.
8. Ланге О.К. Гидрогеология. М.: Изд-во Высш. шк., 1965, с. 369.
9. Бальян С.П. Водоснабжение вулканических нагорий. – В кн.: Геология Арм. ССР, т.1, Геоморфология, Ер.: Изд-во Аи Арм. ССР, 1962, с. 519-527.
10. Каплан, Евангелидис С.Б. Алагез – потухший вулкан Армянского нагорья. – Тр. СОПС, сер. Закавказье, 1931, т. 1, в. 3.

А.Ю.САЯДЯН

ОБВОДНЕНИЕ ВАРДЕНИССКОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО НАГОРЬЯ

Резюме

Основной фонд пастбищ Республики Армении находится на привершинных плато Армянского вулканического нагорья. Бессистемная пастьба скота и ухудшение систем водоснабжений значительно понизили качество луговых пастбищ. В новых условиях приватизации встает острая проблема эффективности использования указанных территорий.

Исходя из этих требований, проведены съемочные полевые геоморфологические работы на картах масштабов 1:100 000 и 1:50 000, в результате чего были классифицированы грунты и рассчитаны их площади по высотным зонам. По площадям выделенных грунтов и по коэффициентам трещиноватости рассчитаны возможные количества внутрилавовых увлажнений.

Для улучшения обводнения пастбищ рекомендуется создать простые каптажные устройства и конденсационные родники, которые помогут животноводам решить проблему водопоя, что в высотных поясах трудно организовать.

УДК 54.546

Р.Х.АДАМЯН, М.Г.АРУТЮНЯН, С.А.НЕРСИСЯН, Г.С.ДАМАЗЯН,
Т.В.САМАНЯН, С.К.ГРИГОРЯНВЛИЯНИЕ СОСТАВА РАСТВОРИТЕЛЯ НА КАЧЕСТВО
КРИСТАЛЛОВ KTiOPO_4 (КТР)

Установлено влияние растворителей с высоким содержанием $(\text{P}_2\text{O}_7)^{4-}$ анионов на оптические свойства кристаллов КТР. Показана взаимосвязь размеров микро неоднородностей с порогом их лазерного разрушения.

Кристаллы КТР благодаря сочетанию уникальных нелинейных оптических свойств находят широкое применение в квантовой электронике. В настоящее время наибольшее распространение получил метод выращивания этих кристаллов из раствора КТР в расплаве растворителей различного состава, содержащих полифосфаты калия [1].

Согласно результатам, полученным в [2], наблюдается влияние содержания в составе растворителя аниона $(\text{P}_2\text{O}_7)^{4-}$ на растворимость в нем КТР и морфологию выращиваемых кристаллов [2]. Однако указанные результаты не являются полными, так как согласно выводам работы [3] в состав растворителя возможно введение большого количества аниона $(\text{P}_2\text{O}_7)^{4-}$.

С другой стороны, отмеченное влияние состава растворителя на морфологию выращиваемых кристаллов указывает на то, что образование включений в растущем кристалле будет также зависеть от состава растворителя, что авторы [2] не исследовали.

В настоящей работе представлены результаты поиска составов растворителей с более высоким содержанием анионов $[\text{P}_2\text{O}_7]^{4-}$ и изучено их влияние на образование включений в выращенных кристаллах КТР. Образцы для проводимых исследований готовили методами твердофазного синтеза. Исходными компонентами для приготовления образцов являлись TiO_2 , KN_2PO_4 и K_2CO_3 квалификации осч и чда. Растворимость КТР в расплавах растворителей составов – $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$, $0,5\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 0,5\text{K}_3\text{PO}_4$, $0,25\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 0,75\text{K}_3\text{PO}_4$ и K_3PO_4 , а также фазообразование при охлаждении указанных растворов – расплавов исследовались методом дифференциально-термографического анализа (ДТА), высокотемпературной микроскопии и рентгенофазового анализа. ДТА проводили на дериватографе системы “Паулик, Паулик, Эрден”. Из-за слабо выраженных эндозффектов плавление в области ликвидуса исследуемых составов, уточнение температур насыщения проводили с помощью высокотемпературной микроскопии. Было замечено, что применение метода высокотемпературной микроскопии не только дает возможность непосредственно наблюдать процесс зарождения и растворения кристаллов, но и позволяет различать совместно кристаллизующиеся фазы. Полученные указанными методами результаты свидетельствуют о том, что использование в качестве растворителей полифосфатов калия следующих составов: $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (1), 0, $5\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 0,5\text{K}_3\text{PO}_4$ (2), $0,25\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 0,75\text{K}_3\text{PO}_4$ (3), K_3PO_4 (4) обеспечивает монофазную кристаллизацию КТР в температурном интервале 950–1000°C. Коэффициенты растворимости КТР в указанных растворителях составили

$dS/dT=3,2 \cdot 10^{-3}$, $3,4 \cdot 10^{-3}$, $3,7 \cdot 10^{-3} \text{e}$ (КТР) $\text{e}/^\circ\text{C}$ растворителя соответственно. Выращивание кристаллов КТР проводилось на ростовой установке, сконструированной на базе лабораторной печи "СШОЛ" и регулятора температуры ВРТ-3. Для проведения процесса выращивания в печь помещали платиновый тигель, заполненный смесью KTiOPO_4 с растворителем, состав которого варьировали как указано выше. Рост кристалла осуществлялся на вращающейся затравке, погруженной в расплав. Температурный интервал процесса выращивания составлял для всех составов растворителей $980\text{--}950^\circ\text{C}$, скорость снижения температуры – $5^\circ\text{C}/\text{сутки}$.

Для выяснения формы и размеров координат включений проводилось наблюдение выращенных кристаллов под микроскопом с увеличением порядка 400. Для улучшения контрастности изображения применялось боковое освещение с использованием гелий-неонового лазера с длиной волны излучения (0,63 мкм). Подобная схема позволила обнаружить координаты включений размером до 1 мкм. Наблюдения всего объема кристаллов и определения координат включений производились перемещением кристаллов в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Исследования показали, что в кристаллах КТР, выращенных из расплава [2] ($0,5\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7 \times 0,5\text{K}_3\text{PO}_4$), размеры наблюдаемых координат включений не превышают величины порядка 70 мкм, а их плотность (количество включений в 1см^3 объема кристалла) на порядок величины меньше по сравнению с кристаллами состава (1), предложенного в [2]. Кроме того, в этих кристаллах характерные для КТР нитевидные включения не были обнаружены.

Полученные из состава (2) кристаллы КТР подвергались также испытанию на стойкость к лазерному излучению. Было выявлено, что за разрушение кристаллов КТР при плотностях мощностью излучения $\sim 100\text{ мВт}/\text{см}^2$ на длине волны TAG:Nd лазера 1,06 мкм ответственны включения размерами $\geq 30\text{ мкм}$, что свидетельствует о более высоких порогах разрушения кристаллов КТР группы 2. Последние выдерживали плотности мощностью до $300\text{ мВт}/\text{см}^2$.

Таким образом, кристаллы КТР, выращенные из расплава состава 2, обладают сравнительно лучшей оптической однородностью и более высокими порогами разрушения, следовательно, большие объемы их могут быть использованы для изготовления элементов, необходимых для линейной оптики.

Кафедра неорганической химии

Поступило 11.02. 1998

ЛИТЕРАТУРА

1. Булка Г.Р., Бутягин О.Ф. и др. – Лазерная техника и оптоэлектроника, 1992, № 1-2(62-63), с. 69-76.
2. Loiacono G.M., McGEE T.F., Kostecky G. – J. of Grystal Growth, 1990, v. 104, p. 389-391.
3. Дамазян Г.С., Айрапетян А.Г., Манукян А.Л. – Арм. хим. ж., 1987, т. 40, №3, с. 164-167.

Ո.Խ.ԱՐԱՄՅԱՆ, Մ.Գ.ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Ս.Ա.ՆԵՐՍԻՍՅԱՆ,
Գ.Ս.ԴԱՍՏԱԶՅԱՆ, Թ.Վ.ՍԱՆԱՄՅԱՆ, Ս.Կ.ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ

ԼՈՒԾԻՉԻ ԲԱՂԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ԱԶԴԵՅՈՒԹՅՈՒՆԸ KTiOPO_4
ԲՅՈՒՐԵՂՆԵՐԻ ՈՐԱՎԻ ՎՐԱ

Ա ս փ ո փ ո ս

Ուսումնասիրված է մեծ քանակությամբ (P_2O_7)⁴ անիոններ պարունակող լուծիչների ազդեցությունը КТР բյուրեղների օպտիկական հատկությունների վրա:

Ցույց է տրված միկրոամստեղծությունների չափսերի փոխադարձ կապը КТР բյուրեղների լազերային քայքայման սահմանի հետ:

УДК 542.61+535.2

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

ЭКСТРАКЦИОННО-АБСОРБЦИОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОГРАММОВЫХ КОЛИЧЕСТВ ОСМИЯ (IV) ТИАЗИНОВЫМ КРАСИТЕЛЕМ МЕТИЛЕНОВЫМ ГОЛУБЫМ

Изучено взаимодействие хлоридного анионного комплекса осмия(IV) с органическим основным красителем тиазинового ряда метиленовым голубым. Образующийся ионный ассоциат экстрагируется бинарной смесью дихлорэтан – трихлорэтилен (19+1). Оптимальная кислотность водной фазы – pH 3,0 по соляной кислоте. Оптимальная концентрация красителя обеспечивается добавлением 1,0 мл 0,05%-ного раствора. Диапазон определяемых содержаний осмия(IV) 10,3–46,4 мкг в 10 мл водной фазы.

Максимум светопоглощения наблюдается при 655 нм. Кажущийся молярный коэффициент светопоглощения экстрактов гексахлоросмиата(IV) метиленового голубого $\bar{\epsilon}_{655} = 3,5 \cdot 10^4$. Мольное соотношение катиона метиленового голубого к гексахлоросмиату(IV) в образующемся ионном ассоциате равно 2:1.

Обзор доступной литературы позволяет утверждать, что число работ, в которых описываются методы экстракционно-абсорбциометрического определения микроколичеств осмия с использованием органических основных красителей, крайне ограничено. Из основных красителей применялись в основном трифенилметановые красители [1–4], и есть лишь одна работа, в которой описано использование метиленового синего [5]. Определение осмия основано на взаимодействии роданидного анионного комплекса $[\text{Os}(\text{SCN})_6]^{2-}$ с катионом метиленового синего. При этом образуется ионный ассоциат, который флотируется из водного раствора толуолом, далее растворяется в ацетоне, после чего измеряется оптическая плотность полученных ацетоновых растворов. Подробное ознакомление с данной работой дает основание заключить, что разработанная в ней методика определения осмия(IV) имеет ряд существенных недостатков, одним из которых является то, что для образования анионного роданидного комплекса следует нагревать раствор при 100°C в течение 10 минут. При известной термической непрочности роданид-ионов в кислой среде эта процедура представляется нам сомнительной. Кроме того, в ней нет сведений о мешающем влиянии металлов платиновой группы, в то время как таковое практически неизбежно.

Целью настоящей работы является разработка нового экстракционно-абсорбциометрического метода определения осмия(IV), основанного на взаимодействии катиона метиленового голубого с гексахлоросмиатом(IV) и экстракции образующегося ионного ассоциата.

Экспериментальная часть. Стандартный запасной раствор осмия(IV) хлористоводородной кислоты $\text{H}_2[\text{OsCl}_6]$ готовили из стандартной ампулы, содержащей 74%-ный OsO_4 . Содержимое ампулы (1,86 г) растворяли в 5,0 моль/л растворе соляной кислоты, прибавляли 65%-ный раствор гидразин-гидрата и нагревали на водяной бане до полного растворения. Рабочие растворы осмия(IV) готовили соответствующим разбавлением исходного запасного раствора при помощи 0,01 моль/л соляной кислоты. Затем готовили водный раствор метиленового голубого. Точную на-

веску препарата красителя квалификации “для микроскопии” растворяли в дистиллированной воде.

Кислотность водной фазы регулировали добавлением соответствующего количества соляной кислоты, pH растворов контролировали с помощью pH-метра pH-121. На спектрофотометре СФ-16 сняли спектры светопоглощения и измеряли значения оптической плотности.

Было установлено, что гексахлоросмият(IV) взаимодействует с катионом метиленового голубого, образуя ионный ассоциат, который легко извлекается из водной фазы в органическую. В качестве экстрагентов были использованы различные органические растворители и их бинарные смеси. Наиболее эффективным экстрагентом, обеспечивающим практически полное извлечение ионного ассоциата при минимальных значениях оптической плотности “холостых” экстрактов, оказалась смесь (19+1) дихлорэтана с трихлорэтиленом. Объем водной фазы 10 мл, органической – 5 мл.

Были сняты спектры светопоглощения органических экстрактов ионного ассоциата, “холостых” экстрактов и водного раствора метиленового голубого. Во всех трех случаях максимальное светопоглощение наблюдается при 655 нм, что косвенно подтверждает факт образования именно ионного ассоциата. Образующиеся ионные ассоциаты могут экстрагироваться из водной фазы в органическую в определенном интервале кислотности. Пределы водной фазы определяются природой катиона органического основного красителя, а также термодинамической устойчивостью анионного комплекса металла и его устойчивостью по отношению к гидролизу. Как правило, этот интервал устанавливается экспериментальным путем. Экстракция ионных ассоциатов была изучена в широком интервале кислотности от pH 4,0 до 7,0 моль/л по соляной кислоте. Было установлено, что максимальные и постоянные значения оптической плотности экстрактов наблюдаются в небольшом интервале кислотности pH 3,5–2,5 по соляной кислоте. Оптимальная концентрация красителя обеспечивается добавлением 0,8–2,0 мл 0,05%-ного раствора метиленового голубого.

Образующийся ионный ассоциат практически количественно извлекается в оптимальных условиях при однократной экстракции в течение одной минуты, при этом степень извлечения $R = 99,3\%$. Оптическая плотность органических экстрактов остается неизменной в течение часа.

В оптимальных для образования и экстракции ионного ассоциата гексахлоросмията(IV) метиленового голубого прямолинейная зависимость между оптической плотностью экстрактов и содержанием осмия(IV) в водной фазе наблюдается в интервале 10,3–46,4 мкг в 10 мл водной фазы. Среднее значение кажущегося коэффициента молярного светопоглощения, рассчитанное из данных градуировочной кривой, при эффективной длине волны составляет $\bar{\epsilon}_{655} = 3,5 \cdot 10^4$.

Молярное соотношение между катионом метиленового голубого и гексахлоросмиятом(IV) в ионном ассоциате было определено методом прямой линии Асмуса и оказалось равным 2:1.

В оптимальных условиях было изучено также влияние большого числа посторонних и сопутствующих ионов на экстракцию осмия(IV). Определению 51,5 мкг осмия в 10 мл водной фазы не мешают сульфат- и хлорид-ионы в концентрации 0,5 моль/л, ионы алюминия, магния и кальция при содержании 250 мг/мл, ионы никеля(II), кобальта(II), марганца(II) – 100 мг/мл, ионы цинка и кадмия при содержании соответственно 25 и 2,5 мг/мл.

На основании полученных данных разработана методика экстракционно-абсорбиметрического определения осмия(IV) в катализаторах органического синтеза с пределом обнаружения $C_{\min}(0,95) = 0,66$ мкг/мл, рассчитанным по 3s-критерию.

1. Balcerzak M., Marczenko Z. – Microchem. J., 1984, v.30, No.3, p.397-403.
2. Li Zhenya, Zhao Minzheng – Anal.Chem., 1989, v.17, No.2, p.118-121.
3. Balcerzak M. – Anal. Chim. Acta, 1991, v.242, p.185-190.
4. Balcerzak M., Kowalczyk A. – Chem.Anal. (Poland), 1988, v.33, No.4, p.519-526.
5. Marczenko Z., Uscinska J. – Anal. Chim. Acta, 1981, v.123, p.271-277.

Ն.Օ.ԳՅՈԿՉՅԱՆ, Ա.Ա.ԵՐԻԱԶԱՐՅԱՆ, Զ.Ա.ՄԻՔԱՅԵԼՅԱՆ, Հ.Գ.ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

ՕՍՄԻՈՒՄԻ (IV) ՄԻԿՐՈԳՐԱՄԱՅԻՆ ՔԱՆԱԿՆԵՐԻ ԷԿՍՏՐԱԿՑԻՈՆ-ԱԲՏՈՐԲՑԻՈՄԵՏՐԱԿԱՆ ՈՐՈՇՈՒՄԸ ԹԻԱԶԻՆԱՅԻՆ ՇԱՐՔԻ ՆԵՐԿԱՆՅՈՒԹ ՄԵԹԻԼԵՆԱՅԻՆ ԿԱՊՈՒՅՏՈՎ

Ա մ փ ո փ ո մ

Հետազոտվել է Os (IV) քլորիդային անիոնային կոմպլեքսի փոխազդեցությունը քիազինային շարքի հիմնային ներկանյութ մեթիլենային կապույտով (ՄԿ): Առաջացած իոնական ասոցիատը էքստրահվում է դիքլորեթան-տրիքլորէթիլեն (19+1) քինար խառնուրդով: Մաքսիմում լուսականում դիտվում է $\lambda = 655$ նմ ալիքի երկարության տակ: Ջրային ֆազի օպտիմալ թթվությունն է pH 3,0 ըստ աղաթթվի: Ներկի անհրաժեշտ կոնցենտրացիան ապահովվում է մեթիլենային կապույտի 1,0 մլ 0,05% լուծույթի ավելացումով: Օսմիումի որոշվող կոնցենտրացիոն սահմաններն են 10,1-46,0 մկգ OS 10 մլ ջրային ֆազում: Մարման մոլային գործակցի միջին արժեքն է $\bar{\epsilon}_{655} = 3,5 \cdot 10^4$: Առաջացած իոնական ասոցիատը գործնականորեն քանակապես էքստրահվում է միանվազ էքստրակցիայով՝ 1 շուպե թափահարելով (R=99,3%): Իոնական ասոցիատի օրգանական էքստրակտների օպտիկական խտությունները մնում են հաստատուն 1 ժամ:

Առաջացած իոնական ասոցիատում [ՄԿ] : $H_2 [OsCl_6] = 2 : 1$, որը հաստատվել է Ասմուսի ուղիղ գծի եղանակով:

Ուսումնասիրվել է օսմիումին (IV) ուղեկցող և խանգարիչ իոնների ազդեցությունը էքստրակցիայի ընտրողականության վրա:

Ստացված տվյալների հիման վրա մշակվել է էքստրակցիոն-աբսորբցիոմետրական եղանակ օրգանական սինթեզի կատալիզատորներում օսմիումի (IV) որոշման համար:

УДК 541.18+541.362+541.124+542.92

Н.М.БЕЙЛЕРЯН, Г.Г.ГРИГОРЯН, М.Р.ТОВМАСЯН, А.А.МХИТАРЯН

ВЛИЯНИЕ УПРУГОВОЛНОВОЙ ОБРАБОТКИ НА АДсорбЦИОННЫЕ И КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИЛИКАГЕЛЯ

Увеличение селективности катализаторов в химических превращениях достигается различными способами: химической обработкой, модифицированием, облучением катализаторов [1], их обработкой под давлением (таблетирование) [2] и т.д.

В предлагаемой работе изучено влияние статического высокого давления (ВД) и упруговолновой обработки на адсорбционные и каталитические свойства особо чистого силикагеля с удельной поверхностью $S_{уд}=1,8 \cdot 10^5 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$, синтезированного в ИРЕА РЕАХРОМ.

Почти во всех исследованиях в области изучения влияния высокого давления в сочетании с деформацией сдвига (ВД+ДС) встречались с внезапными выбросами материалов из-под наковален или взрывом. В [3] показано, что взрыв является следствием потери механической устойчивости системы и характеризуется рядом критических параметров.

Обработка силикагеля производилась на установке типа "Наковален Бриджмана" с прессом с усилием 40т. Простое сжатие силикагеля до $2,5 \cdot 10^3 \text{ МПа}$ не привело к взрыву. Деформация сдвига, а также добавление к образцу капли воды приводило к взрыву. Величины удельной поверхности, измеренные по адсорбции воздуха, показали, что прессование существенно не изменяет поверхность $S_{уд}=1,74 \cdot 10^5 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$, а обработка ВД+ДС до взрыва уменьшает ее до $1,1 \cdot 10^5 \text{ м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$. После предварительной термовакуумной обработки образцов на микрокалориметре "ДАК-11" определены дифференциальные теплоты адсорбции ($Q_{ад}$) воды и пропаргилового спирта (ПС) в интервале $5 \cdot 10^{-3}$ - $3 \cdot 10^{-2}$ монослоя. $Q_{ад}$ воды с увеличением степени заполнения поверхности (α) от $0,5 \cdot 10^{17}$ до $3 \cdot 10^{17}$ молекул $\cdot \text{м}^2$ убывает от 125,4 до 54,4 $\text{кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$, что свидетельствует об энергетической неоднородности поверхности силикагеля. Обработка образца под давлением $2,5 \cdot 10^3 \text{ МПа}$ увеличивает $Q_{ад}$ на 8,36–12,54 $\text{кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$ при тех же заполнениях поверхности, что, наверное, связано с увеличением напряженности поверхностных силоксановых групп. $Q_{ад}$ образца, обработанного с ВД+ДС (что приводит к взрыву), более высокие и на 12,5–21 $\text{кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$ выше, чем для предыдущего образца. При этом при малых заполнениях разница с контрольным образцом больше, чем при больших α .

Природа кривых зависимости $Q_{ад}$ ПС от степени заполнения поверхности первых двух образцов аналогична с $a_{ад}$ воды, а на третьем образце $Q_{ад}$ остается высоким (167,2–175,6 $\text{кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$) в широком интервале заполнения.

Высокие значения $Q_{ад}$ воды и ПС свидетельствуют о том, что взрыв приводит к увеличению числа активных центров поверхности, несмотря на ее сокращение. Такими центрами могут стать напряженные силоксановые мостики, новые гидро-

кисильные группы и наконец ковалентно-ненасыщенные атомы кремния, образовавшиеся в результате взрыва.

Испытания каталитической активности обработанных силикагелей в хорошо изученных превращениях диметилэтинилкарбинола (ДМЭК) [4] показали, что обработка SiO_2 ВД увеличивает конверсию ДМЭК, а взрыв приводит к появлению нового направления превращения – изомеризации. Конверсия ДМЭК увеличивается от 20 до 40–50%, а выход продукта изомеризации достигает 38% в стационарном режиме, при этом подавляется направление реакции расщепления.

Сопоставляя приведенные результаты с данными [1], можно предположить, что физико-механическая обработка приводит к изменению характера и концентрации активных центров на поверхности силикагеля.

Кафедра физ. коллоидной химии, кафедра катализа

Поступило 01.03.1999

ЛИТЕРАТУРА

1. Бейлерян Н.М., Григорян Г.Г., Товмасыян М.Р. – Уч. зап. ЕГУ, 1987, №1, с. 156.
2. Гоникберг М.Г. Химическое равновесие и скорость реакций при высоких давлениях. М.: Химия, 1969.
3. Енколлопян Н.С., Мхитарян А.А. – ДАН СССР, 1989, т. 309, №2, с. 384.
4. Григорян Г.Г. Автореф. дис. на соискание уч.ст. канд. хим. наук. Ер.: ЕГУ, 1981, с. 18.

Ն.Մ.ԲԵՅԼԵՐՅԱՆ, Գ.Գ.ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Մ.Ռ.ԹՈՎԱՍՅԱՆ, Հ.Հ.ՄԽԻԹԱՐՅԱՆ

ԱՌԱՉԳԱԿԱՆ ԱԼԻԲԱՅԻՆ ՄՇԱԿՄԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՄԻԼԻԿԱԺԵԼԻ ԱԴՍՈՐԲՅՈՒՆ ԵՎ ԿԱՏԱԼԻՏԻԿ ՀԱՏՎՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՎՐԱ

Ա մ փ ո փ ո մ

Ցույց է տրվել, որ ստատիկ բարձր ճնշումը (25 կրամ) հանգեցնում է սիլիկաժելի մակերեսի փոքրացմանը և միաժամանակ ջրի և պրոպարգիլ սպիրտի ադսորբցիայի դիֆերենցիալ ջերմության աճին: Սիլիկաժելի առաձգական, բարձր ճնշումը համադրած սահքի դեֆորմացիայի հետ, մշակումը հանգեցնում են դիմեթիլ-էթինիլկարբինոլի կատալիտիկ փոխարկման խորացմանը և նոր ուղղության իզոմերիզացման առաջացմանը:

Ենթադրվում է, որ սիլիկաժելի ֆիզիկա-մեխանիկական մշակումը առաջ է բերում մակերեսի ակտիվ կենտրոնների կոնցենտրացիայի և բնույթի փոփոխում:

УДК 550.312

А.С.САРДАРЯН, М.А.ГРИГОРЯН, Г.М.АКОПЯН, В.П.ВАРДАНЯН

РЕЗУЛЬТАТЫ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ АРМЯНСКОЙ АЭС ЗА 1994-1997гг.

Армянская АЭС является наиболее важным объектом республики как в экономическом смысле, так и в энергетическом. Вот почему в целях безопасной эксплуатации станции на ее территории, наряду с комплексным геолого-геофизическим изучением, с 1994г. проводятся режимные гравиметрические наблюдения.

Настоящее сообщение посвящено результатам изучения аperiodических вариаций силы тяжести в районе АЭС.

Аралатская котловина характеризуется подчеркнутыми особенностями геологического строения, неотектоники, сейсмотектоники и геоморфологии, поэтому вкратце остановимся на тех сведениях, которые могут дать общее представление о структуре и современной динамике данной территории [1-3].

Современная геологическая эпоха во всем мире, в частности в Армении, характеризуется активизацией тектонических явлений. Под активизацией платформенных и складчатых областей понимается процесс заложения на относительно древнем консолидированном основании ее зон.

Анализ геологического развития отдельных регионов показывает, что явления тектонической активизации существовали в палеозое и даже докембрии, т.е. этот процесс является периодическим и характерным явлением "развития по спирали", осложняющим направленный ход образования крупных сегментов земной коры от геосинклиналей к платформе.

Профиль режимных гравиметрических наблюдений был выбран в крест существующих разломов. Измерения проведены в 7 точках высокоточными гравиметрами, причем наблюдения, начиная с октября 1993 по июнь 1994г., проводились двумя гравиметрами типа ГНУ-КС №476 и №500 и одним ГАК-Д, а с октября 1995 по 1997г. включительно – типа ГНУ-КС № 476 и №500. Указанные приборы характеризуются высокой чувствительностью и точностью отчета – около 0,008–0,03мГал, стабильностью параметров, линейным сползанием 0-пункта в 2–3 часовых рейсах и т.д. Необходимо отметить, что введение поправок на температуру в показании гравиметра является одной из основных проблем гравиметрической съемки. Температурные кривые, прилагаемые к паспорту каждого гравиметра, как правило, отличаются от действительных, а температурный коэффициент – величина не постоянная. Исходя из этих соображений, гравиметры типа ГНУ-КС неоднократно подвергались тщательным температурным испытаниям в разное время, а наблюдения с гравиметром мы старались вести на постоянном по величине и знаку градиенте температуры.

Во время полевых работ по возможности учитывались влияния микросейсмических колебаний, ликвидировать их однако полностью практически невозможно, так как они возникают по разным причинам (движение транспорта, работа промышленных предприятий, землетрясение, сильный ветер и др.). Чтобы по возможности

избежать влияния микроскопических колебаний, точки наблюдения (ДГП) были выбраны в местах с незначительными микросейсмическими колебаниями. Точки наблюдения находились в разных геодинамических условиях – в местах, удобных для подъезда автотранспорта. Из 9 имеющихся пунктов 3 (точки 1–3), находятся в районе АЭС по направлению к городу Мецамор, а 6(4–9) – к селу Уджан. Как нейтральная и в сейсмоактивном отношении стабильная зона выбрана точка 4, находящаяся вблизи АЭС. Среднеквадратичная ошибка отдельного измерения одного приращения силы тяжести составляет $\epsilon = \pm 0,015 \pm 0,020 \text{ мГал}$.

Анализ исследований вариаций силы тяжести за 1993–1997 гг. свидетельствует об отсутствии современных движений земной коры, сейсмоактивности соответственно вулканических процессов. Небольшие изменения силы тяжести в точках 5–7 находятся в пределах среднеквадратических ошибок гравиметров; ни в коем случае нельзя связывать их с тектоническими процессами. Рекомендуется подобные измерения проводить в течение эксплуатации АЭС при постоянных внешних условиях.

Кафедра геофизики

Поступило 02.02.1999

ЛИТЕРАТУРА

1. Асляян А.Т. Региональная геология Армении. Ер., 1959.
2. Габриелян А.А., Татевосян Л.К. Схема геолого-геофизического районирования Арм.ССР и смежных частей Антикавказа. – Изв. АН Арм. ССР: Науки о Земле, 1966, т. XIX, №2.
3. Габриелян А.А., Саркисян О.А., Симосян Г.П. Сейсмотектоника Армянской ССР. Ер.: Изд-во ЕГУ, 1981.

Ա.Ս.ՍԱՐԴԱՐՅԱՆ, Մ.Ա.ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Գ.Մ.ՀԱՎՈՒԹՅԱՆ, Վ.Պ.ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱՏՈՄԱԿԱՅԱՆԻ ՏԱՐԱԾՔՈՒՄ 1994-1997 ԹՎԱԿԱՆՆԵՐԻՆ
ԿԱՏԱՐԱԾ ԳՐԱԿԻՉԱՓԱԿԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԸ

Ամփոփում

Աշխատանքում բերված են 1994-1997 թվականներին ատոմակայանի տարածքում կատարված ծանրության ուժի ժամանակային փոփոխությունների արդյունքները, որոնցից երևում է, որ վերլուծիչյալ ժամանակահատվածում ուսումնասիրվող շրջանում ծանրության ուժի փոփոխություն և երկրի կեղևի ժամանակակից շարժումներ չեն եղել: Սա վկայում է տեղամասի սեյսմակայունության մասին:

СОДЕРЖАНИЕ

Р.М. Мартиросян – Ереванскому государственному университету 80 лет 3

МАТЕМАТИКА

М.Ю. Мовсисян, С.М. Нариманиян – Равномерная распределенность случайных блужданий на счетных группах 7

А.А. Машурян, Г.Р. Асатрян – О классификации арифметических формул на основе классификации М-арифметик 12

Э.А. Мирзаханиян – О некоторых свойствах бесконечномерных гомотопических групп подмножеств гильбертова пространства 17

А.М. Мовсисян – Категорный вариант теоремы Голди 25

МЕХАНИКА

В.Ж. Айрапетян, Н.А. Кутузян, Д.Л. Овсепян – Антиплоские задачи для анизотропных неоднородных клиньев 30

К.В. Папоян, А.А. Геворгиян, А.Г. Цатурян – Об устойчивости поверхностных волн в слое вязкой проводящей жидкости в электрическом поле 38

ФИЗИКА

Л.С. Аслабян – Поверхностные электромагнитные волны в среде из двухуровневых атомов 42

В.Б. Пахалов – Пространственно-временная аналогия в экспериментах по счету фотонов 47

ХИМИЯ

Г.Г. Дарбинян – Основные органические красители как амперометрические реагенты. XV. Изучение электрохимического поведения тетра-, три- и диметилтinionов на твердых электродах 52

Д.С. Гайбабян, А.А. Вердян, А.С. Сааков, Л.Г. Арустамова – Фельзит – сорбент для тонкослойной хроматографии редких элементов 56

К.И. Атаян, А.С. Сагиян – Малоотходная технология выделения и очистки L-пролина из ферментационных растворов микробиологического производства 59

К.М. Ерицяц, Г.П. Пирумян, С.К. Григорян, М.Л. Ерицяц – Новые диаллильные производные изотиануровой кислоты, содержащие аминокислотные группы 66

Р.С. Арутюнян, А.Ж. Амбарцумян, Г.С. Симонян, Н.М. Бейлерян – Влияние добавок и температуры на закономерности мицеллообразования бромидо додецилтриметиламмония в водной среде 70

БИОЛОГИЯ

М.А. Давтян, Дж.А. Вардапян, И.В. Гогинян – Субстратная индукция аргиназы проростков гороха 75

К.Г. Карагезян, М.М. Мелкоян, Г.А. Овелян, А.Г. Мартиросян, А.Г. Хачатрян – Изменения фосфолипидного состава эритроцитарных мембран и интенсивности процессов свободнорадикального окисления в крови белых крыс при односторонней ганглиосимпатэктоми и ее сочетании с острым акустическим стрессом 79

Н.Р. Акопян – Действие эстрадиола на состав фосфоинозитидов ядерного матрикса клеток головного мозга крыс 84

Е.Н. Шербакoвa, М.К. Мкртумян, Ю.Г. Попов – Морфофизиологическая характеристика каллусной ткани марены красильной	87
Дж.Г. Абрамян, И.В. Шахазизян – Воздействие выбросов завода “Поливинилацетат” на структуру комплексов микромицетов почв	92

ГЕОЛОГИЯ

В.П. Вардамян, Р.С. Мивасян – Погребенный рельеф и распределение подземного стока массива горы Арагац (по данным геофизических исследований).....	98
А.С. Аванесян, О.А. Саркисян – Геологическое строение очаговых зон сильных землетрясений Армении (сообщение 1)	105

ГЕОГРАФИЯ

А.С. Бальян – Геохимические аспекты высотной ландшафтной поясности Армянского вулканического нагорья (на примере Республики Армения).....	115
А.Ю. Саядян – Обводнение Варденисского вулканического нагорья в новых условиях приватизации.....	119

СООБЩЕНИЯ

Р.Х. Адамян, М.Г. Арутюнян, С.А. Нерсисян, Г.С. Дамазян, Т.В. Санамян, С.К. Григорян – Влияние состава растворителя на качество кристаллов $\text{KTiOPO}_4(\text{КТР})$	124
Н.О. Геокчян, А.А. Егиазарян, Дж.А. Микаелян, А.Г. Хачатрян – Экстракционно-абсорбциометрическое определение микрограммовых количеств осмия (IV) тиазиновым красителем метилснoвым голубым	126

ПИСЬМО В РЕДАКЦИЮ

Н.М. Бейлерян, Г.Г. Григорян, М.Р. Товмасян, А.А. Мхитарян – Влияние упруговолновой обработки на адсорбционные и каталитические свойства силикагеля.....	129
А.С. Сардарян, М.А. Григорян, Г.М. Акопян, В.П. Вардамян – Результаты гравиметрических исследований на территории Армянской АЭС за 1994-1997 гг.	131

CONTENTS

R.M.Martirosian – Yerevan State University was established 80 years ago.....	3
-------------------------------------------------------------------------------------	---

MATHEMATICS

M.Yu.Movsisian, S.M.Narimanian – Random walks uniformly distributed on the countable groups	7
H.A.Mashurian, G.R.Asatrian – About classification of arithmetical formulas on the basis of classification of M-arithmetics	12
E.A.Mirzakhanian – Some properties of infinite-dimensional homotopic groups of subsets of Hilbert space	17
A.M.Movsisian – Categorical version of Goldie theorem	25

MECHANICS

V.J.Hayrapetian, N.A.Kutuzian, D.L.Hovsepian – Antiplane problems for anisotropic nonhomogeneous wedges	30
K.V.Papoyan, A.H.Gevorgian, A.G. Tsaturian – About stability of surface waves in the layer of viscous conductive liquid in the electric field	38

PHYSICS

L.S.Aslanian – Surface electromagnetic waves in two level atoms system	42
V.B.Pakhlov – Space-time analogi in the experiments on photon count	47

CHEMISTRY

H.H.Darbinian – Basic organic dyes as amperometric reagents. XV. The investigation of electrochemical behavior of tetra-, tri- and dimethylthionin on solid electrodes	52
D.S.Gaibakian, A.A.Verdian, A.S.Sahakov, L.G.Arustamova – Phelzit as sorbent in thin-layer chromatography of rare elements	56
K.I.Atayan, A.S.Saghiyan – The low-waste method of L-proline isolation and purification from the enzymatic mixture of microbiological synthesis	59
K.M.Yeritsyan, G.P. Pirumian, S.K.Grigorian, M.L.Yeritsyan – New diallyl derivatives of izocianuratic acid, wich contains residuums of aminoacids	66
R.S.Harutyunian, A.J.Hambartsumian, G.S.Simonian, N.M.Beylerian – Influence of additions and temperature on the regularities of micelle formation by dodecyltrimethylammonium bromid aqueous medium	70

BIOLOGY

M.A.Davtian, J.A.Vardanian, I.V.Goginian – Substrate induction of pea shoots' arginase	75
K.G.Karagezian, M.M.Melkonian, G.A.Hoveyan, A.H.Martirosian, A.G.Khachatryan – The changes of phospholipid content of erythrocyte membranes and intensity of processes of free radical oxidation in blood of white rats at unilateral gangliosympathectomy and its combination with acute acoustic stress ...	79
N.R.Akopyan – Effect of estradiol on phosphoinositide composition of rat brain cells' nuclear matrix	84

E.N.Shcherbakova, M.K.Mkrtoumian, Y.G.Popov – Morphophysiological characteristics of callus tissue of dyer's madder	87
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

J.H.Abrahamian, I.V.Shahazizian – The influence of "Polyvinylacetate" factory outbreak on structure of soil Micromycetes complexes	92
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

GEOLOGY

V.P.Vardanian, R.S.Minasian – Buried relief and underground runoff distribution of Aragats mountain massive (by geophysical investigation's data)	98
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

A.S.Avanessian, H.H.Sargsian – The geological structure of strong earthquake source zones of Armenia (report 1)	105
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

GEOGRAPHY

H.S.Balian – Geochemical aspects of high-altitude landscape zones of Armenian volcanic highland (on the pattern of Republic of Armenia)	115
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

H.Y.Sayadian – Water supply problems in Vardenis volcanic plateau	119
--------------------------------------------------------------------------------	-----

COMMUNICATIONS

R.Ch. Adamian, M.G.Arutunian, S.A.Nersisian, G.S.Damazian, T.V.Sinanian, S.K.Grigorian – The solvent composition influences on quality of the crystals KTP	124
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

N.O.Geokchian, A.A.Eghiazarian, J.A.Mickaelian, A.G.Khachatryan – Extraction-absorptiometric determination of Osmium(IV) by methylene blue thiazinic dye	126
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

LETTER TO THE EDITOR

N.M.Beylerian, G.G.Grigorian, M.R.Tovmassian, H.A.Mkhitarian – Influence of elastic wave treatment on silicagel adsorption and catalytic properties	129
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

A.S.Sardarian, M.A.Grigorian, G.M.Hakopian, V.P.Vardanian – The results of the gravimetric research on the territory of Armenian NPP during 1994-1997 years	131
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

ՄԱՆՈՆԵՐ ԼԵՂԻՆԱԿՆԵՐԻ ԿԱՄԸ

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

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

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

4. Հոդվածի հետ առանձին էջով ներկայացվում է հեղինակի ազգանունը, հոդվածի վերնագիրը և ամփոփումը անգլերեն լեզվով, արձանագրությանը քաղվածքը այն ամբիոնից, հրտեղ կատարվել և քննարկվել է աշխատանքը, և համաձայնագրի ակտը:

5. Թույլատրվում է Ե-ից՝ այլ ավելի մկար երկու օրինակից (հստակ լուսանկար կամ գծագրեր՝ արված սև տուշով առանձին սպիտակ թղթի վրա): Յուրաքանչյուր մկարի հակառակ կողմի վրա գրվում է կարգային համարը, հոդվածի վերնագիրը և հեղինակների ազգանունները: Տեքստի լուսանկարներում նշվում են մկարների և աղյուսակների տեղերը: Նկարների քաղատրությունները անհրաժեշտ է ներկայացնել առանձին էջի վրա ըստ հերթականության:

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

7. Բանաձևերը գրվում են պարզ և ազատ սև տուշով կամ թանաքով: Անհրաժեշտ է մե մատիտով նշել իրար նմանվող մեծատառերը և փոքրատառերը (S , \bar{S} , V , \bar{V}) ինդեքսները և ցուցիչները (A^3 , $B_{\bar{2}}$): Կարմիր մատիտով ընդգծել հունական տառերը:

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

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

10. Հոդվածը ստորագրվում է քյոր հեղինակների կողմից:

11. Խմբագրությունը հեղինակին տալիս է առաջին սրբագրությունը, որտեղ ուղղման ենթակա են միայն տարագրության սխալները: