ՀՍՍՀ ԳԱ Տեղեկագիր

ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՐԿՐԻ ՄԱՍԻՆ

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

EARTH SCIENCES

Журнал основан в 1943 г., выходит 6 раз в год
на русском и армянском языках

ԽՄԲԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈԼԵԿՏԻՎ

ՀՍՍՀ ԳԱ ակադ. Ա. Տ. Ասլանյան, *տեխն. գիտ. թեկն.* Ս. Վ. Բապայան, *ՀՍՍՀ ԳԱ թղթ.-անդամ* Ա. Ի. Պապյան, *ՀՍՍՀ ԳԱ ակադ.* Ա. Հ. Գաբրիելյան *(պատասխանատու խմբագիր), երկրա-հանք. գիտ. դոկտ.* Ա. Ի. Կարապետյան, *երկրա-հանք. գիտ. թեկն.* Է. Խ. Գուլյան, *երկրա-հանք. գիտ. թեկն.* Ի. Մ. Մելիքսետյան, *երկրա-հանք. գիտ. թեկն.* Կ. Գ. Շիրինյան, *երկրա-հանք. գիտ. թեկն.* Ի. Տ. Միրիջանյան, Է. Ա. Խաստոմովա *(պատասխանատու քարտուղար), ՀՍՍՀ ԳԱ թղթ.-անդամ* Գ. Ի. Տեր-Ստեփանյան, *երկրա-հանք. գիտ. թեկն.* Ա. Ս. Ֆարամազյան *(պատասխանատու խմբագրի տեղակալ)*։

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Акад. АН АрмССР *А. Т. Асланян*, член-корр. АН АрмССР *А. Б. Бабаджарян*, канд. техн. наук *С. В. Бабалян*, академик АН АрмССР *А. А. Габриелян* (ответственный редактор), канд. геол.-мин. наук *Э. Х. Гулян*, доктор геол.-мин. наук *А. И. Карапетян*, канд. геол.-мин. наук *Б. М. Меликсетян*, канд. геол.-мин. наук *Р. Т. Мириджанян*, *Э. С. Ростомова* (ответственный секретарь), член-корр. АН АрмССР *Г. И. Тер-Степанян*, канд. геол.-мин. наук *А. С. Фарамазян* (зам. ответственного редактора), канд. геол.-мин. наук *К. Г. Ширинян*.

Խմբագրության հասցեն՝ 375019, Երևան 19, Մարշալ Բագրամյանի պող. 24ա
Адрес редакции: 375019, Ереван, 19, пр. Маршала Баграмяна, 24а

© Издательство АН Арм. ССР
Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1987

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՐԿՐԻ ՄԱՍԻՆ

№ 4 հատոր XL 1987

Arc409

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Ա. Հ. Գաբրիելյան. *Երկրի մասին գիտությունների բնագավառում 1986 թ. գիտահետազոտական աշխատանքների հիմնական արդյունքները* 3

Ի. Տ. Ջրբաշյան, Կ. Մ. Մուրադյան, Ս. Հ. Ալիքգյոզյան, Հ. Պ. Գույումջյան, Ս. Ա. Յոճբարյան, Ա. Ի. Կարապետյան, Հ. Հ. Միրզոյան, Է. Մ. Նալբանդյան, Ի. Հ. Սարգսյան, Ռ. Ա. Խորենյան. *Տնական մագմատիկ ակտիվության մարգերի հնէահրաբխային կառույցները և նրանց հետ ներծին հանքայնացման կապը (Հայոց բնատարածքի օրինակով)* 23

Շ. Հ. Ամիրյան, Գ. Հ. Փիջյան, Ա. Ս. Ֆարամազյան. *Թևդուտի հանքավայրի միներալացման փուլերը և հանքանյութերի միներալները* 31

Ի. Պ. Մարտիրոսյան, Ս. Ա. Փիրուզյան. *Տեսական անչամամիկրոշրջանացման որոշ ասպեկտները* 44

Գ. Ի. Թորոյան, Վ. Ի. Խվորոստյանով. *Օրոգրաֆիկ ամպերի վրա ներգործման մի նմանակող մոդել՝ Սևանա լճի ավազանում տեղումների քանակն ավելացնելու նպատակով* 51

ՀԱՄԱՌՈՏ ՀԱՂՈՐԴՈՒՄՆԵՐ

Հ. Մ. Ավչյան, Տ. Ա. Իսմայիլ-Զադե, Գ. Գ. Մարկոսյան, Ս. Ն. Նազարեթյան. *Ադրբեջանի որոշ հնէակառույցների առանցքների ուղղությունների և նրանց հիմնադրման ժամանակաշրջանի երկրամագնիսական դաշտի փոխհարաբերությունը* . . . 61

Ա. Ա. Վարդանյան. *Երկրամագնիսական դաշտի հնէադարավոր փոփոխություններն ըստ Սևանա լճի նստվածքային ապարների (Նորաշենի կտրվածք)* 64

Տ. Վ. Տոնոյան, Ա. Գ. Թոփչյան. *Պիրոֆիլլիտի սեյսմաէլեկտրական բևեռացման անհամասեռության հետազոտությունը* 66

Մ. Խ. Մկոյան. *Երկրաշարժային ալիքների դինամիկայի ուղիղ խնդիրների մոտավոր լուծման մասին* 70

Ա. Մ. Ավետիսյան. *Երկրաշարժերի օջախի կոորդինատների որոշման ժամանակ ցանցի օպտիմացման հարցի վերաբերյալ* 73

Ս. Ի. Մնացյան, Ս. Գ. Հայրոյան. *Կողաշարժի ընթացքում ուղղող գետնահողային խառնուրդի աղքայնության ամրությունը և օրինաչափությունը* 76

СОДЕРЖАНИЕ

А. А. Габриелян. Основные результаты научно-исследовательских работ в области наук о Земле за 1986 г 3

Р. Т. Джрбашян, К. М. Мурадян, С. О. Ачикезян, О. П. Гюмджян, С. А. Зограбян, А. И. Карапетян, Г. Г. Мирзоян, Э. М. Налбандян, Р. А. Саркисян, Р. А. Хоренян. Палеовулканические структуры областей с длительной магматической активностью и связь с ними эндогенного оруденения (на примере территории Армянской ССР) 23

Ш. О. Амирян, Г. О. Пиджян, А. С. Фарамазян. Стадии минерализации и минералы руд Техутского месторождения 31

Р. П. Мартиросян, С. А. Пирузян. Некоторые аспекты теоретического сейсмомикрорайонирования 44

Г. Р. Тороян, В. И. Хворостьянов. Имитационная модель воздействия на орографические облака с целью увеличения осадков в бассейне оз. Севан . 51

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Г. М. Авчян, Т. А. Исмаил-Заде, Г. Г. Маркосян, С. Н. Назаретян. Соотношение направлений осей некоторых палеоструктур Азербайджана и геомагнитного поля периода их заложения 61

А. А. Варданян. Палеовековые вариации геомагнитного поля по осадочным породам озера Севан (разрез Норашен) 64

Т. В. Тоноян, Х. Д. Топчян. Исследование анизотропии сейсмоэлектрической поляризации пирофиллита 66

М. Х. Мкоян. О приближенном решении прямых задач динамики сейсмических волн 70

А. М. Аветисян. К вопросу оптимизации сети при определении координат очага землетрясений 73
С. Р. Месчян, С. Г. Айроян. Прочность и закономерность ползучести набухающей грунтовой смеси при сдвиге 76

CONTENTS

A. H. Gabriellan. The general results of scientific-research works in the field of Earth sciences during 1986 3
R. T. Djerbashian, K. M. Muradian, S. H. Achikgueozian, H. P. Guyumdjian, S. A. Zohrabian, A. I. Karapetian, H. G. Mirzoyan, E. M. Nalbandian, R. H. Sarkisian, R. A. Khorenian Prolonged magmatic activity regions paleovolcanic structures and endogenous mineralization (the Armenian SSR territory as an example) 23
Sh. H. Amirian, G. H. Pidjian, A. S. Faramazian. Mineralization stages and ores minerals of Teghut ore deposit 31
R. P. Martirosian, S. A. Piruzian. Some aspects of the theoretical seismic microzoning 44
G. R. Toroyan, V. I. Khvorostianov. A simu ation model of orographic cloud seeding for precipitation enhancement in the Sevan lake basin . . . 51

SHORT REPORTS

H. M. Avchian, T. A. Ismail-Zadeh, G. G. Markosian, S. N. Nazaretian, The Azerbaijan some paleostructures axes directions and their foundation period geomagnetic field correlation 61
A. A. Vardanian. The geomagnetic field paleosecular variations by Sevan lake sedimentary rocks (Norashen section) 64
T. V. Tonoyan, Kh. D. Topchian. The pyrophyllite seismoelectrical anisotropy investigation 66
M. Kh. Mkoyan. On the seismic waves dynamics direct problems appoximate solution 70
A. M. Avetisian. On the problem of net optimization during the earthquakes focus coordinates determination 73
S. R. Meschian, S. G. Hairoyan. The creep strenght and regularity of the plumping ground mixture at a displacement 76

Հայկ ՍՍՀ ԳԱ Տեղեկագիր, գիտ. երկրի մասին, XL, № 4, 3—22, 1987

Ա. Հ. ԳԱԲՐԻԵԼՅԱՆ

ԵՐԿՐԻ ՄԱՍԻՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԲՆԱԳԱՎԱՌՈՒՄ 1986 Թ. ԳԻՏԱՀՆՏԱԳՈՏԱԿԱՆ ԱՇԽԱՏԱՆՔՆԵՐԻ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔԵՐՆ ՈՒ ԽՆԴԻՐՆԵՐԸ

(Հաշվետու զեկուցում ՀՍՍՀ ԳԱ Ֆիմիական և երկրաբանական գիտությունների բաժանմունքի երկրաբանական սեկցիայի բնդհանուր ժողովում՝ 28.04.87 թ.)

Մեր երկրի ժողովրդական տնտեսության բոլոր բնագավառներում սոցիալ-տնտեսական զարգացման, արագացման, վերակառուցման ու վերափոխման, դեմոկրատացման, հրապարակայնացման վիթխարի փոփոխություններ են տեղի ունենում։ Այդ վերափոխման պրոցեսներում իր ուրույն և հույժ կարևոր դերն ունի գիտությունը։

Կուսակցության հունվարյան և հետագա պլենումների և կառավարական մարմինների որոշումների լույսի տակ նոր խնդիրներ են առաջ քաշվում գիտության առջև, որոնց լուծման համար յուրովի մոտեցում է պահանջվում գիտական պրոբլեմների, ինստիտուտների կառուցվածքի, կադրերի նկատմամբ այն հաշվով, որպեսզի գիտական հետազոտություններն ավելի նպատակասլաց բնույթ կրեն և ուղղված լինեն առավել կարևոր, արդիական, հեռանկարային բնույթի խնդիրների լուծմանը։

Հաշվետու ժամանակաշրջանում սեկցիայի և բաժանմունքի նիստերում քննարկվել են բազմաթիվ (մոտ 60) գիտական և գիտակազմակերպական հարցեր, ընդ որում հատուկ ուշադրություն է դարձվել կառավարական հանձնարարություններին և նրանց որոշումներից բխող խնդիրներին։

Քննարկվել են 1986 և 1987 թվականների, 1986—2005 և մինչև 2010 թվականների կոնկրետ ու հեռանկարային պլանները, ներդրման պլանները, ինստիտուտների նոր կառուցվածքները և ՍՄԿԿ 27-րդ և ՀԿԿ 28-րդ համագումարների որոշումներից բխող խնդիրների կատարման միջոցառումները։ Ինստիտուտների կողմից կատարվել է գիտաշխատողների և ինժեներատեխնիկական անձնակազմի որակավորում և նրանք անցել են վճարման նոր համակարգին։

Կանգ առնենք քննարկված հարցերից մի քանիսի՝ առավել կարևորների վրա։

Մեր հանրապետության համար ամենակարևոր և այժմեական պրոբլեմներից մեկը, որի մշակմանը մասնակցում են համարյա բոլոր գիտական հաստատություններն ու շատ արտադրական հիմնարկներ, դա «0.74.03» երկրաշարժերի կանխագուշակման և սեյսմակայուն շինարարության նոր մեթոդների մշակման պրոբլեմն է։ Կազմված է այդ գծով տարվող հետազոտությունների բավական մանրամասն կոորդինացիոն պլան, որը բոլոր շահագրգռված հիմնարկների ներկայացուցիչների մասնակցությամբ քննարկվել և հաստատվել է սեկցիայի ընդլայնված նիստում։ Այդ կապակցությամբ ցանկանում եմ նշել հետևյալը։ Մի քանի տարվա ընդմիջումից հետո Գառնիի երկրաֆիզիկական դիտակայանը ԳԱԱ նախագահության որոշմամբ կրկին վերադարձվեց Երկրաֆիզիկայի և ինժեներային երկրաշարժաբանության փորձնամեթոդական սեյսմականխագուշակման արշավախմբին։ Հարկ է շեշտել, որ Գառնիի դիտակայանը եզակի կառույց է, որտեղ ստեղծված են բոլոր հնարավորությունները՝ սարքավորումներ, լաբորատորիաներ, աշխատանքային և այլ հարմարություններ, բեղմնավոր աշխատանքի համար։ Այն կարող է դառնալ մեր երկրում նման հետազոտությունների կենտրոններից

մեկը։ Հարկավոր է միայն, որ մեր գիտական հաստատությունները հնարավորություն հանդես բերեն և օգտագործեն այդ հնարավորություններն։

ՀՍՍՀ Պետպլանի հանձնարարությամբ ընդհանրացված են այդ ուղղությամբ հանրապետությունում 1979—1985 թթ. ժամանակաշրջանում կատարված գիտահետազոտական աշխատանքների արդյունքները և 1986—1990 թթ. համար հետազոտությունների նոր պլան է կազմված։

Մինիստրների խորհրդի հանձնարարությամբ կազմված է նաև 1986—1990 թթ. հանրապետության ընդերքում ստորերկրյա ջերմային ռեսուրսների հայտնաբերման ու դրանց օգտագործման ուղղությամբ տարվող հետազոտությունների պլան։

Կոորդինացիոն խորհրդի հետ համատեղ հաստատվել է երկրաբանական և երկրաֆիզիկական գիտությունների գծով մի քանի հանրապետական պրոբլեմների համատեղ աշխատանքների կոորդինացիոն պլան։

Բաժանմունքի բյուրոյի ընդլայնված նիստում քննարկվել է Ղափանի մետալուրգիական լաբորատորիայի գործունեությունը։ Պարզվում է, որ լաբորատորիայում լուրջ հետազոտություններ են կատարվում հանքաքարից օգտակար բաղադրիչների կորզման առավել ռացիոնալ մեթոդների մշակման, դրանց անթափոն, համալիր օգտագործման ուղղությամբ։ Ջնայած այդ լաբորատորիայի առաջարկները քննարկվել և հավանության են արժանացել մեր երկրի հեղինակավոր գիտական կազմակերպությունների կողմից (ՍՍՀՄ Գ.Ա. Բայկովի անվան Մետալուրգիայի գիտահետազոտական ինստիտուտ և այլն), ցավոք սրտի, նրանց մտահղացումները դեռ գործնական կիրառություն չեն գտել։ Այդ հարցը շուտով քննարկվելու է մեր ակադեմիայի նախագահությունում և պետք է հուսալ, որ այն դրական լուծում կստանա։

Մեր սեկցիայի ընդլայնված նիստում և ապա Գ.Ա. Նախագահությունում քննարկվեց Վերգետնյա-տիեզերական երկրաֆիզիկական սեյսմականխագուշակման համակարգերի հատուկ կոնստրուկտորական բյուրոյի գործունեությունը։ Պարզվեց, որ այդ հիմնարկի աշխատանքներում տեղ են գտել դիտական, գիտակազմակերպչական, ֆինանսական լուրջ թերություններ։ Նախագահության որոշմամբ ճշտվել է կոնստրուկտորական բյուրոյի գիտական պրոֆիլը, իսկ երկրաշարժերի կանխագուշակման գծով հետազոտություններ կատարող երկրաֆիզիկոսների խումբը՝ համապատասխան լաբորատոր սարքավորումներով հանդերձ, ինչպես նաև Գառնիի դիտակայանը, հանձնվել են Երկրաֆիզիկայի և ինժեներային երկրաշարժաբանության ինստիտուտի փորձնամեթոդական սեյսմականխագուշակման արշավախմբին։

Մի քանի խոսք մեր ամսագրի գործունեության մասին։ Հայտնի է, որ ամսագրերն ու մենագրությունները միակ աղբյուրն են, որոնց միջոցով գիտական հասարակայնությունը հանրապետությունում, առավել ևս նրա սահմաններից դուրս, գաղափար են կազմում մեզ մոտ տարվող հետազոտությունների արդյունքների մասին։

Այստեղից բխում է այդ հրատարակությունների պատասխանատվությունը գիտական նվաճումները ճիշտ, անկանխակալ ու լիարժեք արտացոլելու գործում։ Մեր ակադեմիայի բաժանմունքներին կից ստեղծված են հատուկ սեկցիաներ, որոնք պետք է վերահսկեն այդ հրատարակությունները։ «ՀՍՍՀ Գ.Ա. տեղեկագիր. գիտություններ Երկրի մասին» ամսագրի գործունեությունում որոշակի դրական տեղաշարժեր են նկատվում։ Նրա ծավալի առավել ռացիոնալ օգտագործման հետևանքով հնարավոր է դարձել տարեկան մոտ 10 հոդված ավելի տպագրել. բոլոր հոդվածներն առանց բացառության գրախոսվում են. սովորություն է դարձել հրատարակված մենագրությունների գրախոսումը, ընդ որում, գրախոսմանը մասնակցում են ինչպես մեր հանրապետության մասնագետներն, այնպես էլ այլ քաղաքների գիտնա-

կաններըւ Ամսագրում պետք է ունենալ «Քննադատություն և վիճաբանություն» բաժին, որտեղ կգրախոսվեն ոչ միայն մենագրական աշխատությունները, այլև առանձին հոդվածներըւ Մեր կարծիքով, սա այն բնագավառներից մեկն է, որտեղ պետք է կիրառվի մտքերի, տարբեր կարծիքների ապատությունըւ

Ակադեմիայի Նախագահության որոշմամբ պետք է ստուգվեն բոլոր պարբերականների գործունեությունըւ Հատուկ հանձնաժողովը ստուգեց մեր ամսագրի վերջին տարիների գործունեությունը, ստուգման արդյունքները քննարկվեցին սեկցիայի նիստումւ Պարզվեց, որ դրական տեղաշարժերի կողքին կան և թերություններ, միջոցառումներ առջարկվեցին ամսագրի գործունեությունն ավելի արդյունավետ դարձնելուն նպատակովւ

ԳԱ Նախագահության և ՀՍՍՀ Պետշինի որոշմամբ ՀՍՍՀ ճարտարապետության և շինարարության գիտահետազոտական ինստիտուտի գիտամեթոդական ղեկավարությունը դրվել է մեր ակադեմիայի վրա (այսինքն, այդ ինստիտուտն այժմ կրկնակի ենթակայության կարգավիճակ ունի), որը հնարավորություն է ընձեռնում էլ ավելի սերտ զուգակցելու ինժեներային երկրաշարժաբանության ու սեյսմակայուն շինարարության մեթոդների մշակման գծով տարվող հետազոտություններըւ

Հարկ է նշել, որ զգալի դժվարություններ հաղթահարելուց հետո, Երևանի պետական համալսարանում ստեղծվեց երկրաբանական գիտությունների գծով դիսերտացիաների պաշտպանության մասնագիտացված խորհուրդ. այժմ մեր երիտասարդ գիտնականները երեք մասնագիտությունների գծով՝ «ընդհանուր և ռեգիոնալ երկրաբանություն», «օգտակար հանածոների որոնում և հետախուզություն» և «օգտակար հանածոների հանքավայրերի որոնման երկրաֆիզիկական մեթոդներ», կարող են թեկնածուական դիսերտացիաներ պաշտպանել։ Իրագործելի հնարավորություններ կան նաև դոկտորական դիսերտացիաներ պաշտպանելու իրավունք ստանալու համարւ Սակայն, ցավոք սրտի, մեր երիտասարդները և գիտական հաստատությունները հարկ եղած ջանասիրություն չեն հանդես բերում այս հարցումւ Շուտով մեկ տարի կլրանա այդ խորհրդի հաստատման օրից, այնինչ ընդամենը մեկ մարդ է դիսերտացիա պաշտպանելւ Եթե այդպես շարունակվի, ապա մենք կզրկվենք այդ իրավունքիցւ

Գիտական հետազոտությունների հիմնական արդյունքները

Հաշվետու տարում մեր գիտական ու գիտաարտադրական հաստատությունները զգալի նվաճումներ են ձեռք բերել Հայաստանի բնատարածքում երկրակեղևի ուսումնասիրման բնագավառում։

Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտում հետազոտություններ են կատարվել 10 պրոբլեմների (17 թեմա) գծով, որոնք ընդգրկում են հանրապետության ռեգիոնալ երկրաբանության և ֆիզիկական աշխարհագրության հիմնական ուղղությունները՝ շերտագրությունն ու տեկտոնիկան, մագմատիզմն ու օգտակար հանածոների տեղաբաշխման օրինաչափությունները, երկրաբիմիան, ինժեներային երկրաբանությունն ու ջրաերկրաբանությունը, ֆիզիկական աշխարհագրությունըւ

Ինստիտուտը մասնակցում է համամիութենական երկու գիտատեխնիկական և միջպետային երեք գիտական ծրագրերի մշակմանը, համատեղ աշխատանքներ է կատարում հանրապետության և միութենական գիտական և արտադրական այլ կազմակերպությունների հետւ

Ղեկավար մարմինների հանձնարարությամբ մի շարք եզրակացություններ են տրվել տարբեր ժողովրդատնտեսական օբյեկտների ինժեներաերկրաբանական պայմանների վերաբերյալւ

Նշենք կատարված աշխատանքներից մի քանիսը։ Շարունակվել են տեսական հետազոտությունները Երկրի ներքին կառուցվածքի և դինամիկայի վերաբերյալ, մշակվել են երկրակեղևի տիպային երկրակառույցների և երկրադինամիկ իրադրությունների համալիր մոդելներ։

Նոր տվյալներ են ստացվել օֆիոլիտային ֆորմացիաների վերաբերյալ։ Վեդու օֆիոլիտային գոտում հայտնաբերվել է մագնեզիումի բարձր պարունակության պիկրոդոլերիտների և պիկրոբազալտների գնդաձև լավաների երկու հորիզոն, որոնց մեջ առանձնացված են բարձր մագնեզիումային ցածր ալկալային և չափավոր մագնեզիումային ալկալային տարբերակներ։ Ըստ մի շարք պետրոքիմիական առանձնահատկությունների, դրանց հալման ջերմաստիճանը համապատասխանում է վերին պատյանի հալոցքներին։

Կազմված է Տավրոս-Կովկասյան մարզի ակտիվ բեկվածքների և լիթոսֆերի քարտեզի էսքիզը, առանձնացվել են առավել ակտիվ բեկվածքները և նրանց հետ կապված երկրաշարժերի օջախները։

Տպագրության է պատրաստված Բուլղարիայի, Կովկասի, Առաջավոր Ասիայի տիեզերատեկտոնական քարտեզը։ Ավարտված է «Անդրկովկասի վերին պերմի և ստորին տրիասի կոնոդոնտների կենսաշերտագրական նշանակությունը» մենագրությունը, տրված է ՀՍՍՀ պերմ-տրիասյան նստվածքների զոնալ ստորաբաժանումը և դրանց կտրվածքների համահարաբերակցությունը Թեթիսի մյուս մարզերի կտրվածքների հետ։ Հիմնավորված է պերմի և տրիասի սահմանային նստվածքների կտրվածքի անընդհատությունը, որը կարևոր նշանակություն ունի այդ երկրաբանական համակարգերի սահմանի հարցի լուծման համար։

Պատրաստված է «Փոքր Կովկասի ուշ յուրայի—նեոկոմի նստվածքագոյացումը» մենագրությունը, ավարտված է «ՀՍՍՀ պալեոգենի նստվածքների լիթոգենեզը և ֆլիշառաջացման առանձնահատկությունները» աշխատությունը։

Ավարտված են Թեղուտի պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրի միներալաբանա-երկրաքիմիական հետազոտությունները, որոշված է հանքանյութերի միներալային կազմը, հազվագյուտ տարրերի տեղաբաշխման բնույթը։

Ամփոփված են Փոքր Կովկասի և Մեծ Կովկասի Բևշասիի զոնայի բյուրեղային հիմքի նլուստների ուրբիդիում-սարմացիումային իզոքրոնային հետազոտությունների արդյունքները, հաստատված է հիմքի ապարների մետամորֆիզմի վարիսյան հասակը։ Կազմված է Հանրապետության բնատարածքում առաջիկա տարիներին նավթի և գազի պծով որոնողական աշխատանքների ծրագիրը։

Ավարտված է Զանգեզուրի հանքային մարզի ֆորմացիաներում ազնիվ տարրերի տեղաբաշխման օրինաչափությունների հետազոտությունը, բացահայտված են հանքայնացման ֆիզիկաքիմիական ու կառուցվածքային պայմանները։

Կատարված է Ազատ գետի ավազանի ինժեներաերկրաբանական քարտեզահանումը և շրջանացումը, համակողմանի ուսումնասիրման հիման վրա համապատասխան միջոցառումներ են առաջակվել պայքարելու վտանգավոր երկրաբանական երևույթների դեմ։ Կազմվել են տարբեր մասշտաբի երկրաձևաբանական, ինժեներաերկրաբանական և այլ քարտեզներ։

Երկարամյա դիտարկումների հիման վրա տրված է կլիմաառաջացնող հիմնական գործոնների բնութագիրը, ավարտված է «ՀՍՍՀ բնատարածքի լանդշաֆտային կազմակերպվածությունը» մենագրությունը, կազմվել է Հայկական ՍՍՀ լանդշաֆտային հուշարձանների քարտեզ։

Շարունակվում են հետազոտությունները «ՀՍՍՀ ազգային ատլաս» և

«ՀՍՍՀ և բնական պայմանների ու բնական ռեսուրսների ատլաս» թեմաների ուղղությամբ։

Ղափանի մետալուրգիական լաբորատորիայում շարունակվում են հետազոտությունները հանքանյութերից օգտակար բաղադրիչների կորզման, դրանց համալիր ու անթափոն օգտագործման ուղղությամբ։

Գիտական հետազոտությունների արդյունքներից վեցը ներդրվել են ժողովրդական տնտեսության մեջ՝ «Քաջարանի հանքային դաշտի երկրաբանա-կառուցվածքային և ապարաերկրաբանական ուսումնասիրությունը», «Ղափան քաղաքի և շրջակայքի երկրաձևաբանական և երկրաբանական խոշոր մասշտաբի քարտեզներ», «Հանքանյութերի միներալային կազմը և հիմնական հանքառաջացնող տարրերի տեղաբաշխման բնույթը Լերմանիսի հանքանյութերում» և այլն։

Ինստիտուտի գիտաշխատողները հաշվետու տարում հրատարակել են 8 մենագրություն, տպագրության են պատրաստել 5 մենագրություն և տարբեր գիտական ամսագրերում հրատարակել 100-ից ավելի հոդվածներ։

Շարունակվել է սերտ գիտական համագործակցությունը մեր հանրապետության գիտական ու արտադրական հիմնարկների, հարևան հանրապետությունների, միութենական գիտական հաստատությունների և մի շարք արտասահմանյան երկրների հետ (Չեխոսլովակիա, ԳԴՀ, Հունգարիա և այլն)։

Հաշվետու տարում կազմակերպվել են գիտական նստաշրջաններ՝ «Կովկասի երկրադինամիկան» սեմինար-դպրոցը, որի աշխատանքներին մասնակցել են անդրկովկասյան հանրապետությունների և միութենական այլ հանրապետությունների ներկայացուցիչները, ինչպես նաև Կովկասի ռեգիոնալ հանձնաժողովի և ԳԱ Անդրկովկասյան գիտական խորհրդի հերթական աշխատանքային խորհրդակցությունը՝ նվիրված գազի ու նավթի պրոբլեմներին։

Երկրաֆիզիկայի և ինժեներային երկրաշարժաբանության ինստիտուտում հետազոտություններ են կատարվել 4 պրոբլեմների (24 թեմա) գծով։ Հիմնական գիտական ուժերը կենտրոնացված են եղել ՍՍՀՄ ԳԱ և ՍՍՀՄ Մինիստրների խորհրդի Գիտության ու տեխնիկայի պետական կոմիտեի կոորդինացիոն պլաններով և ՀԿԿ Կենտկոմի ու Մինիստրների խորհրդի որոշումներով նախանշված կարևորագույն ու նպատակային գիտատեխնիկական ծրագրերի իրագործման ուղղությամբ։

Նշենք մի քանի կարևոր գիտական արդյունքներ։

Զգալի աշխատանքներ են տարվել 0.74.03 «Մշակել և ժողովրդական տնտեսության պրակտիկայում ներդնել երկրաշարժերի, ցունամիների և հրաբխային ժայթքումների վտանգավորության գնահատման մեթոդներ և վնասների նվազեցման միջոցառումների համալիր» պրոբլեմի գծով։ Մշակված է գրավիչափական ռեժիմային հետազոտությունների մեթոդիկա՝ խորքային բնկվածքների ժամանակակից երկրադինամիկ ակտիվության գնահատման համար։

Բացահայտված է ծանրության ուժի անոմալ, ոչ մակընթացային փոփոխությունների օգտագործման հնարավորությունը երկրաշարժերի երկարաժամկետ կանխագուշակման համար։ Ֆիզիկական մոդելացման օգնությամբ հաստատված է բնկվածքների խորության որոշման հնարավորությունը ուղիղ և անդրադարձվող ալիքների սպեկտրների հետազոտման հիման վրա։ Հայկական լեռնաշխարհի մի քանի երկրաշարժերի համար հաշվված են ապիմուտալ հոդոգրաֆներ։ Ախալքալակի 1986 թ. երկրաշարժի էպիկենտրոնական շրջանում կատարված համալիր հետազոտությունները ցույց են տվել, որ երկրաշարժից առաջ տեղի են ունեցել էլեկտրաթելուրական ու մագնիսական դաշտերի անոմալ փոփոխություններ։

Ավարտվել են Երևան ու Ղափան քաղաքների և Ոսկեհատ ավանի սեյսմիկ միկրոշրջանացման աշխատանքները։

Մշակված է սեյսմիկ ալղեցությունների օգնությամբ երկրաշարժերի մոդելացման մեթոդիկա։

Կավերի սողանքայնության ուսումնասիրման երկարատև փորձերի արդյունքների վերլուծության հիման վրա բացահայտված է գրունտի կառուցվածքի թռիչքաձև վերափոխման դերը դեֆորմացիոն պրոցեսների կարգավորման գործում։

Հետազոտված են սողանքների մեխանիզմի առանձնահատկությունները ազային տեկտոնիկայի պայմաններում։

Մշակվել են էլեկտրահետախուզության նոր եղանակներ, որոնք թույլ են տալիս բարձրացնելու թափառող հոսանքների մեթոդով էլեկտրահետախուզական հետազոտությունների արտադրողականությունն ու ճշգրտությունը։

Ավարտված են Սևանա լճի ավազանի և Շիրակի սարահարթի նստվածքային ապարների երկրամագնիսական դաշտի նուրբ կառուցվածքի համալիր հետազոտությունները։

ՀՍՍՀ հարավ-արևելյան մասի համար առաջարկվել է երկրակեղևի վերին մասի գրավիտացիոն մոդել, բացահայտված է ծանրության ուժի իզոստատիկ անոմալիաների և նորագույն տեկտոնական շարժումների միջև եղած կապը։

Երկրաֆիզիկական հետազոտություններով տրված է նորագույն հրաբխային շրջանների ջերմային պայմանների գնահատականը. ստացված տվյալները հաստատում են այդ շրջաններում ստորերկրյա ջերմային էներգիայի առկայության հեռանկարայնությունը։

Ժողովրդական տնտեսության մեջ ներդրվել են գիտական հետազոտությունների 4 արդյունք՝ Ջարենցավան քաղաքի սեյսմիկ շրջանացման քարտեզը, Եղվարդի ջրամբարի սեյսմիկ միկրոշրջանացումը, Երևան-Գեղարդ խճուղու սողանքային ծանրության ուժի ոչ մակրնթացային վարիացիաների հետազոտման կրկնվող գրավիշափական դիտարկումների մեթոդիկան։

Զգալի են հաջողությունները նոր տեխնիկայի ներդրման բնագավառում։ Մշակված են երկրաֆիզիկական նոր սարքեր կույր հանքամարմինների որոնման համար, որոնք հաջողությամբ փորձարկվել են հանքավայրերում և հանվանության են արժանացել արտադրության մեջ աշխատող մասնագետների կողմից։

Հաշվետու տարում ինստիտուտը կազմակերպել է «Պոտենցիալ դաշտերի մեկնաբանման տեսությունն ու պրակտիկան» համամիութենական դպրոց-սեմինարը, որին մասնակցել են ավելի քան 200 գիտաշխատողներ և լսվել են շուրջ 170 զեկուցումներ։

Տեղի ունեցավ նաև Հոբելյանական գիտական նստաշրջան՝ նվիրված Ինստիտուտի կազմավորման 25-ամյակին։

Ինստիտուտի գիտական աշխատակիցները գործուն մասնակցություն են ցուցաբերել հանրապետական, միութենական և արտասահմանյան գիտաժողովներին և այլ միջոցառումներին, շարունակվել է սերտ գիտական համագործակցությունը հանրապետության և համամիութենական բաղմաթիվ գիտական և արտադրական հիմնարկների հետ։

Հրատարակվել է հոդվածների մեկ ժողովածու՝ «Գեոմեխանիկայի պրոբլեմներ», հ. 10, 7 մենագրություն և շուրջ 150 գիտական հոդված։

Միջգերատեսչային գիտական և արտադրական հաստատություններում և բուհերում կատարված աշխատանքի մասին

Հայաստանի Երկրաբանության վարչությունում ամփոփվել են պղնձի և պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրերին վերաբերվող նյութերը, ցույց է տրվել որոշ ապարների՝ որպես լցուկ օգտագործելու հնարավորությունը բետոն և շինարարական այլ շաղախներ պատրաստելիս։

Երևանի Անասնաբուժական-անասնաբուծական ինստիտուտի հետ համատեղ մշակվել են Նոյեմբերյանի ցեոլիտների հանքավայրի ռացիոնալ օգտագործման նախադրյալները։

Ավարտվել են Ղափանի հանքադաշտի խորքային երկրաբանական կառուցվածքի ուսումնասիրման փորձնաարտադրական աշխատանքները, տեկտոնական խախտումների կցվածքներում օղակաձև կառուցվածքների հայտնաբերման նպատակով։

Ավարտվում են Հյուսիսային Հայաստանի տիեզերաերկրաբանական և բեկվածքների քարտեզների կազմման աշխատանքները։

Շարունակվում են խորքային ջերմային էներգիայի երկրաֆիզիկական և ռեգիոնալ երկրաբանական հետազոտությունները։

Ավարտվել է Արարատյան արտեզյան ավազանի վերաբերյալ մենագրությունը և առաջարկներ են արվել ստորերկրյա ջրերի ռացիոնալ օգտագործման նպատակով։ Հայտնաբերվել են զգալի թվով մետաղային և ոչ մետաղային օգտակար հանածոների երևակումներ և որոշվել են որոշ հանքավայրերի արդյունաբերական պաշարները։

Գունավոր մետալուրգիայի գիտահետազոտական ու նախագծային ինստիտուտում հետազոտություններ են տարվել միութենական և հանրապետական ծրագրերի և կարևորագույն գիտատեխնիկական պրոբլեմների գծով, ներդրվել են 5 հայտնագործությունների արդյունքներ։ Հաշվետու տարում ավարտված աշխատանքներից առավել կարևորներն են՝ Մարցիգետի ավազանի ոսկու հանքավայրի երկրաբանական-տեխնոլոգիական քարտեզահանումը, հանրապետության մեջ ոսկու հանույթի հումքի ապահովման ու ընդարձակման և ցածր պարունակության հանքանյութերից ոսկի կորզելու նպատակով նոր էլեկտրադեսորբցիոն տեխնոլոգիայի մշակումը. կատարվել է հանրապետության մետալուրգիական ձեռնարկությունների գործունեության տեխնիկատնտեսական վերլուծություն և հանձնարարականներ են տրվել արտադրության արդյունավետությունը բարձրացնելու համար։

Ապացուցված է, որ հնարավոր է համալիր վերամշակման ենթարկել Արարատի հարստացուցիչ ֆաբրիկայի թափոնները, կորզելով նրանցից ազնիվ մետաղները և օգտագործել սիլիկատային բաղադրամասերը։

Մեծ աշխատանք է տարվել հանրապետության միներալահումքային բազայի ամրապնդման ուղղությամբ, համալիր միջոցներ են ձեռք առնվել հանքային ռեսուրսների ռացիոնալ օգտագործման և հանքանյութերից օգտակար բաղադրամասերի կորզման բնագավառում։ Այդ հետազոտությունների արդյունքները ներդրվել են արտադրության մեջ։

Զգալի գիտահետազոտական աշխատանքներ տարվել Ռեգիոնալ երկրաբանական-էկոնոմիկական հետազոտությունների Կովկասյան լաբորատորիայում։ Որոշված են երկրաբանական-հետախուզական աշխատանքներ կատարելիս միջավայրի պահպանման հիմնական սկզբունքները և դրանց կիրառման նորմատիվները։ Նման աշխատանք առաջին անգամ է կատարվում և այն մտցված է համամիութենական պլաններում։ Տրվել է Բոլնիսի (Վրաց. ՍՍՀ) ոսկու և Նոյեմբերյանի ցեոլիտների հանքավայրերի երկրաբանական-տնտեսական գնահատականը։

Հետաքրքիր աշխատանքներ են տարվել Ջրային պրոբլեմների և ջրատեխնիկայի գիտահետազոտական ինստիտուտում: Համալիր միջոցառումներ են մշակվել Սևանա լճի էկոլոգիական հավասարակշռության վերականգնման նպատակով. որոշված է նախալեռնային շրջանների ջրամբարներից ու ոռոգման համակարգերից ներծծվող, ինչպես նաև ստորերկրյա ջրերի քանակը, դրանց շարժման ուղղությունները և ազդեցությունը Արարատյան և Շիրակի գոգավորությունների ստորերկրյա ջրերի ռեժիմի վրա:

Ի հայտ են բերվել հին գետահովիտներ և ընդլավային ջրբաժաններ ու ցույց են տրվել ստորերկրյա ջրերի Արարատյան ավազան մուտք գործելու ուղիները:

Սելավների դեմ պաշտպանական նոր միջոցառումներ են մշակվել, Ալպատի ջրամբարի օրինակով կատարելագործվել է ինստիտուտի կողմից ջրամբարներում առնոսող ջրերի քանակության որոշման մեթոդիկան:

ՀՍՍՀ ճարտարապետության ու շինարարության գիտահետազոտական ինստիտուտում հետաքրքիր աշխատանքներ են տարվում սեյսմակայուն շինարարության բնագավառում:

Շենքերի վրա սեյսմիկ ազդեցության գոյություն ունեցող տարածական հաշվարկների համեմատական անալիզ է կատարվել՝ հաշվարկման լավագույն եղանակ ստեղծելու նպատակով:

Ցույց է տրված, որ առանձին դեպքերում, կախված երկրաշարժերի սպեկտրալ կազմից, շենքի հիմնատակի և հիմքի միջև շփման պակասեցման հաշվին կարելի է հասնել սեյսմիկ ազդեցության նվազեցման: Միջոցներ են ձեռք առնվել Երևան քաղաքի սեյսմիկ ցանցի գործունեությունն ավելի արդյունավետ դարձնելու ուղղությամբ:

Բուների աշխատանքների մասին

Երևանի պետական համալսարանի երկրաբանական ֆակուլտետի Ապարատրության և միներալաբանության ամբիոնը հաշվետու տարում շարունակել է հետազոտությունները «Մագմատիզմի էվոլյուցիան և նեոգենի հանքայնացումը» պրոբլեմի գծով, պրոֆ. Ս. Ի. Բալասանյանը կազմել է «Երկրաբիմիա» ուսումնական ձեռնարկը վրաստանի, Ադրբեջանի և Հայաստանի երկրաբանական դիտությունների ինստիտուտների հետ համատեղ կազմվել են ուշ էոցենի և վաղ օլիգոցենի լիթոֆացիալ և հնաշխարհագրական քարտեզներ, ինչպես նաև ՀՍՍՀ հյուսիս-արևմտյան մասի տեկտոնական ու նորագույն տեկտոնիկայի քարտեզների նախնական տարբերակները:

Օգտակար հանածոների որոնման և հետախուզման երկրաֆիզիկական մեթոդների ամբիոնում առաջին անգամ ապացուցվել է երկրաբանական միջավայրի ֆիզիկական պարամետրերի կախվածությունը տվյալ ժամանակի համար երկրի մագնիսական դաշտի բնույթից: Այդ կապն արտացոլում է մագմատիկ ու նստվածքային ապարներում օբյեկտիվորեն գոյություն ունեցող մագնիսական շերտայնությունը: Անհամասեռության կանխատեսումը յան հնռանկարներ է բաց անում ստորերկրյա ջրերի, նավթի և գազի արդյունահանման բնագավառում:

Օգտակար հանածոների որոնման և հետախուզության ամբիոնը հետազոտություններ է կատարել Մարցիգետի հանքատեղամում՝ նպատակ ունենալով բացահայտել նրա խոր հորիզոնների հանքայնայման հնռանկարները:

Ֆիզիկական աշխարհագրության ամբիոնը հետազոտություններ է կատարել Կուր գետի ավազանում (ՀՍՍՀ սահմաններում) լանդշաֆտագիտության, բնության պահպանման ուղղությամբ: Ամբիոնը հրատարակել է երկու ուսումնական ձեռնարկ՝ «Անդրկովկասի ֆիզիկական աշխարհագրու-

թյուն» (վրաստանի և Ադրբեջանի մասնագետների հետ համատեղ) և «Հյուսիսային Ամերիկա»։

Երկրաձևաբանության և երկրաձևաչափության ամբիոնը շարունակել է իր արժեքավոր հետազոտությունները ընդլավային հին գետահովիտների հայտնաբերման ու ստորերկրյա ջրերի արդյունահանման բնագավառում։

Պրոբլեմային գիտական խորհուրդների գործունեության ու գիտական հետազոտությունների կոորդինացիայի մասին

2002 Մինիստրների խորհրդի որոշմամբ մեր ակադեմիայի նախագահությանը կից ստեղծվել է Կոորդինացիոն խորհուրդ, որը պետք է ղեկավարի ու կոորդինացնի հանրապետության սահմաններում գործող բոլոր գիտահետազոտական հիմնարկներում և բուհերում տարվող գիտահետազոտական աշխատանքները՝ անկախ այդ հիմնարկների գերատեսչային պատկանելիությունից։ Խորհրդի նախագահը մեր պրեզիդենտ, ակադեմիկոս Վ. Հ. Համբարձումյանն է։ Այդ խորհուրդն իր սեկցիաներն ունի բոլոր բաժանմունքներում, այդ թվում նաև մեր բաժանմունքում՝ քիմիական գիտությունների և Երկրի մասին գիտությունների սեկցիաներ։

Կառավարության կողմից հաստատված է այդ խորհրդի կանոնադրությունը, շուտով կստեղծվեն նաև սեկցիաների կանոնադրությունները։ Խորհրդի կանոնադրության մեջ մի շատ կարևոր կետ կա այն մասին, որ գիտական հարցերի վերաբերյալ նրա որոշումները և առաջարկությունները պարտադիր են կոորդինացիոն խորհրդի ոլորտում գտնվող բոլոր հիմնարկների համար։ Սա բարձրացնում է այդ խորհրդի, նրա սեկցիաների հեղինակությունը և մյուս կողմից՝ նրանց պարտավորեցնում է։ Մեր սեկցիայի կողմից մի շարք կարևոր պրոբլեմների գծով կազմվել են կոորդինացիոն պլաններ, որոնք քննարկվել ու հաստատվել են, սակայն պետք է խոստովանել, որ մենք իսկական, լիարժեք կոորդինացիայից դեռ հեռու ենք, ապագայում մեծ աննկիրներ կան։

Մեր սեկցիայի կազմում գործում են 5 պրոբլեմային գիտական խորհուրդներ, որոնք սկզբնական շրջանում բավականին ակտիվ գործունեություն ծավալեցին, բայց վերջին տարիներս ղեկավարները թուլացրին իրենց աշխատանքը։

Շատ կայուն, ակտիվ է գործում սելավային երևույթների դեմ պայքարելու գիտական խորհուրդը (նախագահ՝ պրոֆ. Վ. Ն. Հովսեփյան), որի աշխատանքները որպես օրինակ կարող են ծառայել նման գիտական մեկավորների համար։

Այս խորհուրդը մի շարք հետաքրքիր առաջարկներ է արել կոնկրետ օբյեկտների համար հակասելավային պաշտպանական միջոցառումների վերաբերյալ (այդ առաջարկները հասել են մինչև կառավարական մարմիններ) և հետևել ու հսկել են դրանց իրագործմանը։ Խորհուրդը կազմել է 1986—1990 թթ. աշխատանքների կոորդինացիոն պլան, սերտ համագործակցության մեջ է գտնվում բոլոր շահագրգռված գիտական և արտադրական հիմնարկների հետ։

Վատ չի աշխատում ինժեներային երկրաշարժաբանության և սեյսմակայուն շինարարության գիտական խորհուրդը. այն ակտիվ մասնակցություն է ցուցաբերում սեյսմակայուն շինարարության բնագավառում հանրապետությունում կատարվող միջոցառումներին։

Բավականին արդյունավետ է գործում ընդամենը երկու տարի առաջ կազմակերպված Մթնոլորտային գիտությունների ակադեմիայի Միջգերատեսչային քարտեզագրական կոմիտեի Հայկական բաժանմունքը՝ Մ. Ա. Սաֆյանի

ղեկավարությամբ, որտեղ լուրջ աշխատանքներ են տարվել ֆաներոպոյի 1:200000 մասշտաբի (ՀՍՍՀ բնատարածքի) և 1:500000 մասշտաբի (Անդրկովկասի համար) քարտեզներ կազմելու ուղղությամբ։

Նիստ թուլացրել են իրենց գործունեությունը մյուս խորհուրդները՝ ինժեներային երկրաբանության, երկրաբանական քարտեզների, քարտեզագրության։

Ամենամոտ ժամանակներում սևկցիայում պետք է քննարկվեն այդ խորհուրդների գործունեությունն այն հաշվով, որ նրանք կան ավելորդ խորհուրդներ՝ դրանք լիկվիդացվեն, անհրաժեշտության դեպքում ստեղծվեն նորերը (օրինակ, երկրաշարժերի կանխագուշակման գծով), ճշգրտվեն անելիքներն ու նրանց առջև դրված խնդիրները։

Միութենական գիտությունների ակադեմիայի որոշմամբ (որի հետ մենք լիովին համամիտ ենք) այդ խորհուրդները պետք է լինեն առանձին գիտական պրոբլեմների գծով տարվող հետազոտությունները կոորդինացնող ղեկավար մարմիններ, քանի որ նրանք են լիազորված ղեկավարելու և պլանավորելու այդ հետազոտությունները, և որ միայն նրանց կազմում է, որ ընդգրկվում են տվյալ պրոբլեմի գծով հանրապետության լավագույն մասնագետները։

Ակադեմիկոսների և թղթակից-անդամների գիտակազմակերպչական գործունեության մասին

Ակադ. Ա. Տ. Ասլանյան՝ *գրել է «Արարատյան դոգավորության ջրաերկրաբանությունը» աշխատության «Երկրաբանական զարգացման պատմությունը» բաժինը, տպագրության է պատրաստել (Մ. Ա. Սաֆյանի հետ մեկտեղ) օֆիոլիտների վերաբերյալ մենագրություն, հրատարակել է մի քանի հոդված, զեկուցումներ է կարդացել Կովկասի երկրադինամիկային և նավթագազաբերությանը նվիրված գիտաժողովներին։ Շարունակել է տեսական հետազոտությունները երկրի ներքին կառուցվածքին ու երկրադինամիկային վերաբերող հարցերի շուրջը։*

Ակադ. Ա. Հ. Գաբրիելյան՝ *Մոսկվայի ու Լենինգրադի գործընկերների հետ մեկտեղ կազմել է պալեոգենի հարկային ստորաբաժանման ուրվագիծը, որը պետք է քննարկվի Միջազգային երկրաբանական կոնգրեսի գալիք նստաշրջանում, ղեկավարում է ՀՍՍՀ 1:200000 մասշտաբի տեկտոնական քարտեզի կազմման աշխատանքները, զեկուցում է կարդացել Կովկասի երկրադինամիկային նվիրված սեմինար-պդրուցում, հրատարակել է գիտական հոդվածներ։*

Թղթ.-անդամ Գ. Ի. Տեր-Ստեփանյան՝ *հաշվետու տարում շարունակել է հետազոտությունները գրունտների ռեոլոգիայի ու լանջերի խորքային սողքերի գծով, հրատարակության է ներկայացրել «Երկրամեխանիկա» հոդվածների ժողովածուի հերթական համարը։*

Թղթ.-անդամ Ա. Ռ. Բաղդասարյան՝ *«ՀՍՍՀ կլիման ու կլիմայական ռեսուրսները» թեմայի գծով գրել է «Հանրապետության ֆիզիկաաշխարհագրական պայմանները» ակնարկը, կազմել է ՀՍՍՀ ազգային համալիր ատլասի մի քանի բազադրիչ քարտեզներ, ղեկավարել է աշխարհագրական տերմինների բացատրական բառարանի կազմման աշխատանքները, հրատարակել է «Երևանի կլիման» մենագրությունն ու մի քանի հոդվածներ։*

Թղթ.-անդամ Ի. Լ. Նեբսիսով՝ *մեծ կազմակերպչական աշխատանքներ է տարել Գառնիի գիտակայանը սարքավորումներով ապահովելու ուղղությամբ, մասնակցել է ստորերկրյա պայթեցումների հայտնաբերմանը նվիրված ստ-*

մետա-ամերիկյան բանակցություններին, հրատարակել է երկրաշարժաբանության նվիրված մենագրություն։

Թղթ.-անդամ Ռ. Ա. Մովսեսյանը ղեկավարում է Երևանի պոլիտեխնիկական ինստիտուտի բարձր ճշտության երկրաձևաչափական չափումների ավտոմատացման լաբորատորիան։ Վերջին տարիներս լաբորատորիայի աշխատանքներն ուղղված են նաև երկրակեղևի դեֆորմացիաների ուսումնասիրմանը. այդ նպատակով Գառնիի դիտակայանում տեղադրվել են համապատասխան սարքավորումներ (դեֆորմոգրաֆներ և այլն), որոնք պետք է չափանմուշ հանդիսանան ՍՍՀՄ-ի մասշտաբով։ Պատրաստված են և շուտով սերիական արտադրության կհանձնվեն ուղղաձիգ շարժումները չափող սարքեր, որոնք արդեն փորձարկվել են և մոտ ժամանակներում կտեղադրվեն նաև Գառնիի դիտակայանում։

Թղթ.-անդամ Ս. Վ. Գրիգորյանը գրել է «Օգտակար հանածոների հանքավայրերի որոնման երկրաքիմիական մեթոդներ» տեղեկատուի 8 գլուխներ, որը տպագրվում է Մոսկվայի «Գիտություն» հրատարակչությունում։ Հրատարակության է հանձնել նաև («Գիտություն», Մոսկվա) «Փորձարկում օգտակար հանածոների հանքավայրերի որոնման, հետախուզության և շահագործման ընթացքում» մենագրությունը. տպագրության է հանձնել Կոյսարի (Հնդկաստան) ոսկու հանքավայրի առաջնային երկրաքիմիական եզրապսակներին նվիրված հոդվածը։ Գործուն մասնակցություն է ցուցաբերել ՀՍՍՀ «Միջավայրի պահպանման և բնական ռեսուրսների ռացիոնալ օգտագործման» համալիր ծրագրի կազմման աշխատանքներին։

Թերություններ, խնդիրներ

Ինչ խոսք, ինչպես մեր սեկցիայի, այնպես էլ ինստիտուտների աշխատանքներում կան և թերություններ՝ կադրերի պատրաստման ու նրանց ճիշտ տեղաբաշխման, գիտական հետազոտությունների կոորդինացման, լաբորատորիաների ժամանակակից սարքավորումներով ապահովման և այլ բնագավառներում։ Կանգ առնենք դրանցից մի քանիսի վրա։

Վերջին տարիներս ընդհանրապես որոշ անտարբերություն է նկատվում դեպի գիտությունը, ասպիրանտուրայի ընդունելության պլանները մեծ դժվարությամբ են կատարվում, այս տարի նպատակային ասպիրանտուրային հատկացված տեղերի համար դեռևս ոչ մի դիմում չկա։ Արդեն նշվեց, որ երիտասարդության կողմից դեպի գիտությունը որոշ անտարբերություն է նկատվում, սակայն չի կարելի ասել, թե նրանց մեջ չկան այնպիսիները, որոնք կցանկանային զբաղվել գիտական աշխատանքով։ Բայց ինչպե՞ս գտնել դրանց։ Կրկին դրսևորվում է գիտական հիմնարկների անբավարար կապը բուհերի հետ։

Քանի՞ դիպլոմային աշխատանք է կատարվում Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտում՝ կամ ոչ մեկը, կամ էլ հատուկենտ. մասնակցո՞ւմ են արդյոք մեր լաբորատորիաների ու բաժինների վարիչները դիպլոմային աշխատանքների պաշտպանությանը, որպեսզի իրենց համար կադրեր ընտրեն, իհարկե՝ ոչ։ Վերադաս մարմինների վերջին որոշումներով նախատեսվում է էլ ավելի սերտ համագործակցություն ստեղծել բուհերի և ակադեմիական գիտական հիմնարկների միջև, որը հնարավորություն կստեղծի վերջիններիս լաբորատորիաներն ու գիտական աշխատողներին ներգրավել ուսման պրոցեսում։ Շատ ուրախալի է, որ նախատեսվում է դասախոսների մանկավարժական ծանրաբեռնվածությունը թեթևացնել ի հաշիվ ուսանողների ինքնուրույն աշխատանքի ծավալման։ Այս միջոցառումներն անշուշտ

կնպաստեն որակի բարձրացմանը, իսկ մեր շրջանավարտների որակը դեռ հեռու է բավարար լինելուց։

Հիմա խրավացիորեն շատ է խոսվում, որոշումներ են կայացվում երիտասարդ կադրերին առաջ քաշելու, նրանց ղեկավար պաշտոններ հանձնելու մասին։ Ի՞նչ չափով ենք մենք իրագործում այդ որոշումները՝ ոչ բավարար. որակավորման ժամանակ հաշվի առնվե՞լ են այդ հանգամանքները՝ ոչ, կամ համարյա ոչ։ Կան դեպքեր, երբ պատճառաբանում են, թե մեր հին, երկար տարիներ բաժիններ կամ լաբորատորիաներ ղեկավարողներին փոխարինողներ չկան։ Մեր կարծիքով, առաջին հերթին նման ղեկավարներին է պետք ազատել իրենց պաշտոններից, քանզի նրանք կադրեր պատրաստելու, իրենց փոխարինողներ ստեղծելու մասին չեն մտահոգվել։ Պետք է ի նկատի ունենալ ևս մեկ կարևոր հանգամանք. այս սերնդափոխությունը չի նախատեսվում ի վնաս մեր երկարամյա աշխատանքի փորձ ունեցող ավագ սերնդի, ընդհակառակն՝ ադմինիստրատիվ պաշտոններից ազատվելով նրանք հնարավորություն կունենան ավելի շատ զբաղվել գիտությամբ։ Այս ոգով, վերադաս մարինների որոշման համաձայն, սկսվել են մեր ղեկավար աշխատողների սերնդափոխման միջոցառումները։ Չի կարելի բնականոն համարել նաև այն դեպքերը, երբ մեր գիտաշխատողները նույն ինստիտուտում զբաղեցնում են մի քանի պաշտոն, երբ նրանց կողքին կան ոչ նվազ ունակությունների տեր անձիք։

Գիտական հետազոտությունների կոորդինացման բնագավառում, ինչպես արդեն նշվեց, կան դրական տեղաշարժեր, բայց դեռ անելիքներ շատ կան, կան շատ չհիմնավորված կրկնություններ։ Եվ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի, և Երկրաֆիզիկայի ու ինժեներային երկրաշարժաբանության ինստիտուտի, և Երկրաբանության վարչության պլանների համաձայն կատարվում են նույնանուն թեմաներ՝ տիեզերա-տեկտոնական, տիեզերա-երկրաբանական, միևնույն մասշտաբների բեկվածքների քարտեզների կազմում. ճիշտ է, դրանք շատ կարևոր , արդիական հետազոտություններ են, բայց պետք էր, որ դրանց կատարումը համաձայնեցված լիներ, միմյանց լրացներ։ Իրական կոորդինացիան կլիներ այն դեպքում, երբ այդ թեման ունենար մեկ ընդհանուր ղեկավար, այդ դեպքում գործն ավելի լավ կընթանար. չէ՞ որ մենք համատեղ հետազոտություններ կատարելու հիանալի օրինակներ ունենք, ինչպես քարաբանական, քարաբանական-ֆացիալ քարտեզների կազմման, շերտագրության բնագավառում և այլն, ինստիտուտի և երկրաբանական ֆակուլտետի միջև։

Նման վիճակ է տիրում երկրաշարժերի կանխագուշակման պրոբլեմի գծով, որով զբաղվում են մեծ թվով գիտահետազոտական և արտադրական հիմնարկներ։ Ճիշտ է, հետազոտությունների կոորդինացիոն պլան է մշակված բոլոր այդ հիմնարկների ներկայացուցիչների մասնակցությամբ, բայց կոնկրետ ո՞վ է հսկում այդ պլանների կատարմանը։ Կարծում ենք, որ ճիշտ են այն ընկերները, որոնք գտնում են, թե ժամանակն է ստեղծելու պրոբլեմային գիտական խորհուրդ այդ հետազոտությունները ղեկավարելու և իրապես կոորդինացնելու համար։

Մեր կարծիքով, հնգամյա պլանները կազմելիս մեր բաժանմունքները՝ ելնելով գիտության հետագա զարգացման հեռանկարներից, ժողովրդական տնտեսության պահանջներից, պետք է պլանավորեն գիտության զարգացումն ամբողջ հանրապետության մասշտաբով, որոշեն գլխավոր պրոբլեմներն ու թեմաները, դրանց ղեկավարներին, կազմեն միացյալ հաշվետվություններ և քննարկեն դրանք պրոբլեմային գիտական խորհուրդներում ու կոորդինացիոն սեկցիաներում։ Ի միջի այլոց, Միութենական գիտությունների ակադեմիայի

նախագահության որոշմամբ, ըստ որի նախատեսվում է ինստիտուտների ու բաժանմունքների խրավունքների ընդլայնում, բաժանմունքների վրա է դրվում գիտության տվյալ ճյուղի ընդհանուր ղեկավարությունն ու կոորդինացիան ամբողջ երկրի, հանրապետությունների մասշտաբով։

Մեկ ուրիշ հարց։ Ժամանակն է, որ մեր գիտական և արտադրական հիմնարկները առավել մեծ մտահոգություն հանդես բերեն հանքավայրերի, հանքանյութերի խոհեմիտ օգտագործման ուղղությամբ և ավելի լրջորեն զբաղվեն բնության պահպանման հարցերով։ Այդ հարցերը, որոնք այժմ զբաղեցնում են ամբողջ աշխարհի գիտական միտքը, հույժ կարևոր են մեր սակավահող, սակավաջուր, խիտ բնակեցված հանրապետության համար։

Վերջին տարիներս այդ ուղղությամբ զգալի աշխատանքներ են տարվում տարբեր գիտական և արտադրական հիմնարկների կողմից։ Մեր ակադեմիական ինստիտուտները պետք է ակտիվ մասնակցություն. ցուցաբերեն այդ համազգային շատ կարևոր գործին։

Այս տեսանկյունից ամեն կերպ պետք է խրախուսել Ղափանի մետալուրգիական լաբորատորիայի կողմից հանքանյութերից օգտակար բաղադրիչների համալիր կորզման, անթափոն արտադրության ուղղությամբ տարվող հետազոտությունները։

Միաժամանակ պետք է ավելի ընդլայնվեն ռեգիոնալ երկրաբանական հետազոտությունները, հատկապես երկրակեղևի խոր հորիզոնների ուսումնասիրումը հորատման և երկրաֆիզիկական մեթոդներով, թաքնված հանքավայրերի հայտնաբերման երկրաֆիզիկական և երկրաքիմիական մեթոդների մշակման ուղությամբ։

Մեր հանրապետության համար բացառիկ կարևոր նշանակություն ունեն միջավայրի, բնության պահպանման գիտականորեն հիմնավորված միջոցառումները։ Հանրապետության բնատարածքում սողանքային երևույթները, փլվածքները, կարստերը և այլ քայքայիչ պրոցեսները մեծ վնասներ են պատճառում ժողովրդական տնտեսությանը։ Իհարկե, անհրաժեշտ է ստեղծել մի գիտական մարմին, որը կզբաղվի այդ քայքայիչ պրոցեսների դեմ պայքարելու միջոցառումներ մշակելու ուղղությամբ։ Գիտական հիմնարկների առջև նոր խնդիրներ են դրվում երկրի երկրաբանական քարտեզահանման նոր էտապին անցնելու կապակցությամբ։ Անհրաժեշտ է մշակել և այժմեական մակարդակով ներկայացնել մեր բնատարածքը կազմող նստվածքային ու հրաբխածին համալիրների նոր հարկային ստորաբաժանման սխեմա՝ դասական կենսաշերտագրական մեթոդների հետ կիրառելով նաև նորագույն մեթոդներ՝ մագնիսաշերտագրական, սեյսմաշերտագրական, իզոտոպային ժամանակագրական և այլն։

Ժամանակն է, որ կազմվեն նոր ամփոփիչ փոքր ու միջին մասշտաբի երկրաբանական, տեկտոնական, մետաղածնական քարտեզներ. եղածներն արդեն հնացել են և չեն համապատասխանում ներկայիս պահանջներին։

Հարցեր, պրոբլեմներ շատ կան (քաղցրահամ ջրերի, Սևանա լճի և այլն). հարկավոր է, որ մեր գիտական ու արտադրական հաստատությունները համախմբված կերպով լծվեն դրանց լուծման աշխատանքներին։

А. А. ГАБРИЕЛЯН

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ В ОБЛАСТИ НАУК О ЗЕМЛЕ ЗА 1986 г. [1]

Резюме

В отчетном году наши научные учреждения достигли определенных успехов в деле дальнейшего изучения строения земной коры территории республики.

В *Институте геологических наук* исследования велись по 10 проблемам, включающим 17 тем. Эти проблемы охватывают почти все основные направления региональной геологии и физической географии территории Армянской ССР—стратиграфию и тектонику, магматизм и закономерности размещения полезных ископаемых, геохимию, инженерную геологию, физическую географию.

Институт участвует в разработке двух общесоюзных научно-технических программ и трех международных научных проблем, выполняет совместные исследования с республиканскими и союзными научными и производственными организациями.

По поручению директивных органов дал ряд заключений по инженерно-геологическим условиям для строительства различных народнохозяйственных объектов.

Отметим некоторые из научных достижений. Продолжались теоретические исследования, касающиеся внутреннего строения и динамики Земли. Исследована устойчивость литосферы в виде пластины на упругом основании, нагруженной со всех сторон, в упруго-пластической зоне. Решены числовые примеры для различных мощностей земной коры.

Получены новые данные по офиолитовым формациям. В Вединской офиолитовой зоне выявлены два горизонта высокомагнезиальных шаровых лав: пикродолеритов и пикробазальтов, среди них обособляется высокомагнезиальная, низкощелочная и умеренно-магнезиальная щелочная разности. Они по комплексу петрохимических признаков соответствуют мантийным выплавкам.

Подготовлен макет карты активных разломов и линеаментов Тавро-Кавказского региона, выделены наиболее активные разломы и приуроченность к ним очагов землетрясений. Подготовлена к изданию «Космотектоническая карта Болгарии, Кавказа и Передней Азии».

Завершена монография «Биостратиграфическое значение верхнепермских и нижнетриасовых конодонтов Закавказья», дано зональное расчленение пермотриасовых отложений на территории АрмССР и корреляция разрезов с другими регионами Тетиса, обосновывается непрерывность разреза пограничных слоев перми и триаса, что очень важно для установления границы между этими геологическими периодами. В противоположность данным по конодонтам о непрерывности разреза пограничных слоев перми и триаса, литологические данные указывают на существенные изменения палеогеографических условий на этом рубеже. Подготовлена монография «Позднеюрский-неокомский седиментогенез Армянской ССР», составлен научный отчет «Литология и особенности флишеобразования палеогеновых отложений Армянской ССР».

Завершены работы по минерально-геохимическому изучению Техутского медно-молибденового месторождения, установлены минеральный состав руд и характер распределения редких элементов.

Обобщены Rb—Sr изохронные исследования выступов кристаллического фундамента Малого Кавказа и Бечасынской зоны Б. Кавказа, доказан варисский возраст метаморфизма.

---

[1] Отчетный доклад о научно-организационной деятельности геологической секции Отделения химических и геологических наук АН АрмССР за 1986 г.

Составлена программа геологоразведочных работ на нефть и газ на территории республики на ближайшие годы.

Завершено исследование закономерностей распределения благородных элементов в рудных формациях Зангезурского рудного района, установлены основные структурные и физико-химические условия локализации оруденения.

Проведены инженерно-геологическое картирование и районирование территории басс. р. Агстев, рекомендованы соответствующие защитные мероприятия от опасных геологических процессов. Составлены специализированные геоморфологические, инженерно-геоморфологические карты бассейнов рр. Агстев и Гетик.

Подготовлена характеристика основных климатообразующих факторов Армянской ССР, закончена монография «Ландшафтная организованность территории АрмССР», проведена паспортизация в Севанском бассейне, Араратской котловине и северо-восточных районах и составлена карта ландшафтных памятников Армянской ССР. Ведутся работы по составлению «Национального атласа АрмССР» и «Атласа природных условий и естественных ресурсов Армянской ССР».

Продолжаются рационализаторские работы в Кафанской металлургической лаборатории. Совместно с Институтом металлургии им. А. А. Байкова АН СССР разработан технологический регламент для технического проекта организации опытной установки производства медных порошков на Алавердском ГМК.

В народное хозяйство внедрены результаты шести научных исследований: «Геолого-структурное и петрографо-геологическое изучение Каджаранского рудного поля», «Крупномасштабные геологическая и геоморфологическая карты района г. Кафана», «Минеральный состав руд и характер распределения главных рудообразующих элементов в рудах Арманисского месторождения» и другие.

В отчетном году сотрудниками института опубликовано 8 монографий, подготовлены к печати 5 монографий и более 100 статей в различных научных журналах. Продолжалось тесное сотрудничество с научными и производственными организациями нашей республики, Грузии, Азербайджана, с центральными научными учреждениями, а также с некоторыми зарубежными странами—Чехословакией, ГДР, Венгрией и др.

Институтом организован и проведен III семинар-школа «Геодинамика Кавказа» на Севане (октябрь 1986 г.), в работе которого участвовали специалисты из Москвы, Ленинграда, Тбилиси, Баку и научных и производственных организаций нашей республики. В Ереване проведено также рабочее совещание Закавказского научного совета АН СССР по проблеме геологии нефти и геохимии нефти и газа.

Сотрудники института приняли активное участие в республиканских, союзных и международных совещаниях, симпозиумах и др. мероприятиях.

В *Институте геофизики и инженерной сейсмологии* проводились исследования по 4 проблемам, охватывающим 24 темы. Основные научные силы института были сосредоточены на выполнении важнейших и целевых научно-технических программ, предусмотренных в координационных планах АН СССР и ГКНТ СМ СССР и постановлениях ЦК КП и СМ Армянской ССР.

Отметим основные результаты научных исследований.

По проблеме 0.74.03 разработана методика режимных гравиметрических исследований для оценки современной геодинамической активности глубинных разломов. Установлена возможность использования аномальных неприливных вариаций силы тяжести в качестве долгосрочных предвестников землетрясений.

При помощи физического моделирования установлена возможность определения глубины тектонических разломов на основе изучения спектров прямых и преломленных волн. Рассчитаны азимутальные годографы для некоторых землетрясений Армянского нагорья.

В результате комплексных исследований эпицентрального района Ахалкалакского землетрясения 13 мая 1966 г. выявлены аномальные вариации электротеллурических и магнитных полей перед землетрясениями. Завершены работы по сейсмическому микрорайонированию территорий городов Еревана, Кафана, поселка Воскеат.

Разработана методика учета изгибных колебаний при изучении распространения поперечных волн в конструкции, составлена программа на ЭВМ.

Разработана методика моделирования землетрясений с помощью сейсмовзрывных воздействий.

По проблеме 3.1.13—«Инженерная геология» на основе анализа результатов длительных опытов на ползучесть глин установлена роль скачкообразной перестройки структуры грунта, как способа регулирования процесса деформирования.

Изучены особенности механизма оползней в области развития соляной тектоники.

По проблеме 3.1.14—«Геофизика». Разработана методика учета влияния рельефа местности при работе методом вызванной поляризации, аппаратура для изучения временных характеристик поляризации горных пород в лабораторных условиях.

Разработан неполяризующийся медно-купоросный электрод, предназначенный для проведения подземных электроразведочных работ по стенкам и кровле горных выработок. Предложены 2 новых способа геоэлектроразведки, позволяющие повысить точность и производительность электрометрических исследований методом блуждающих токов.

Разработана методика решения трехмерной обратной задачи гравиметрии о контактной поверхности, завершено комплексное исследование тонкой структуры геомагнитного поля на осадочных породах бассейна оз. Севан и Ширакской котловины.

Построена гравитационная модель верхней части земной коры для юго-восточной части территории АрмССР, установлена связь между знаком изостатических аномалий силы тяжести и новейшими тектоническими движениями.

Дана оценка современных температурных условий периферических магматических очагов новейшего вулканизма, выделены перспективные участки для поисков геотермальных месторождений.

В народное хозяйство внедрены результаты четырех научных исследований: карты сейсмического микрорайонирования территорий г. Чаренцавана, Егвардского водохранилища, противооползневые мероприятия автодороги Ереван-Гегарт, методика повторных гравиметрических наблюдений для изучения неприливных вариаций силы тяжести на геодинамических полигонах (геол. фак-т ЕГУ).

Значительны успехи в области внедрения новой техники.

Разработана аппаратура БТ—01, позволяющая проводить поиск и прослеживание слепых рудных тел как в наземных условиях, так и в горных выработках (испытана и внедрена в УГ АрмССР).

Изготовлена поисково-разведочная геофизическая аппаратура (восьмиканальный ВП), предназначенная для проведения геофизических работ в горных выработках (внедрена в УГ АрмССР).

В отчетном году институтом в г. Ленинакане была организована Всесоюзная школа-семинар по теме «Теория и практика интерпретации потенциалных полей», с участием большого числа специалистов из различных научных учреждений нашей страны и, в частности, нашей республики. Состоялась также юбилейная научная сессия, посвященная 25-летию основания ИГИС.

Сотрудники института приняли активное участие в республиканских, союзных и международных совещаниях, симпозиумах и других научных мероприятиях.

Опубликовано 7 монографий и около 150 научных статей.

О научных исследованиях межведомственных организаций и высших учебных заведений

В *Управлении геологии АрмССР.* Обобщены материалы по медным и медно-молибденовым месторождениям АрмССР, определена возможность использования вскрышных, вмещающих пород в качестве заполнителей в бетонах и строительных растворах. Совместно с Ереванским зооветинститутом и Институтом животноводства Госагропрома АрмССР завершены работы по определению рационального использования цеолитов Ноемберянского месторождения.

Завершены опытно-производственные работы по глубинному геологическому изучению Кафанского рудного поля, с целью выделения кольцеобразных структур на стыке двух систем тектонических нарушений.

Завершается подготовка космоаэрогеологической карты Северной Армении М 1:200 000 и карты разломной тектоники 1:500 000. Выделенные овально-кольцевые структуры и линеаменты проверяются наземными работами. Продолжаются региональные геолого-геофизические работы с целью поисков глубинного тепла, а также исследования по прогнозу землетрясений.

Составлена монография по «Араратскому артезианскому бассейну» и даны научно-обоснованные рекомендации по рациональному использованию подземных вод.

Большого объема научные исследования проводились в *Научно-исследовательском и проектном институте цветной металлургии* (Армнипроцветмет). Проводились работы по важнейшим научно-техническим проблемам и целевым комплексным программам союзного и республиканского значения, внедрено 5 изобретений.

Наиболее важными работами, завершенными в отчетном году, являются: геолого-технологическое картирование Марцигетского и Марджанского месторождений, разработана новая электродесорбционная технология, позволяющая извлекать золото из активированного угля с низким содержанием. Проведен технико-экономический анализ деятельности металлургических предприятий АрмССР за XI пятилетку, разработаны рекомендации по повышению эффективности производства; установлена возможность комплексной переработки отвальных хвостов Араратской фабрики с доизвлечением благородных металлов и использованием их силикатной части; проведена большая работа по укреплению минерально-сырьевой базы республики. Разработан комплекс мероприятий по рациональному использованию минеральных ресурсов республики и извлечению полезных компонентов металлов из руд. Результаты этих исследований внедрены в производство.

Значительные научно-исследовательские работы проведены в *Кавказской лаборатории региональных геолого-экономических исследований.* Установлены основные принципы разработки и применения нормативов охраны окружающей среды при проведении геологоразведочных работ. Такая работа выполняется впервые и включена в общесоюзные планы. Дана геолого-экономическая оценка золотого оруденения Болнисского района (Грузинская ССР) и Ноемберянского месторождения цеолитов.

Интересные работы проводились в *Научно-исследовательском институте водных проблем и гидротехники* Министерства водного хозяйства Армянской ССР.

Отметим лишь некоторые из них.

Разработан комплекс мер по восстановлению экологического равновесия оз. Севан, установлены количество и пути поступления подземных и фильтрационных вод из водохранилищ и оросительных систем в предгорных и горных районах и дана оценка их влияния на режим подземных вод Араратской и Ширакской впадин.

Установлены палеодолины и древние (подлавовые) водоразделы

и возможные направления движения подземных вод, поступающих в Араратскую равнину.

Разработана новая конструкция селезаградительных сооружений, усовершенствована методика, разработанная институтом для оценки прогноза приточности в водохранилищах на примере Азатского водохранилища. Выполнены работы по моделированию задач определения характеристик элементов водохозяйственного баланса озера Севан и переброски стока из рек соседних бассейнов.

О научно-исследовательских работах вузов

У нас имеются данные о работах, выполненных на геологическом факультете Ереванского государственного университета.

Сотрудники кафедры минералогии и петрографии в отчетном году продолжали исследования по проблеме эволюции магматических процессов и связанного с ними эндогенного рудообразования. Составлено учебное пособие по курсу «Геохимия» (проф. С. И. Баласанян).

Составлены литолого-фациальные и палеогеографические карты позднего эоцена и раннего олигоцена Закавказья совместно с геологическими институтами АН АрмССР, ГрузССР, АзербССР, рабочие варианты тектонической карты и карты новейшей тектоники территории СЗ Армянской ССР (кафедра исторической и региональной геологии).

Кафедрой геофизических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых впервые установлена зависимость анизотропии физических параметров геологических сред от элементов геомагнитного поля эпохи их образования. Выявленная связь отражает объективно существующие в природе закономерности формирования «магнитной» слоистости в магматических и осадочных породах под влиянием внешнего магнитного поля.

Возможности прогнозирования анизотропии пород открывают широкие перспективы в области повышения эффективности вскрытия пластов с целью увеличения их водо-, нефте- и газоотдачи, прогнозирования разрушения геологических сред.

Кафедрой методики поисков и разведки месторождений полезных ископаемых в отчетном году продолжались исследования по теме «Оценка прогнозных ресурсов комплексного сырья». Намечается разработать и внедрить направления геологоразведочных работ на флангах и глубоких горизонтах месторождений Марцигетского рудного поля, оценить перспективы обнаружения скрытого оруденения для расширения минерально-сырьевой базы Алавердского ГМК. Эта тема включена во Всесоюзную научно-техническую программу.

Кафедрой физической географии географического факультета университета продолжались работы по теме «Состояние и охрана компонентов ландшафта, рациональное использование природных ресурсов в Армянской ССР». В отчетном году исследования проводились в басс. р. Куры (в пределах АрмССР). Изданы два учебных пособия—«Физическая география Закавказья» (совместно с учеными Грузии и Азербайджана) и «Северная Америка». Кафедра геоморфологии и геодезии продолжала ценные исследования в области палеогеоморфологии районов вулканических сооружений АрмССР, с целью выявления погребенных подлавовых долин и использования подлавовых вод для народного хозяйства.

О деятельности проблемных научных советов и координации научно-исследовательских работ

Как известно, Советом Министров АрмССР при АН АрмССР организован Совет по координации (председатель совета президент АН АрмССР академик В. А. Амбарцумян). На него возложены общее руководство и координация научно-исследовательских работ, проводимых во всех научных и научно-производственных организациях, размещенных на территории нашей республики, независимо от их ведом-

ственной принадлежности. Совет имеет свои секции во всех отделениях. Советом Министров уже утвержден устав этого совета. Нашей координационной секцией составлен координационный план по ряду важнейших научных проблем и тем, однако большие работы в этой области еще впереди.

В составе нашей секции 5 проблемных советов, которые в начальном периоде их организации развивали довольно интенсивную и плодотворную деятельность, однако в последние годы наблюдается определенный спад в их работе, кроме Совета по борьбе с селевыми явлениями (председатель проф. В. М. Овсепян), который продолжает продуктивно работать. Трудно себе представить более авторитетные научные подразделения, в состав которых были бы включены все ведущие специалисты республики в данной области, чем эти советы. Именно они должны координировать и руководить, решать научные проблемы в области наук о Земле.

В утвержденном правительством уставе Совета по координации есть специальный пункт о том, что решения и рекомендации совета и секций по научным вопросам являются обязательными для всех учреждений, находящихся в сфере координации. Это значительно повышает авторитет и ответственность наших советов и секции по координации.

Примером добросовестной и плодотворной работы проблемного научного совета является, как я уже указал, деятельность Совета по борьбе с селевыми явлениями. Совет выдвинул ряд предложений о строительстве противоселевых сооружений для конкретных объектов. Научным советом разработана координационная программа научно-исследовательских, проектных и организационных работ по эрозионно-селевой проблеме на 1986—1990 гг. Совет приступил к составлению каталога существующих и предусматриваемых противоселевых сооружений. Совет осуществляет тесную связь со всеми заинтересованными организациями республики.

Я думаю, что в самое ближайшее время наша секция должна рассмотреть деятельность научных советов, ликвидировать ненужные и при необходимости организовать новые и определить их конкретные задачи.

Научно-организационная деятельность академиков и членов-корреспондентов

Академик *Асланян А. Т.* Написал очерк «История геологического развития Араратской котловины» в качестве раздела сводного отчета по гидрогеологии Араратской котловины (УГ АрмССР), совместно с М. А. Сатианом подготовил к изданию монографию по проблеме офиолитов, опубликовал ряд статей в Известиях АН АрмССР, выступил с докладами на симпозиумах по геодинамике Кавказа и нефтегазоносности, редактировал карту «Космотектоника Кавказа и сопредельных областей».

Академик *Габриелян А. А.* Совместно с московскими и ленинградскими коллегами составил новую схему ярусного деления палеогена, которая будет рассматриваться на предстоящей сессии Международного геологического конгресса в США.

Руководит работами по составлению тектонической карты Армянской ССР М. 1:200000, выполняемыми Институтом геологических наук и Ереванским госуниверситетом. Составлены легенда и рабочий вариант карты.

Выступил с докладом на семинаре по геодинамике Кавказа, опубликовал ряд статей в ДАН СССР и Известиях АН АрмССР по тектонике и стратиграфии.

Член-корреспондент *Тер-Степанян Г. И.* В отчетном году продолжал теоретические исследования по реологии грунтов, глубинной ползучести склонов и подготовил к изданию очередной номер сборника трудов по геомеханике. Как в опубликованной им монографии, так и в его новой статье, помещенной в сборнике, автор упорно отстаивает

свою точку зрения о том, что современная геологическая эпоха (голоцен) является началом нового—пятиричного геологического периода. Продолжал разработку концепции о связи между реологическими свойствами грунтов и глубинной ползучестью склонов

Член-корреспондент *Багдасарян А. Б.* Написал раздел «Краткая характеристика физико-географических условий республики и оценка подстилающей поверхности Кавказа и Армянского нагорья», как важнейшего климатообразующего фактора по теме «Климат и климатические ресурсы Армянской ССР», приступил к составлению климатических карт различных масштабов для комплексного национального атласа Армянской ССР.

Руководил работами по составлению толкового словаря географических терминов на армянском языке, опубликовал монографию «Климат Еревана» и ряд статей.

Член-корреспондент *Нерсесов И. Л.* Проводил большую организационную работу по выделению радиотелеметрической системы для Араратского сейсмопрогностического полигона, участвовал в работах Советско-Американской комиссии по выявлению подземных взрывов, опубликовал одну монографию и ряд статей.

Член-корреспондент *Мовсесян Р. А.* Руководит работами лаборатории автоматизации высокоточных геодезических измерений Политехнического института. В последние годы эти исследования направлены также на решение задач, связанных с изучением деформаций земной коры.

С этой целью в туннеле Гарнийской геофизической обсерватории создано довольно сложное сооружение, которое должно служить эталоном высокоточных светодальномеров для всей страны.

Под руководством Р. А. Мовсесяна на опытном заводе ЕрПИ в 1966 г. завершена подготовка к массовому производству прибора УСГДИ для дистанционного измерения вертикальных деформаций. Прибор прошел все государственные испытания и рекомендован Госстандартом СССР к выпуску. Эта система также будет установлена в туннеле Гарнийской обсерватории. Выполнен эскизный проект новой лаборатории, создаваемой ЕрПИ совместно с секцией наук о Земле АН АрмССР.

Член-корреспондент *Григорян С. В.* Подготовил и сдал в печать 8 разделов «Справочника по геохимическим методам поисков месторождений полезных ископаемых» (Изд. «Недра», 1988 г.). Сдана в печать монография «Опробование при поисках, разведке и разработке месторождений полезных ископаемых» (Изд. «Недра», 1988 г.). Подготовлена статья «Первичные геохимические ореолы золоторудного месторождения Колор, Индия», которая включена в сборник научных трудов ИГЕМ АН СССР.

Принимал активное участие в разработке программы ноосферного эксперимента в республике, а также целевой комплексной программы Армянской ССР «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов».

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, №4, 23—31, 1987

УДК :552.313(479.25).

Р. Т. ДЖРБАШЯН, К. М. МУРАДЯН, С. О. АЧИКГЕЗЯН, О. П. ГУЮМДЖЯН, С. А. ЗОГРАБЯН, А. И. КАРАПЕТЯН, Г. Г. МИРЗОЯН, Э. М. НАЛБАНДЯН, Р. А. САРКИСЯН, Р. А. ХОРЕНЯН

ПАЛЕОВУЛКАНИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ ОБЛАСТЕЙ С ДЛИТЕЛЬНОЙ МАГМАТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ И СВЯЗЬ С НИМИ ЭНДОГЕННОГО ОРУДЕНЕНИЯ

(на примере территории Армянской ССР)

На примере территории Армянской ССР, значительная часть которой относится к областям длительной (J—Q) магматической активности, рассматриваются особенности эволюции магматизма, оруденения и палеовулканических структур на фоне изменения геодинамических режимов. Показано, что при большом разнообразии состава разновозрастных магматических формаций периодически повторяются известково-щелочные формации и оруденение. Нередко накладываясь друг на друга они приводят к образованию полихронно-полиформационных месторождений.

Описываемая область охватывает юго-западную часть складчато-глыбового сооружения Малого Кавказа между реками Кура и Аракс в пределах Кавказского сегмента Средиземноморского альпийского подвижного пояса [3, 24].

Известно, что Кавказский сегмент, заключенный между Скифской плитой и Аравийской платформой, является одним из наиболее сложно построенных звеньев пояса. Геологическое строение области отражает сложную эволюцию ее развития в различных геотектонических режимах, позволяя на данной, относительно небольшой, территории проследить, в частности, длительную эволюцию бурного вулканизма в интервале от юры до четвертичного времени включительно.

Различным вопросам геологического строения, тектоники, магматизма и рудогенеза Малого Кавказа посвящена обширная литература [1, 7, 8, 17]. Неудивительно, что именно по данному региону предприняты многочисленные попытки построения различных геодинамических моделей [2, 4, 12, 14, 27]. В последнее десятилетие некоторые общие для Малого Кавказа и смежных территорий Ирана и Анатолии вопросы магмогенерации и рудообразования рассмотрены также с позиций тектоники плит, однако при подобном подходе в их решении также встречаются серьезные затруднения.

В современной геологической структуре региона юрско-меловые и палеоген-неогеновые вулканические комплексы отвечают двум крупным—Сомхето-Карабахской (-Кафанской) и Центрально-Армянской структурно-формационным зонам, граница между которыми трассируется Севанским и Зангезурским офиолитовыми швами, отвечающими крупным ступеням в рельефе поверхности фундамента (рис. 1) [3, 7].

Результаты детального палеовулканологического анализа и изучения эволюции вещественного состава пород, слагающих вулканические комплексы в пределах каждой из отмеченных структурно-формационных зон, позволяют выявить особенности их строения.

1. Мощный юрско-меловой вулканизм Сомхето-Кафанской зоны зародился на блоках континентальной коры герцинской консолидации в связи с их деструкцией и погружением [1], контролируемых разломами северо-западного и северо-восточного простираний. В результате, в мелководно-морской обстановке формируется цепь вулканических островов, составляющих Алаверди-Кафанский сегмент (вулканическую зону) [3, 28] крупной Понтийско-Малокавказско-Эльбурской мезозойской островодужной системы. В пределах отмеченного сегмента островной дуги с СЗ на ЮВ выделяется ряд крупных (Алавердская, Шамшадинская, Кафанская [28, 31, 32], а также стоящая несколько особняком Цахкуняцкая [33]) вулканотектонических структур (ВТС), активность которых с некоторыми перерывами сохраняется в интервале от средней юры до верхнего мела в течение около 60 *млн. лет.*

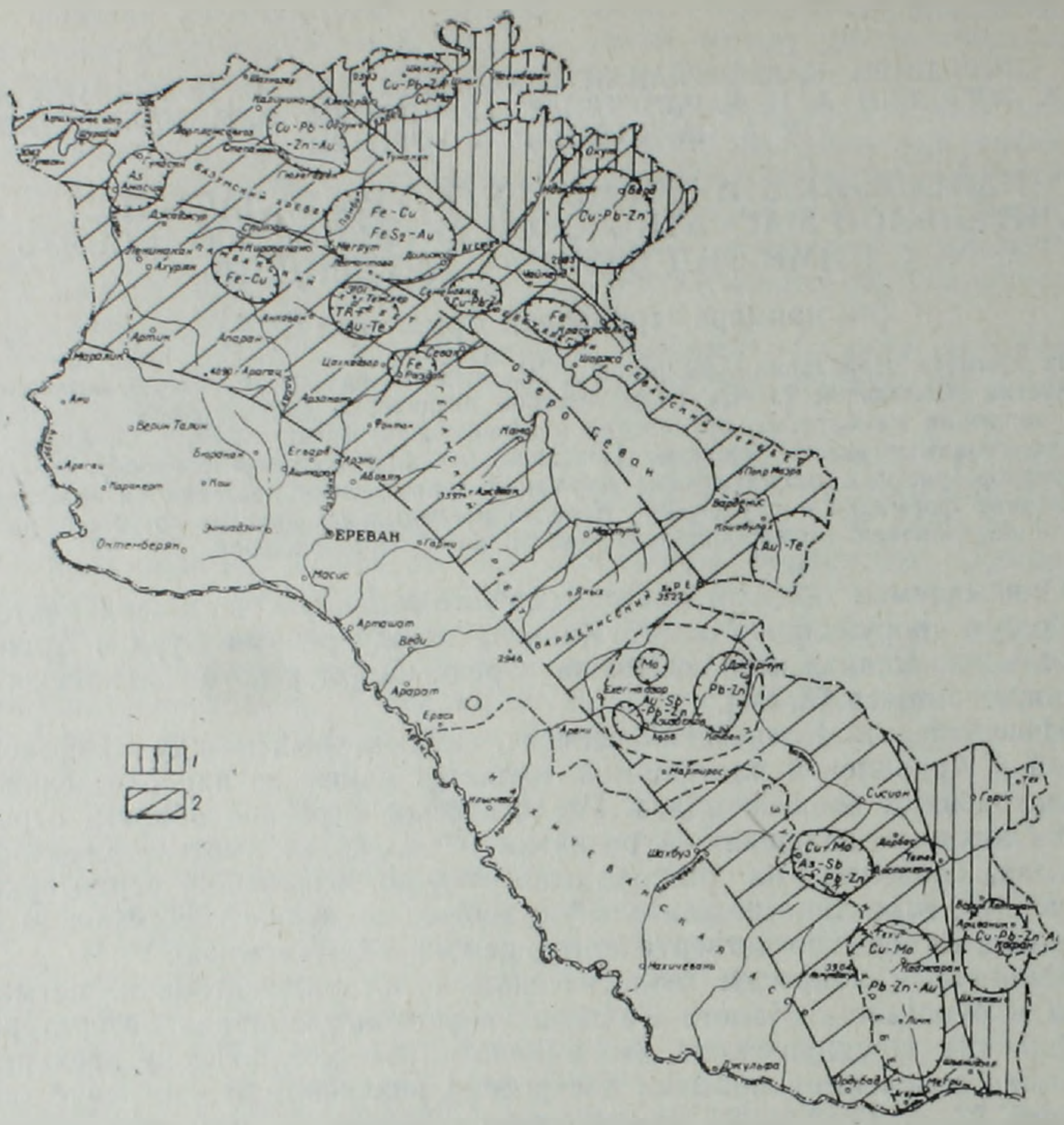


Рис. 1. Схема развития главнейших вулкано-тектонических структур с указанием ведущей минерагенической нагрузки.

1. Область развития юрско-меловых ВТС .
2. Область развития палеогеновых ВТС.

На современном эрозионном срезе в пределах отдельных ВТС, выраженных крупными геоантиклинальными поднятиями, при палеовулканологическом анализе наблюдается довольно сложная картина взаимоотношений лавовых, пирокластических, дайковых, экструзивных и малоглубинных интрузивных фаций, отражающая разные этапы длительной эволюции крупных очаговых структур (рис. 2—3). Проведенный фациальный анализ позволил объединить их в 3 фациальные группы—удаленной, промежуточной и жерлово-прижерловой [32].

Вулканизм Алаверди-Кафанской зоны (рис. 2) и Цахкуняцкого блока выражен в развитии продуктов последовательно дифференцированной известково-щелочной серии, характерной для островных дуг [6, 28, 32]. Начальные члены серии обнаруживают толеитовый тренд. Породы андезитового и андезитобазальтового состава пользуются максимально широким развитием и эволюционируют до дацитов-риолитов (рис. 4—5).

Субщелочные, оливин-базальтовые и трахибазальтовые образования проявлены на конечных (K_2) этапах развития островодужной вулканической зоны и контролируются системой северо-западных и близмеридиональных разломов глубинного заложения, имеющих рифтогенную природу [1, 26].

Петрохимические параметры изученной известково-щелочной серии юры-нижнего мела в целом отражают высокую степень их насы-

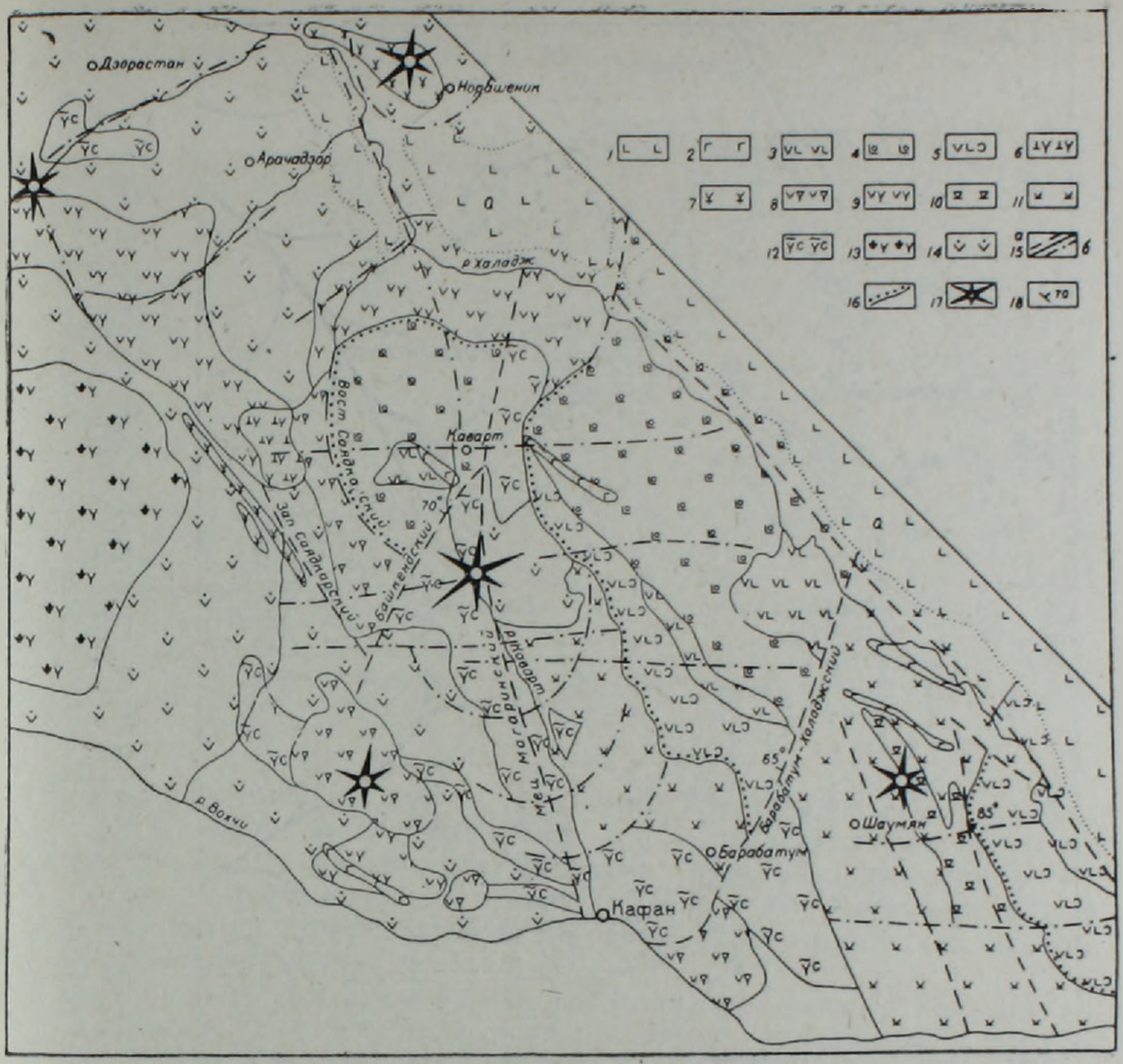


Рис. 2. Схематическая геолого-структурная карта Кафанского рудного поля (составили Ачикгезян С. О., Зограбян С. А., Мирзоян Г. Г., Саркисян Р. А.).

1—четвертичные базальты; 2—ранний мел: габбро; 3—5—поздняя юра: 3—штоки андезитобазальтов; 4—гиалокластиты андезитобазальтов; 5—псаммито-гравийные туфы, туфопесчаники андезитобазальтового состава; 6—14—средняя юра: 6—риодациты; 7—кварцевые дациты; 8—жерловые и околожерловые брекчии андезит-дацитового состава; 9—базокварцевые андезитодациты; 10—инъекционные вулканические брекчии кварцевых андезитов; 11—кварцевые андезиты (барабатумские); 12—туфы и игнимбриты андезит-дацитового состава с линзами известковистых песчаников; 13—брекчиевые лавы андезитодацитов; 14—лавы, брекчиевые лавы и гиалокластиты миндалекаменных андезит-андезитобазальтов; 15—тектонические нарушения: установленные (а) и предполагаемые (б); 16—граница пород средней и верхней юры, 17—центры вулканической деятельности средней юры; 18 —элементы залегания.

щения кремнеземом (даже базальтов и андезитобазальтов), повышенную глиноземистость, железистость, низкие содержания титана и магния, натриевый уклон, при сравнительно низкой общей щелочности (рис. 4) [6, 8].

В то же время рифтогенная природа позднемелового вулканизма определяет отличительные черты его петрографического состава и хи-

мизма, выраженные в широком развитии оливиновых и двупироксеновых базальтов андезитобазальтов и долеритов, характеризующихся недосыщенностью кремнеземом, умеренной железистостью и щелочностью натриевого уклона, высокой известковистью и глиноземистостью [8].

Отмеченным мезозойским вулкано-тектоническим очаговым структурам в пределах зоны соответствуют центры наибольшей концентрации эндогенного оруденения, которые выделяются в рудные районы—Алавердский, Шамшадинский, Кафанский (рис. 1) [13, 28, 32]. Вопросы взаимосвязи оруденения с вулканизмом в их пределах доволь-

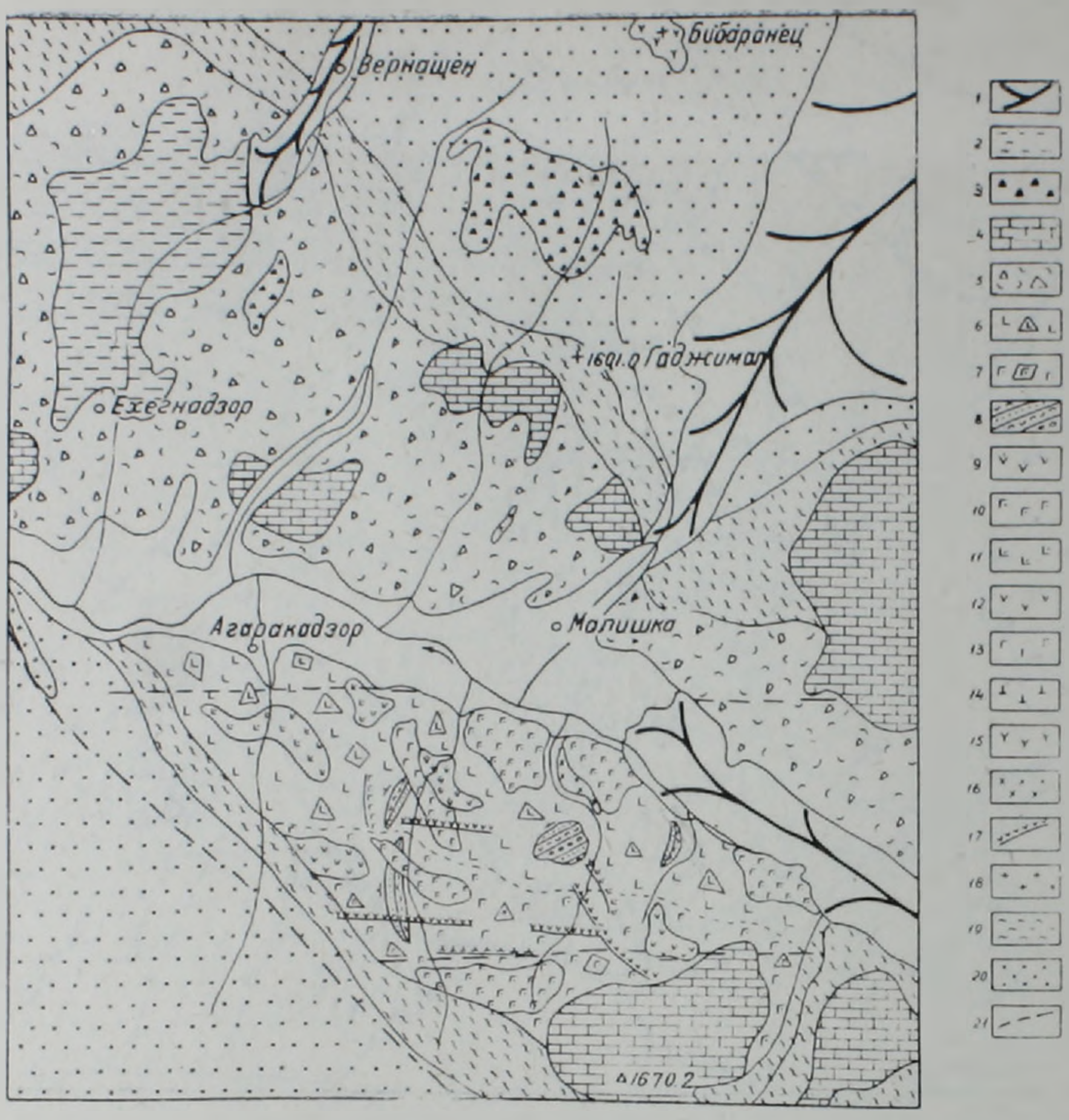


Рис. 3. Схематическая геологическая карта палеогеновой Агаракадзорской вулканической структуры.

1. *Четвертичные* лавы вулкана Далик. 2. Валунно-галечные отложения. *Плиоцен:* 3. Галечники. *Верхний эоцен-олигоцен:* 4. Рифовые известняки. 5—17. Составы фаций извержения Агаракадзорского вулкана: 5. Туфобрекчии, туфы базальтов, андезитобазальтов, с прослоями туфоконгломератов, туфогравелитов. 6. Лавобрекчии, агломераты двупироксеновых базальтов. 7. Лавобрекчии, агломераты амфиболовых (Б. р.о.) андезитобазальтов. 8. Шлаки, лапилли, туфы (рыхлая пирокластика) базальтов, андезитобазальтов. 9. Экструзивы оливиновых базальтов. 10. Экструзивы амфиболовых (Б. р. о.) андезитобазальтов. 11. Экструзивы и дайки пироксеновых базальтов. 12. Экструзивы роговообманковых андезитобазальтов. 14. Дайки долеритовых базальтов. 15. Экструзивы диоритовых порфиритов. 16. Экструзивы амфиболовых (Б. р. о.) андезитобазальтов. 17. Дайки роговообманковых андезитов. 18. Граносиениты. 19. Известковистые песчаники, кремнистые известняки, известняки. *Средний эоцен.* 20. Терригенно-карбонатные флишевые отложения. 21. Тектонические нарушения.

но сложны. Наиболее характерные рудные формации для юры-нижнего мела—медноколчеданная с золотом (Алаверди, Шамлуг, Кафан), колчеданно-полиметаллическая с золотом (Шаумян) отвечают субвулканической генетической подгруппе, а для верхнего мела—марганцевое оруденение собственно-вулканической генетической группы (Саригюх, Севкар и др.). Процессы рудообразования в пределах вулканических структур нередко повторяются и накладываются друг на друга, обуславливая формирование полигенно-полихронных месторождений различных генетических групп (Кафан) [15, 16]. Последние слагают рудные комплексы, в составе которых иногда участвуют полиформационные месторождения [17, 21]. В зависимости от последующей тектонической раздробленности и уровня эродированности блоков, в пределах ВТС соседствуют разные звенья рудных комплексов. Но веду-

щим трендом является смена высокотемпературных рудноминеральных образований низкотемпературными по отношению к центрам вулканической активности [16, 18, 19, 20].

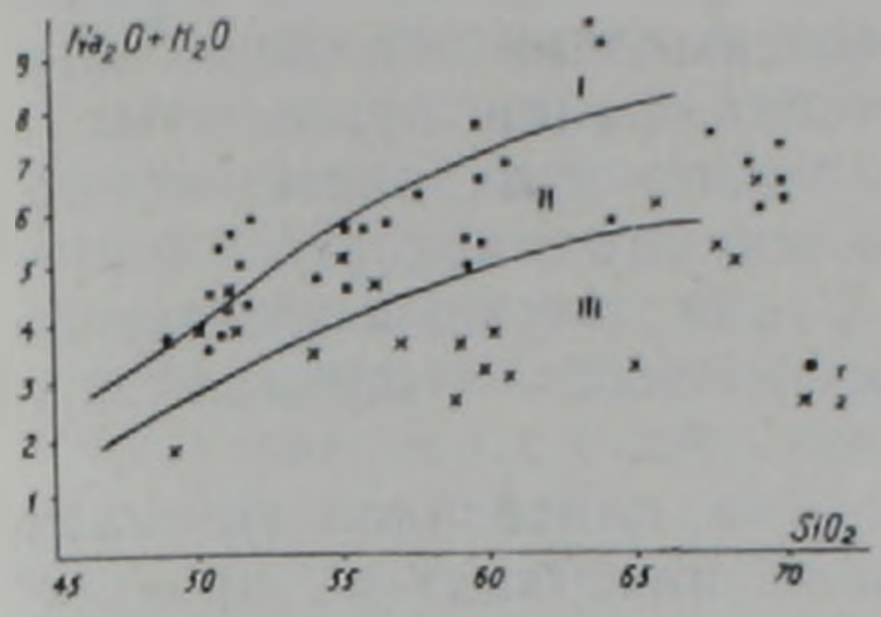


Рис. 4. Диаграмма соотношения общей щелочности—кремнекислотности для средних составов палеогеновых (1) и юрско-меловых (2) вулканических серий Армянской ССР.
Поля по Х. Куно: I—щелочных базальтовых серий; II—высокоглиноземистых базальтовых серий; III—толеитовых базальтоевых серий.

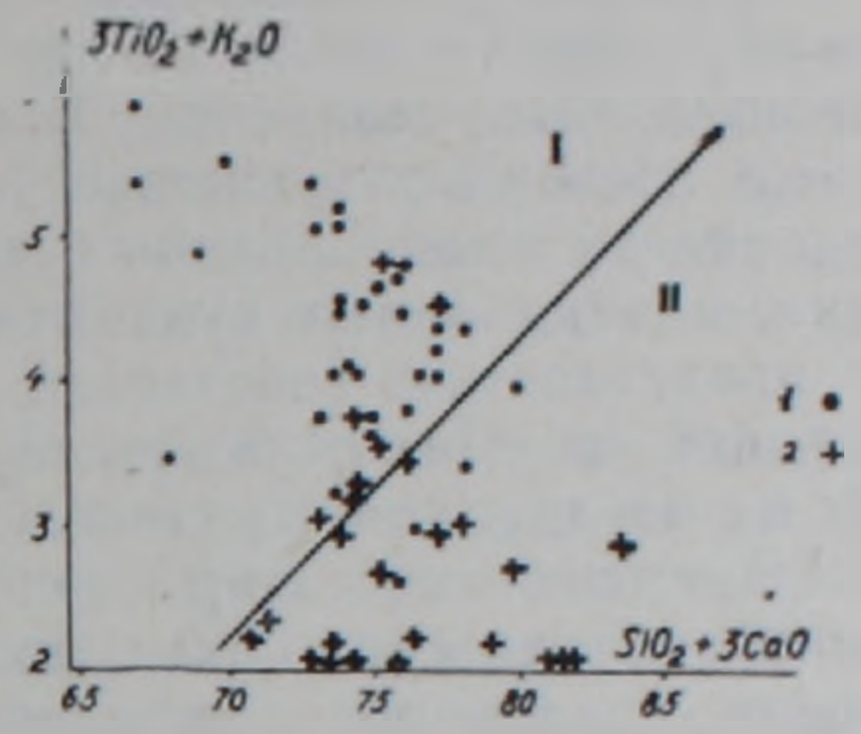


Рис. 5. Средние составы пород палеогеновых (1), юрско-меловых (2) вулканических серий Армянской ССР в связи с геодинамическими обстановками.
Поля по Б. Н. Пискунову: I—континентальных окраин; II—островных дуг.

Подобные вулканические структуры представлены положительными куполовидными сооружениями или вулканотектоническими депрессиями, осложненными нарушениями, зонами дробления и интенсивным разнофациальным гидротермальным метасоматозом [5], а также участками широкого развития даек, субвулканических и гипабиссальных интрузивных тел.

II. В альпийском этапе изученная территория Малого Кавказа, являясь ареной мощного палеоген-неогенового вулканизма (длительностью 40—50 *млн. лет)*, развивалась в геодинамическом режиме активной континентальной окраины [1, 4, 8, 12, 27, 28]. По отношению к уже сформированной мезозойской Сомхето-Карабахской структуре, область проявления данного вулканизма смещается на юго-запад, отвечая преимущественно Центрально-Армянской структурно-формационной зоне.

В юго-восточном направлении описываемая вулканическая зона смыкается с Центральноиранской вулканической зоной—Урмия-Дохтар, слагая вместе с последней единое крупнейшее звено Кавказского сегмента Средиземноморского подвижного пояса.

Палеоген-неогеновый вулканизм развивается на относительно устойчивых континентальных блоках земной коры в связи с процессами их деструкции.

Вулканизм, в целом, характеризуется известково-щелочным, андезитоидным орогенным формационным типом и имеет отчетливо наложенный по отношению к синхронным пликативным структурам характер (рис. 4, 5). Петрохимические особенности продуктов данного вулканизма выражены в насыщенности и пересыщенности кремнеземом всех породных групп, в повышенной глиноземистости, железистости и известковистости при низких содержаниях титана и магния и в возрастании калинатриевой, особенно калиевой щелочности [1, 6, 8].

Палеогеографическая обстановка данного периода отражает быструю смену мелководно-морского, островного режима, лагунно-континентальным и наземным. Тип вулканических извержений центральный, взрывной. Выделяются отдельные области (Зангезур, Вайк, Базум, Гегам), в пределах которых повышенная вулканическая активность сохраняется в течение всего альпийского этапа до четвертичного времени включительно. Современный эрозионный срез отражает разные

уровни эродированности отмеченных областей и позволяет проследить особенности их строения и рудоносности.

Зангезурская вулканическая область—это пример наиболее глубоко эродированного блока, в пределах которого отдельные палеоген-неогеновые вулканические структуры сохранились плохо [11, 25]. Пирокластические, эффузивные и осадочные фации пользуются крайне ограниченным развитием. В то же время максимально обнажены корневые зоны—экструзивные и субвулканические фации вулканизма в виде даек, штокообразных интрузивных массивов вулканического облика, инъекционных вулканических брекчий, наряду с которыми широко представлены собственно интрузивные фации, в частности, самый большой на Малом Кавказе сложный многофазный Мегринский плутон и ряд других интрузивов.

В пределах обширного Зангезурского узла длительной магматической активности, охватывающей временной интервал от среднего эоцена до плиоцена, отмечены довольно сложные взаимоотношения разноформационного оруденения—от глубинно-вулканических (медно-молибденовая) через субвулканические (убогосульфидная кварц-золоторудная, полиметаллическая с золотом) к собственно вулканическим (реальгар-аурипигментовая, киноварь-метациннабаритовая и др.) рудным формациям [17].

Для данного узла характерны крупные сложнопостроенные вулкано-интрузивные структуры, сформированные дифференцированной известково-щелочной серией базальтов-андезитобазальтов-андезитов и в меньшей мере дацит-риолитов, осложненные внедрением больших масс интрузивных комплексов габбро-гранодиоритовой и габбро-монцонитовой формаций [1].

Вулканическая область Вайка представляет собой относительно опущенный слабоэродированный блок, где вулканические образования слагают изолированные, хорошо картируемые палеовулканические структуры, с широким развитием пирокластических и агломерато-брекчиевых фаций (рис. 3). Здесь развиты небольшие моногенные вулканические структуры с кальдерами обрушения, сложенные преимущественно породами базальт-трахибазальт-андезит-трахиандезитового состава и прорванные дайками, силловыми залежами и экструзивами основного и среднего составов [1, 29].

В пределах отдельных вулканических центров размещаются медно-молибденовое и киноварь-метациннабаритовое или полиметаллическое (с золотом) и реальгар-аурипигментовое оруденения, соответствующие субвулканической и собственно-вулканической группам рудных формаций.

Базумский блок представляет пример более сложной неоднородной крупной структуры в пределах протяженной Севанской приразломной троговой зоны. Особенности вулканизма в пределах этой зоны обусловлены разноглубинным положением отдельных участков фундамента. Следы этих различий выражены в развитии разномасштабных вулканических и вулкано-интрузивных структур. Отличительной особенностью вулканизма данной зоны является широкое развитие, наряду с вулкано-интрузивными структурами, дацит-риолитовых вулкано-купольных структур и соответственно широкое проявление андезит-дацит-риолитовых вулканических комплексов [9, 12]. Отмеченные вулкано-купольные структуры характеризуются локализацией оруденения серно-медноколчеданной и золото-полиметаллической субвулканических формаций.

К данной же зоне, на стыке разноориентированных разломов в области сочленения Севанской зоны с Цахкуняцким выступом кристаллического фундамента, приурочена уникальная по строению и составу Тежсарская кольцевая вулкано-интрузивная структура [10]. Последняя сложена трахиандезитовыми и фонолит-трахитовыми сериями, прорванными центральным и кольцевым интрузивами щелочных сие-

нитов с весьма своеобразной флюорит-магнетит-редкометальной минерализацией.

Таким образом, изученная территория Малого Кавказа, начиная с юрского и до неогенового времени оставалась областью высокой вулканической активности. В результате формировалось большое разнообразие разновозрастных вулканических формационных рядов—от базальтов до риолитов и трахит-фонолитов. Однако, сквозь это разнообразие отчетливо проявляется главная тенденция развития вулканизма данной территории Малого Кавказа, выраженная в периодической повторяемости (юра-мел-палеоген-неоген) известково-щелочных андезитовых формаций.

Внутреннее строение разновозрастных вулканических комплексов и особенности их вещественного состава позволяют проследить эволюцию геодинамических режимов их проявления на разных этапах геологической истории. В мезозое область развивалась на блоках с корой переходного типа в режиме островной дуги и интрадуговых рифтогенных структур. В палеоген-неогене вулканизм пространственно смещается в области с более мощной континентальной корой, развиваясь уже в режиме активной континентальной окраины.

В тесном соответствии с эволюцией геодинамических режимов изменяются палеогеографические обстановки проявления вулканизма, усложняются его тип и характер, а также внутреннее строение крупных вулкано-тектонических структур, обусловленное дальнейшей активизацией разноориентированных разломов.

Концентрация разнотипного эндогенного оруденения в центрах вулканической активности прослеживается на всех этапах, с возрастанием от юры к неогену глубинно-вулканических групп рудных формаций. При этом субвулканические рудные формации доминируют на всех этапах геотектонического развития области. Иногда по разломам, пересекающим вулканические структуры, на указанные рудные формации накладывается более молодое плутоногенно-гидротермальное оруденение, что значительно осложняет отмеченные общие закономерности.

Ордена Трудового Красного Знамени
Институт геологических наук АН
Армянской ССР

Поступила 3.II.1987.

R. T. DJERBASHIAN, K. M. MURADIAN, S. H. ACHIKGUEOZIAN,
H. P. GUYUMDJIAN, S. A. ZOHRABIAN, A. I. KARAPETIAN, H. G. MIRZOYAN,
E. M. NALBANDIAN, R. H. SARKISIAN. R. A. KHORENIAN

PROLONGED MAGMATIC ACTIVITY REGIONS PALEOVOLCANIC STRUCTURES AND ENDOGENOUS MINERALIZATION (THE ARMENIAN SSR TERRITORY AS AN EXAMPLE)

Abstract

The Armenian SSR territory being an example, the significant part of which is attributed to regions of prolonged (J—Q) magmatic activity, the pecularities of magmatism, mineralization and paleovolcanic structures evolution are considered against a background of geodynamical regions variation. It is shown, that in conditions of a great compositional diversity of different age magmatic formations the calc-alkaline series and mineralization have been periodically repeated. They have been often superimposed against each other and have formed polychronous-polyformational ore deposits.

Ռ. Տ. ՋՐԲԱՇՅԱՆ, Կ. Մ. ՄԱՒՐԱԴՅԱՆ, Ս. Հ. ԱԶԻՔԳՅՈՉՅԱՆ, Հ. Պ. ԳՈՒՅՈՒՄՋՅԱՆ
Ս. Ա. ՋՈՀՐԱԲՅԱՆ, Ա. Ի. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Հ. Գ. ՄԻՐՋՈՅԱՆ, Է. Մ. ՆԱԼԲԱՆԴՅԱՆ,
Ի. Հ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, Ի. Ա. ԽՈՐԵՆՅԱՆ

ՏԵՎԱԿԱՆ ՄԱԳՄԱՏԻԿ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ՄԱՐՉԵՐԻ ՀՆԱՀՐԱԲԱՆԱՅԻՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐԸ ԵՎ ՆՐԱՆՑ ՀԵՏ ՆԵՐԾԻՆ ՀԱՆՔԱՅՆԱՑՄԱՆ ԿԱՊԸ (ՀՍՍՀ բնատարածքի օրինակով)

Ամփոփում

ՀՍՍՀ բնատարածքի օրինակով, որի զգալի մասն, ըստ հեղինակների կարծիքի, պատկանում է տևական (J—Q) մագմատիկ ակտիվության մարզերին, դիտվում են մագմատիզմի, հանքայնացման և հնահրաբխային կառույցների էվոլյուցիայի առանձնահատկություններն՝ երկրադինամիկ պայմանների փոփոխությունների ֆոնի վրա։ Ցույց է տրված, որ տարահասակ մագմատիկ ֆորմացիաների մեծ բազմապանության պայմանների դեպքում կրկնվում են կրալկալային ֆորմացիաները և հանքայնացումը՝ երբեմն միմյանց վրա վերադրվելով, դրանք բերում են պոլիքրոն-պոլիֆորմացիոն հանքավայրերի առաջացմանը։

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абовян С. Б., Агамалян В. А. и др.* Магматические и метаморфические формации Армянской ССР. Ереван: Изд. АН Арм. ССР, 1981, 327 с.
2. *Адамия Ш. А., Асанидзе Б. З., Печерский Д. М.* Геодинамика Кавказа (опыт палинспастических реконструкций).—В кн.: Проблемы геодинамики Кавказа. М: Наука, 1982, с. 13—21.
3. *Асланян А. Т.* История тектонического развития Тавро-Кавказской области. Ереван: Изд. АН Арм. ССР, 1984, 160 с.
4. *Ачикгезян С. О.* О геодинамическом развитии и металлогении Малого Кавказа в мезокайнозое.—Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, 1985, т. 38, № 5, с. 71—80.
5. *Ачикгезян С. О.* Гидротермальные метасоматиты Кафанского рудного района Армянской ССР.—Тез. докл. Всесоюз. совещ. «Регион. и локал. метасом. Кавказа и крит. их рудоносности». Тбилиси: Мецниереба, 1986, с. 31—33.
6. *Ачикгезян С. О., Зограбян С. А., Мирзоян Г. Г., Саркисян Р. А.* Петрохимические особенности мезокайнозойских магматических комплексов Кафанского рудного района и некоторые вопросы их рудоносности.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1983, т. 36, № 2, с. 3—18.
7. *Габриелян А. А., Саркисян О. А., Симонян Г. П.* Сейсмотектоника Армянской ССР. Ереван: Изд. ЕГУ, 1981, 284 с.
8. *Джрбашян Р. Т. Мнацаканян А. Х.* Генетическая позиция и эволюция мезокайнозойских вулканических формаций центральной части Малого Кавказа. «Вулканология и сейсмология», № 1, 1981, с. 15—23.
9. *Джрбашян Р. Т., Елисеева О. П., Мнацаканян А. Х., Остроумова А. С., Фаворская М. А.* Связь мелового и палеогенового вулканизма Армении с типами развития геосинклинальных прогибов. М.: Наука, 1968, 154 с.
10. *Джрбашян Р. Т., Меликсетян Б. М.* Геохимические и петрогенетические особенности щелочной вулканической серии Памбакского хребта.—Зап. Арм. отд. ВМО, вып. 7. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1974, с. 66—76.
11. *Джрбашян Р. Т., Гуюмджян О. П., Таян Р. Н.* Палеовулканические формации позднеальпийского этапа развития юго-восточного склона Малого Кавказа. В кн.: Палеовулканизм и его продукты. Петрозаводск: Изд. Карел. ФАН СССР, 1977, с. 81—87.
12. *Джрбашян Р. Т., Мурадян К. М.* Палеоген-неогеновые вулканические структуры территории Армянской ССР и связь с ними эндогенного оруденения.—Тез. докл. VII Всесоюзн. палеовулк. симпозиума, ч. II. Гашкент, 1986, с. 152—153.
13. *Зограбян С. А., Ачикгезян С. О., Мирзоян Г. Г., Саркисян Р. А.* Закономерности размещения оруденения и оценка перспектив Кафанского рудного района.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1984, т. 37, № 1, с. 32—44.
14. *Зоненшайн Л. П., Сывостин Л. А.* Введение в геодинамику. М:. Недра, 1979, 311с.
15. *Карапетян А. И.* Об обнаружении молибденовой минерализации в пределах Кафанского колчеданно-полиметаллического месторождения.—ДАН АрмССР, 1968, т. XLVI, № 4, с. 192—194.
16. *Карапетян А. И.* О полиэтапности минерализации на примере некоторых эндогенных месторождений Армянской ССР.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1970, т. XXIII, № 1, с. 65—72.
17. *Карапетян А. И.* Эндогенные рудные формации Памбак-Зангезурской металлогенической зоны Малого Кавказа. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1982, 348с.

18. *Карапетян А. И.* Роль узлов пересечений кольцевых и локальных структур в размещении руд для прогноза вулканогенного оруденения.—Тез. докл. Всесоюз. совещ. «Структуры рудных полей вулканических поясов». Владивосток, 1985, с.84—86.
19. *Карапетян А. И.* О генетической связи и возрастных взаимоотношениях месторождений медноколчеданной и медно-молибденовой рудных формации.—Тез. докл. VI Всесоюз. вулканолог. совещ. «Вулканизм и связанные с ним процессы», вып. 2. Петропавловск—Камчатский, 1985, с. 62—65.
20. *Карапетян А. И.* О пространственной связи и возрастных взаимоотношениях пород вулканических центров и полигенно-полихронных месторождений вулканогенно-гидротермальных рудных формаций (на примере рудных формаций АрмССР).—Тез. докл. VII Всесоюз. палеовулк. симп. «Сводные палеовулканологич. карты СССР. Вулканизм и металлогения Сред. Азии. Общие вопросы палеовулканизма». Ташкент, 1986, с. 245—246.
21. *Карапетян А. И., Гуюмджян О. П., Налбандян Э. М.* Об основном принципе построения геолого-генетической модели полиформационно-полиэтапных месторождений на примере рудных формаций Малого Кавказа.—Тез. докл Всесоюз. совещ. «Генетические модели эндогенных рудных формаций», т. III. Новосибирск, 1985, с. 72—73.
22. *Карапетян А. И., Гуюмджян О. П., Налбандян Э. М.* О некоторых особенностях размещения месторождений вулканогенных рудных формаций вокруг центров вулканической активности Армянской ССР.—Тез. докл. VII Всесоюз. палеовулк. симп. «Вулканические структуры (проблемы образов. и связанная с ними металлогения)», часть II, Ташкент, 1986, с. 155—156.
23. *Лордкипанидзе М. Б., Адамия Ш. А., Асанидзе Б. З.* Эволюция активных окраин океана Тетис (на примере Кавказа). Тр. 27-го МГК. Палеовулканология, т. 3. М.: Наука, 1984, с. 72—83.
24. *Милановский Е. Е., Короновский Н. В.* Орогенный вулканизм и тектоника Альпийского пояса Евразии. М.: Недра, 1973, 279 с.
25. *Мирзоян Г. Г., Ачикгезян С. О., Зограбян С. А., Саркисян Р. А.* Об обнаружении продуктов палеогенового вулканизма в Кафанском рудном районе.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1984, т. 37, № 4, с. 53—59.
26. *Мнацаканян А. Х.* Петрология верхнемеловой вулканической серии северной Армении. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1981, 241 с.
27. *Мурадян К. М.* Геодинамическая модель Малого Кавказа и ее прикладное значение в металлогении Армянской ССР. В сб. V Всесоюзного палеовулк. симпозиума, ч. 1, Киев: Наукова думка, 1981, с. 122—123.
28. *Мурадян К. М., Джрбашян Р. Т.* Юрско-меловые вулканические структуры и связанная с ними металлогения (на примере Армянской ССР). Тез. докладов VII Всесоюзного палеовулк. симпозиума, ч. II, Ташкент, 1986, с. 153—155.
29. *Остроумова А. С.* Палеогеновый вулканизм Западного Айоцдзора. В кн.: Геология АрмССР, т. IV, Петрография. Вулканические породы. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1970, с. 305—308.
30. *Паффенгольц К. Н.* Геологический очерк Кавказа. Ереван. Изд. АН АрмССР, 1959, 505 с.
31. *Саркисян Р. А., Ачикгезян С. О., Зограбян С. А., Мирзоян Г. Г.* Новые данные о структуре Кафанского рудного района.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1983, т. 36, № 5, с. 28—40.
32. *Хачатурян Э. А., Мурадян К. М.*—Вулканогенные формации и колчеданное оруденение Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, т. 35, 1982, № 2, с. 21—26.
33. *Хоренян Р. А.* Раннемеловые вулканические структуры северного обрамления Центрального нагорья Армении. Тез. докл. VII Всесоюзного палеовулк. симпозиума, ч. II. Ташкент, 1986, с. 156—158.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL., № 4, 31—44, 1987

УДК: 553.2 (479.25)

Ш. О. АМИРЯН, Г. О. ПИДЖЯН, А. С. ФАРАМАЗЯН

СТАДИИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ И МИНЕРАЛЫ РУД ТЕХУТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В работе рассмотрены стадийность развития процесса рудообразования, минеральные парагенезисы и типоморфные особенности минералов. Установлено, что формирование руд происходило в восемь стадий минерализации, из которых продуктивными по молибдену и меди являются: кварц-молибденитовая, кварц-ангидрит-пирит-халькопирит-молибденитовая и кварц-ангидрит-пирит-халькопиритовая. По минеральному составу и характеру оруденения Техутское месторождение относится к медно-молибденовой порфировой формации руд штокверкового типа.

Техутское медно-молибденовое порфировое месторождение изучается и разведуется многие годы [1, 2, 3, 4], однако специальные, си-

18. *Карапетян А. И.* Роль узлов пересечений кольцевых и локальных структур в размещении руд для прогноза вулканогенного оруденения.—Тез. докл. Всесоюз. совещ. «Структуры рудных полей вулканических поясов». Владивосток, 1985, с.84—86.
19. *Карапетян А. И.* О генетической связи и возрастных взаимоотношениях месторождений медноколчеданной и медно-молибденовой рудных формации.—Тез. докл. VI Всесоюз. вулканолог. совещ. «Вулканизм и связанные с ним процессы», вып. 2. Петропавловск—Камчатский, 1985, с. 62—65.
20. *Карапетян А. И.* О пространственной связи и возрастных взаимоотношениях пород вулканических центров и полигенно-полихронных месторождений вулканогенно-гидротермальных рудных формаций (на примере рудных формаций АрмССР).—Тез. докл. VII Всесоюз. палеовулк. симп. «Сводные палеовулканологич. карты СССР. Вулканизм и металлогения Сред. Азии. Общие вопросы палеовулканизма». Ташкент, 1986, с. 245—246.
21. *Карапетян А. И., Гуюмджян О. П., Налбандян Э. М.* Об основном принципе построения геолого-генетической модели полиформационно-полиэтапных месторождений на примере рудных формаций Малого Кавказа.—Тез. докл Всесоюз. совещ. «Генетические модели эндогенных рудных формаций», т. III. Новосибирск, 1985, с. 72—73.
22. *Карапетян А. И., Гуюмджян О. П., Налбандян Э. М.* О некоторых особенностях размещения месторождений вулканогенных рудных формаций вокруг центров вулканической активности Армянской ССР.—Тез. докл. VII Всесоюз. палеовулк. симп. «Вулканические структуры (проблемы образов. и связанная с ними металлогения)», часть II, Ташкент, 1986, с. 155—156.
23. *Лордкипанидзе М. Б., Адамия Ш. А., Асанидзе Б. З.* Эволюция активных окраин океана Тетис (на примере Кавказа). Тр. 27-го МГК. Палеовулканология, т. 3. М.: Наука, 1984, с. 72—83.
24. *Милановский Е. Е., Короновский Н. В.* Орогенный вулканизм и тектоника Альпийского пояса Евразии. М.: Недра, 1973, 279 с.
25. *Мирзоян Г. Г., Ачикгезян С. О., Зограбян С. А., Саркисян Р. А.* Об обнаружении продуктов палеогенового вулканизма в Кафанском рудном районе.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1984, т. 37, № 4, с. 53—59.
26. *Мнацаканян А. Х.* Петрология верхнемеловой вулканической серии северной Армении. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1981, 241 с.
27. *Мурадян К. М.* Геодинамическая модель Малого Кавказа и ее прикладное значение в металлогении Армянской ССР. В сб. V Всесоюзного палеовулк. симпозиума, ч. 1, Киев: Наукова думка, 1981, с. 122—123.
28. *Мурадян К. М., Джрбашян Р. Т.* Юрско-меловые вулканические структуры и связанная с ними металлогения (на примере Армянской ССР). Тез. докладов VII Всесоюзного палеовулк. симпозиума, ч. II, Ташкент, 1986, с. 153—155.
29. *Остроумова А. С.* Палеогеновый вулканизм Западного Айоцдзора. В кн.: Геология АрмССР, т. IV, Петрография. Вулканические породы. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1970, с. 305—308.
30. *Паффенгольц К. Н.* Геологический очерк Кавказа. Ереван. Изд. АН АрмССР, 1959, 505 с.
31. *Саркисян Р. А., Ачикгезян С. О., Зограбян С. А., Мирзоян Г. Г.* Новые данные о структуре Кафанского рудного района.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1983, т. 36, № 5, с. 28—40.
32. *Хачатурян Э. А., Мурадян К. М.*—Вулканогенные формации и колчеданное оруденение Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, т. 35, 1982, № 2, с. 21—26.
33. *Хоренян Р. А.* Раннемеловые вулканические структуры северного обрамления Центрального нагорья Армении. Тез. докл. VII Всесоюзного палеовулк. симпозиума, ч. II. Ташкент, 1986, с. 156—158.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL., № 4, 31—44, 1987

УДК: 553.2 (479.25)

Ш. О. АМИРЯН, Г. О. ПИДЖЯН, А. С. ФАРАМАЗЯН

СТАДИИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ И МИНЕРАЛЫ РУД ТЕХУТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В работе рассмотрены стадийность развития процесса рудообразования, минеральные парагенезисы и типоморфные особенности минералов. Установлено, что формирование руд происходило в восемь стадий минерализации, из которых продуктивными по молибдену и меди являются: кварц-молибденитовая, кварц-ангидрит-пирит-халькопирит-молибденитовая и кварц-ангидрит-пирит-халькопиритовая. По минеральному составу и характеру оруденения Техутское месторождение относится к медно-молибденовой порфировой формации руд штокверкового типа.

Техутское медно-молибденовое порфировое месторождение изучается и разведуется многие годы [1, 2, 3, 4], однако специальные, си-

стематические минералого-геохимические исследования руд были начаты с 1978 года Институтом геологических наук АН АрмССР. Детальными исследованиями в первую очередь был охвачен Центральный участок месторождения, как наиболее интересный по геологическому строению и перспективный в отношении медно-молибденового штокверкового оруденения. При проведении минералого-геохимических исследований большое внимание было уделено выявлению парагенетических ассоциаций минералов и минерального состава руд.

1. Стадийность развития процессов рудообразования

Геологические и минералого-геохимические исследования показывают, что формирование Техутского месторождения происходило длительное время, в сложных термодинамических и физико-химических условиях [2]. Начальный период рудного процесса характеризуется интенсивным гидротермальным изменением вмещающих пород (хлоритизацией, окварцеванием, серицитизацией, каолинизацией и др.). Собственно рудообразовательный процесс представляет собой проявление нескольких импульсов трещинообразования и последовательного отложения различных парагенетических ассоциаций минералов.

На основании изучения минерального состава, текстурно-структурных особенностей руд, возрастных взаимоотношений различных парагенетических ассоциаций минералов авторы в процессе гидротермального рудообразования выделяют следующие стадии минерализации: кварцевую (безрудную); кварц-молибденитовую; кварц-пиритовую; кварц-ангидрит-пирит-халькопирит-молибденитовую; кварц-ангидрит-пирит-халькопиритовую; кварц-карбонат-пирит-халькопирит-сфалеритовую; кварц-карбонатную и гипсовую—безрудные (рис. 1). Вопросы стадийного развития рудообразовательных процессов сложные и часто спорные, поэтому при дальнейших исследованиях возможны некоторые изменения; в частности, на наш взгляд, недостаточно четко определены время проявления кварц-пиритовой и ангидритовой стадий минерализации [2].

Среди отмеченных стадий минерализации продуктивными являются кварц-молибденитовая, кварц-ангидрит-пирит-халькопирит-молибденитовая и кварц-ангидрит-пирит-халькопиритовая.

По морфологическим особенностям и способу отложения рудных компонентов выделяются прожилковые, прожилково-вкрапленные, вкрапленные, жильные, брекчиевидные разности руд. Широким распространением пользуются прожилково-вкрапленные руды, образующие достаточно протяженные и мощные зоны. Именно они представляют интерес в отношении молибдена и меди, образуя штокверковый тип оруденения.

Кварцевая стадия представлена жилами и прожилками сливного серовато-белого кварца. Жилы и прожилки приурочены к близширотным, северо-восточным и северо-западным трещинам. В местах наложения рудной минерализации в кварцевых жилах и прожилках отмечаются пирит, халькопирит, молибденит в виде вкрапленности и небольших гнезд. Эта стадия минерализации имеет широкое площадное распространение и является наиболее ранней, прожилки кварца секутся продуктами более поздних стадий минерализации (рис. 2).

Кварц-молибденитовая стадия представлена маломощными прожилками, гнездами, примазками и вкрапленностью рудной минерализации. Состав кварц-молибденитовых прожилков довольно простой—кроме главных минералов—кварца и молибденита, встречаются включения пирита и реже халькопирита. Кварц представлен различной структурой и многообразием оттенков; местами развит темно-серый кварц, цвет которого обусловлен тончайшей рассеянной вкрапленностью молибденита. Мощность кварц-молибденитовых прожилков колеблется в пределах 0,1—2,0 *см*, редко достигая 5—8 *см*. Обычно в прожилках молибденит развивается в зальбандах в виде тонкой ото-

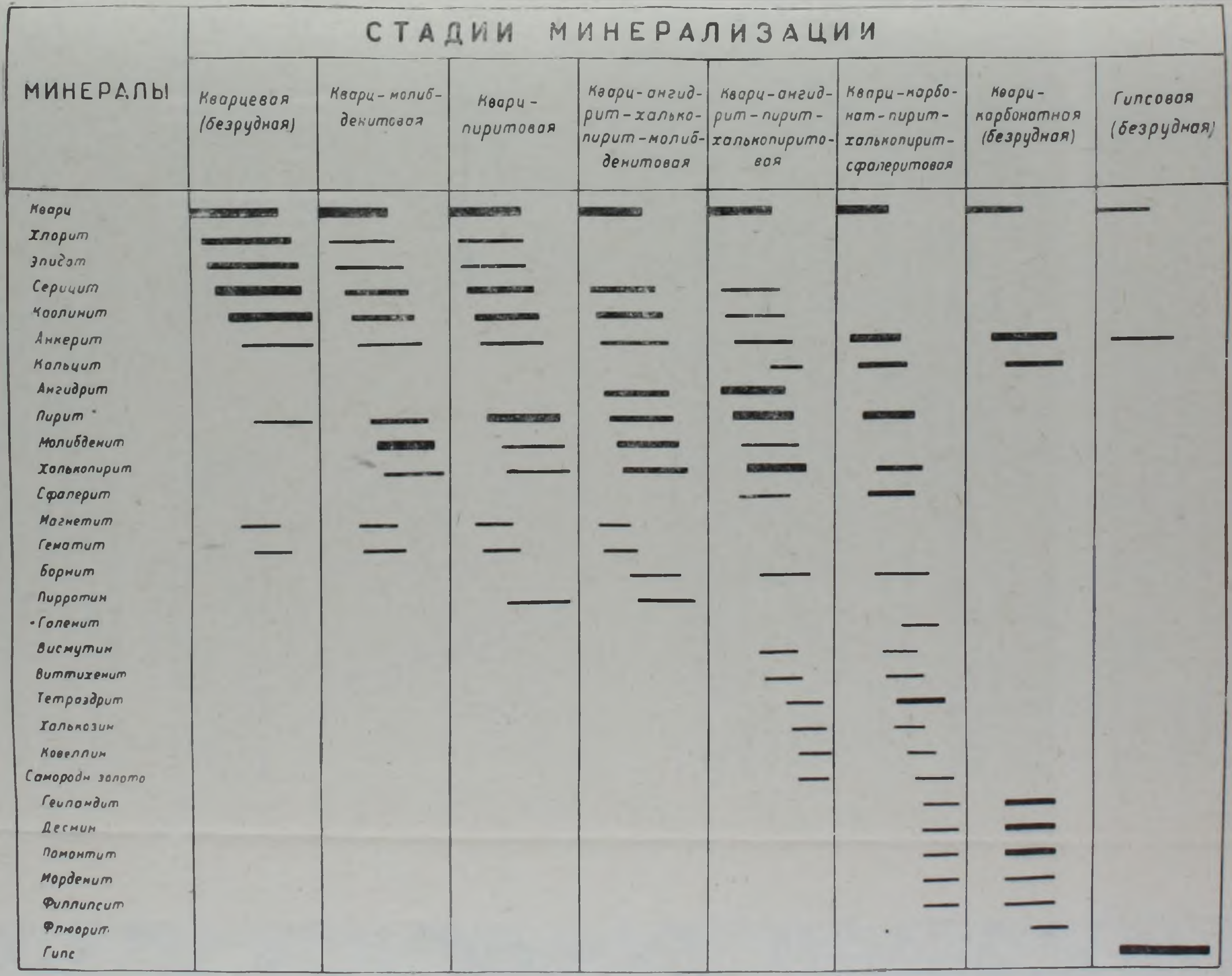


Рис. 1. Схема стадийности рудообразования и последовательности выделения минералов.

рочки чешуйчатых агрегатов. В брекчиевидных типах руд кварц-молибденитовая минерализация цементирует брекчии раннего кварца и сильно гидротермально измененных пород.

Кварц-молибденитовая стадия является главной продуктивной стадией для молибдена, с которой связано примерно 70% молибдена месторождения. Эта стадия минерализации сопровождается хлоритизацией, серицитизацией и каолинизацией вмещающих пород.

Кварц-пиритовая стадия представлена мощными зонами прожилково-вкрапленной минерализации, жилами, гнездами, карманами, а также массивными скоплениями крупнокристаллического пирита. Выделения пирита встречаются пентагон-долекаэдрическими, ромбододекаэдрическими кристаллами и их комбинациями, размеры которых иногда достигают 3—4 *см*. Наряду с кварцем и пиритом в этой ассоциации развиты прожилковые и гнездовидные скопления тонко-среднечешуйчатого молибденита. В полях грубозернистых агрегатов пирита этой генерации под микроскопом отмечаются мельчайшие оваловидные выделения борнита, пирротина и халькопирита.

Кварц-пиритовая стадия минерализации сопровождается околожильным окварцеванием, серицитизацией и каолинизацией вмещающих пород.

Кварц-ангидрит-пирит-халькопирит-молибденитовая стадия является одной из продуктивных. Руды этой стадии представлены протяженными зонами прожилково-вкрапленной минерализации, обычно образуя многочисленные пересечения с другими, более ранними образованиями (рис. 3). Эти зоны контролируются нарушениями северо-восточного и близмеридионального простирания. В составе руд главными жильными минералами являются кварц и ангидрит; рудные минералы представлены молибденитом, халькопиритом, пиритом с преобладанием последних двух.

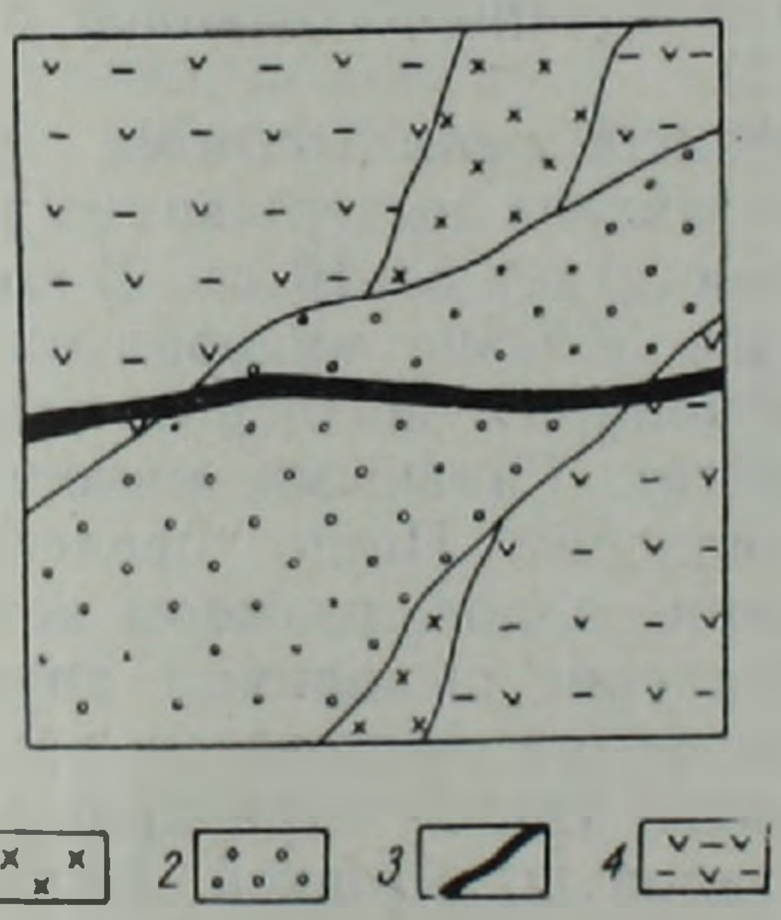


Рис. 2. Взаимоотношение прожилков различных стадий минерализации (шт. 2, штр. 2). 1. Ранний безрудный кварц. 2. Ангидрит. 3. Кварц-ангидрит-пирит-халькопирит-молибденитовый прожилок. 4. Сильно гидротермально измененная порода.

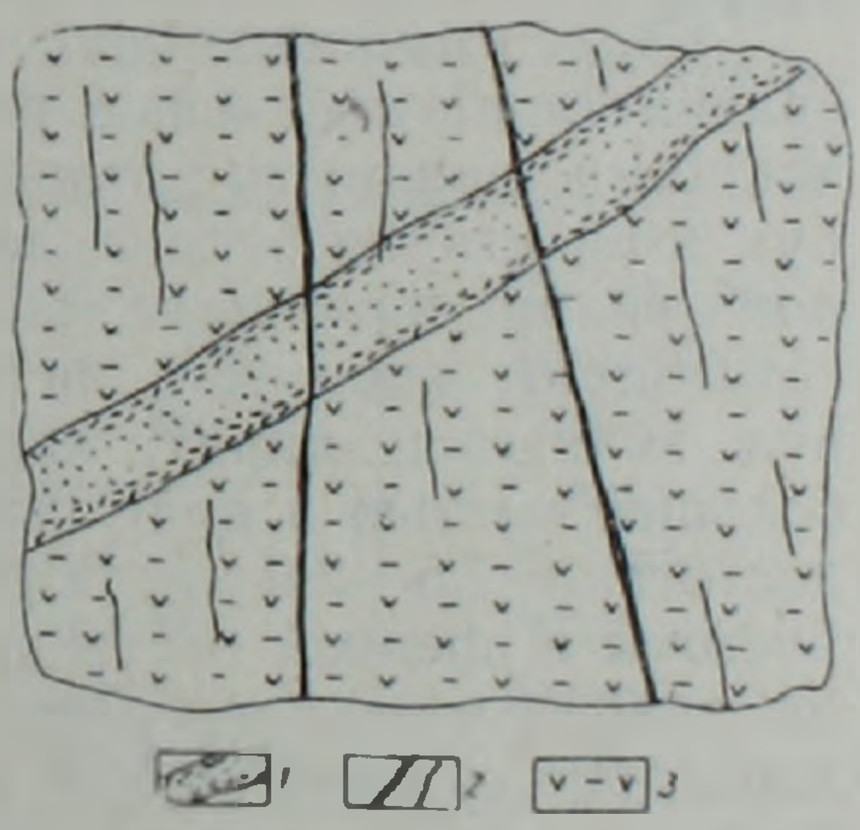


Рис. 3. Взаимоотношение прожилков различных стадий минерализации (шт. 2, ствол. 680 м). 1. Кварц-молибденитовый. 2. Кварц-ангидрит-пирит-халькопирит-молибденитовый. 3. Сильно гидротермально измененная порода.

Наиболее ранним минералом в этом парагенезисе является кварц, минерализация ангидрита цементирует и замещает массивные образования кварца. Ангидрит иногда представлен мощными жилами и гнездами, образуя крупнокристаллические агрегаты сиреневого цвета. Пирит-халькопирит-молибденитовые руды сопровождаются окварцеванием, серицитизацией и каолинизацией вмещающх пород.

Прожилки этой стадии минерализации пересекают кварц-молибденитовые и кварц-пиритовые руды (рис. 4), а сами секутся более поздними пирит-халькопиритовыми и пирит халькопирит-сфалеритовыми прожилками.

Кварц-ангидрит-пирит-халькопиритовая стадия является продуктивной в отношении меди. Она представлена прожилками, вкрапленностью, гнездами и маломощными жилами, где преобладающими минералами являются пирит и халькопирит. В прожилках халькопирит выделяется после пирита, разъедая и цементируя его ксеноморфные, раздробленные обломки.

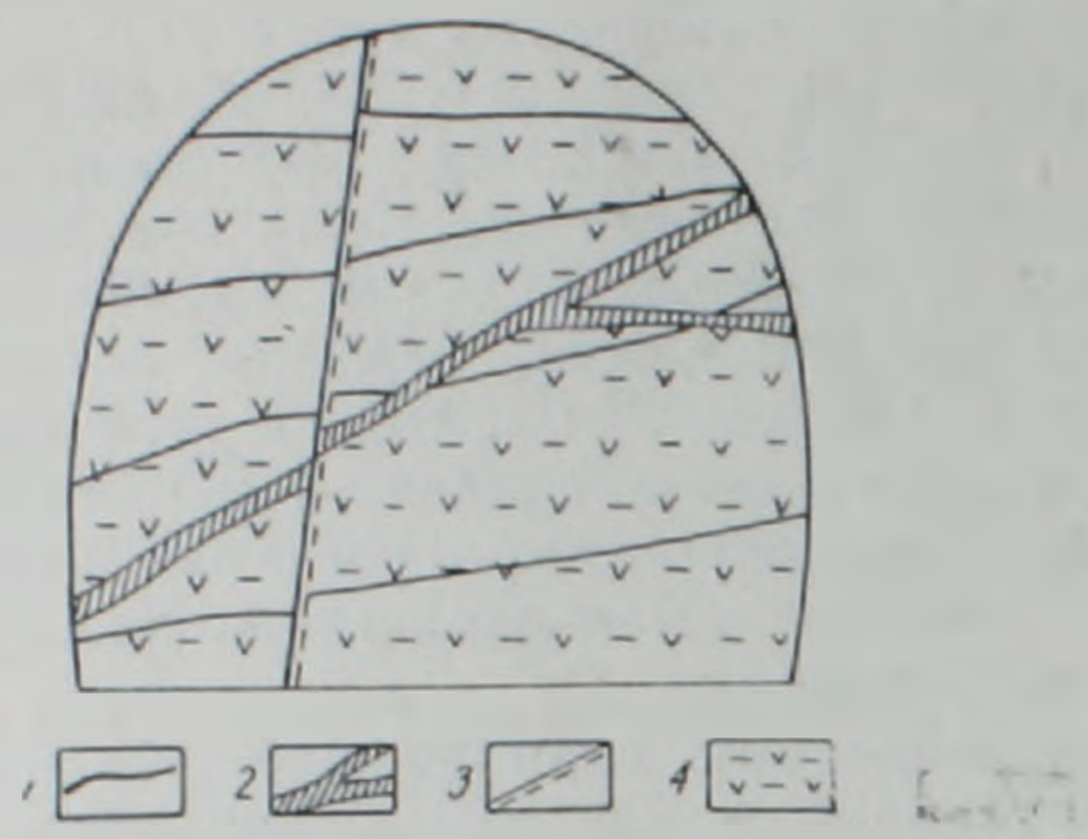


Рис. 4. Взаимоотношение прожилков различных стадий минерализации (шт. 2, ствол, 630 *м*). 1. Кварц-ангидрит-пирит-халькопирит- молибденитовый. 2. Кварц-ангидрит-пирит-халькопиритовый прожилок. 3. Тектоническое нарушение. 4. Сильно гидротермально измененная порода.

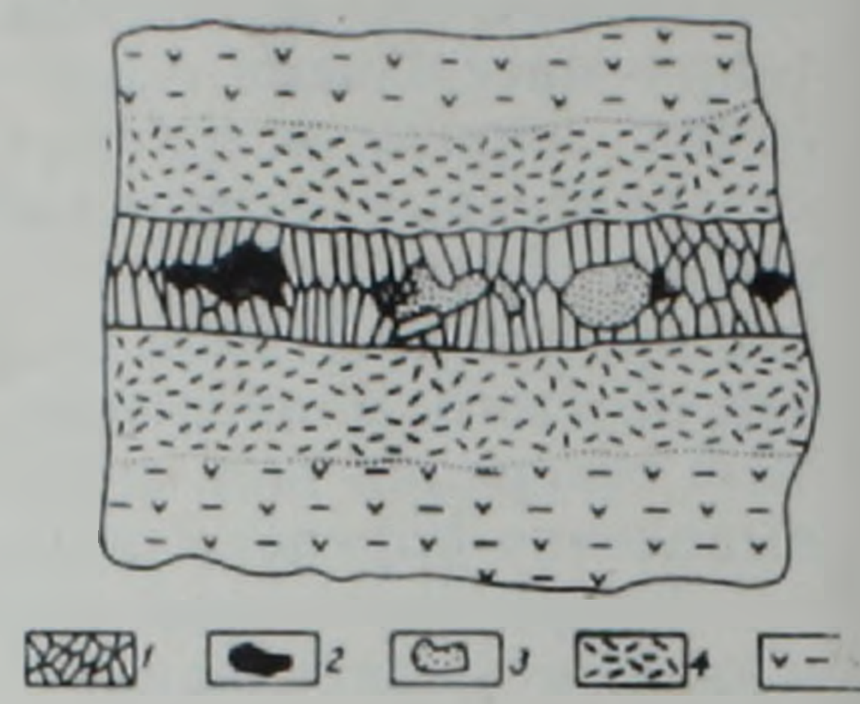


Рис. 5. Выполнение друзовых пусто гребенчатого кварца. 1. Гребенча гый кварц. 2. Пирит. 3. Халькопи рит с ангидритом. 4. Полоса око ложильной серицитизации. 5. По лоса цеолитизации. Зарисовка шту фа (шт. 2, ствол, 450*м*).

Жильные минералы представлены кварцем и ангидритом, кото рые выделились из рудоносных растворов раньше сульфидов. Следует отметить, что ангидрит здесь имеет подчиненное значение. Образова ние пирит-халькопиритовых руд сопровождалось окварцеванием, сери цитизацией, каолинизацией и незначительной карбонатизацией и цео литизацией рудовмещающих пород (рис. 5).

Кварц-карбонат-пирит-халькопирит-сфалеритовая стадия имеет сравнительно небольшое развитие и представлена выдержанными про жилками, мощность которых в раздувах достигает 5—10 *см*. В состав руд этой стадии установлено большое разнообразие минеральных ви дов—кварц, карбонат, гипс, пирит, халькопирит, сфалерит, галенит тетраэдрит, висмутин, виттихенит, эмплектит. Главными минералами руд являются: пирит, халькопирит и сфалерит. Пирит представлен большей частью в виде гексаэдрических кристаллов, размеры которы достигают 1,5—2,0 *см*. Халькопирит и сфалерит выполняют друзовы пустоты в средней части прожилков, нарастая на шестоватые кристал лы кварца и нередко имеют хорошо развитые грани тетраэдров и ска леноэдров с характерной для этих минералов штриховкой. Галенит блеклая руда представлены небольшими выделениями в тесных сра станиях с сфалеритом, халькопиритом и кальцитом. Эта стадия мине рализации сопровождается окварцеванием, серицитизацией, пиритиза цией и огипсованием вмещающих пород.

Кварц-карбонатная стадия минерализации представлена мало мощными (1—4 *см*) прожилками. Кварц обычно представлен мелко -среднезернистыми агрегатами, которые цементируются и замещаются массивным сахаровидным карбонатом. Последний представлен глав ным образом анкеритом и доломитом.

Гипсовая стадия минерализации представлена серовато-желтыми прожилками гипса мощностью от 2—3 до 5—10 *см*. Иногда гипсова минерализация образует небольшие гнезда.

Кварц-карбонатная и гипсовая стадии минерализации являются завершающими гидротермальный процесс рудообразования.

Изучение характера распространения оруденения показывает, что продукты различных стадий минерализации размещены в рудном поле неравномерно. По-видимому, этим можно объяснить отсутствие кор

реляционных связей между рудными компонентами на различных участках штокверкового оруденения.

2. Минеральный состав руд

Руды Техутского месторождения характеризуются довольно сложным минеральным составом. В них к настоящему времени установлен 51 минеральный вид, из коих 35—гипогенные (рудные и жильные), а 16—гипергенные. Они по степени распространенности подразделяются на главные, второстепенные и редкие (табл 1).

Среди рудных минералов широко развитыми являются пирит, молибденит и халькопирит, из которых промышленную ценность представляют молибденит и халькопирит. Из жильных минералов большое распространение и важное поисковое значение имеют кварц и ангидрит. Многие рудные и жильные минералы в гидротермальном процессе проявляются неоднократно в различных стадиях минерализации и в нескольких генерациях (рис. 1), что устанавливается парагенетическими ассоциациями минералов, их структурными особенностями, формами выделения и характерными элементами-примесями.

Минералы руд описаны с различной детальностью, в зависимости от их значения, распространенности, научного и практического интереса.

Молибденит является одним из главных и промышленно ценных минералов руд. На месторождении имеет широкое распространение и представлен несколькими генерациями. Обычно молибденит встречается в кварц-сульфидных жилах и прожилках, редко отмечается вкрапленность пластинчатых агрегатов в сильно гидротермально измененных—серицитизированных, окварцованных, каолинизированных вмещающих породах.

Таблица 1

Минеральный состав руд Техутского медно-молибденового месторождения

Распространенность минералов	Гипогенные минералы		Гипергенные минералы
	Рудные	Жильные	
Главные	Молибденит Халькопирит Пирит	Кварц Ангидрит Анкерит Кальцит Гипс Серицит Каолинит Гидрослюда	Лимониты Халькозин Борнит Ковеллин Малахит Гетит Бирюза Тенорит
Второстепенные	Сфалерит Галенит Висмутин Пирротин Халькозин Ковеллин Борнит Тетраэдрит Магнетит Гематит Рутил	Хлорит Эпидот Доломит Ломонтит Десмин Гейландит	Азурит Гидрогетит Хризоколла Ферримолибдит Псиломелан-вад
Редкие	Энаргит Люцонит Виттихенит Самород. золото	Филлипсит Морденит	Самород. медь Куприт Галлуазит

Наиболее ранняя и широко распространенная генерация молибденита отмечается в рудах кварц-молибденитовой стадии минерализации. Здесь молибденит представлен в виде средне-мелко- и тонкочешуйчатых агрегатов, лишь редко крупночешуйчатых, розетковидных разностей, где размеры пластинок достигают 1,5×1,0 *см*. Сравнительно крупночешуйчатые разности молибденита обычно отмечаются в жильных образованиях, где его пластичатые выделения в виде тонких оторочек приурочены к зальбандовым участкам жил. Пластинки молибденита в этом случае растут преимущественно перпендикулярно к плоскостям зальбандов. Широко распространен молибденит в маломощных (1,0—1,5 *см*) кварц-молибденитовых и мономинеральных молибденитовых прожилках, где обычно он представлен средне-и мелкочешуйчатыми агрегатами (рис. 6*а*) в ассоциации мелких и редких выделений пирита и халькопирита. В рудах этой стадии минерализации часто встречаются также прожилки полосчатого и микробрекчиевого строения. Нередко тонкие полосчатые прожилки состоят из «черного» кварца, цвет которого обусловлен густой, тонкой микроскопической вкрапленностью—сыпью чешуек молибденита (рис. 6*б*). Содержание молибденита в пробах «черного» кварца достигает 2,5—3,0%.

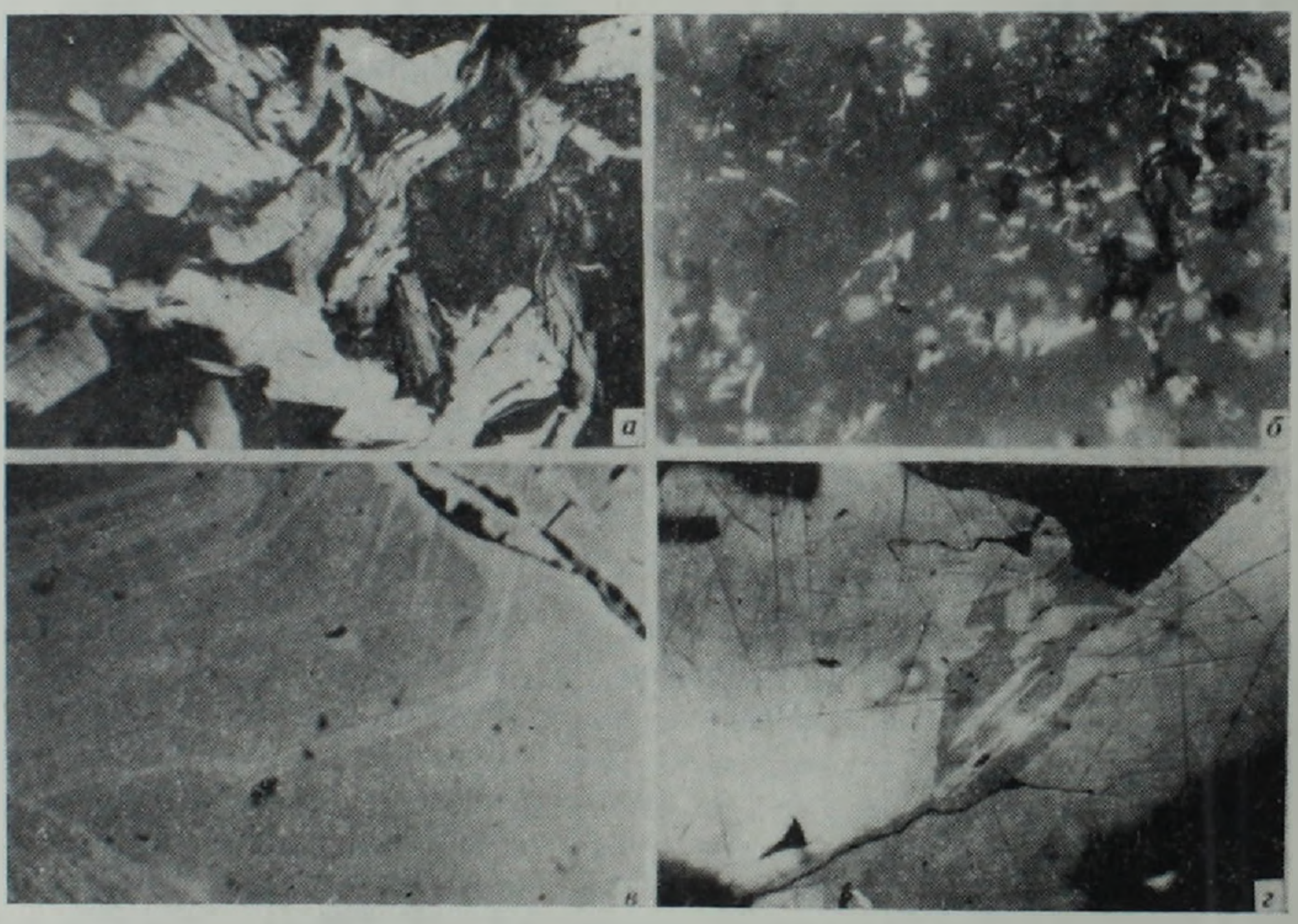


Рис. 6. Микрофото полированных шлифов. *а*--Розетки молибденита в кварце. Ув. 60×. *б*—Тонкочешуйчатые агрегаты молибдена (белое) в «черном кварце» (серое). Ув. 210×. *в*—Многоугольники роста метакристаллов пирита. Выявлено травлением. Ув. 60×. *г*—Пластинчатые выделения висмутина (белое) в срастании с виттихенитом (серое) в полях халькопирита (светло-серое) Ув. 210×.

Сравнительно ограниченным распространением пользуется вкрапленная форма выделений молибденита во вмещающих породах. Обычно мелкочешуйчатая вкрапленность молибденита приурочена к сильно гидротермально измененным породам, развитым около мощных рудоносных структур—жил и прожилковых зон.

На основании структурных взаимоотношений отмечается следующая последовательность выделения минералов: кварц-пирит-молибденит-халькопирит.

В молибденитах кварц-молибденитовой стадии минерализации химическими и пробирными анализами установлены в *г/т*: Re от 32,0 до 740,0, в среднем 230; Se до 120,0, в среднем 49,0; Te—не обн.; Bi до

11,0, в среднем 3,0; Ge 1,0—4,0, в среднем 2,0; Au—не обн.; Ag 1,0—8,0, в среднем 3,0.

Следующая генерация молибденита приурочена к рудам кварц-пиритовой стадии минерализации, где он представлен средне—мелкочешуйчатыми агрегатами, рассеянными в кварц-пиритовых прожилках. Молибденит также отмечается в виде извилистых мономинеральных прожилков, пересекающих массивные и линзоподобные образования пирита. В этой стадии минерализации молибденит встречается в парагенезисе с пиритом и кварцем, выделяясь из растворов последним. Молибденит этой генерации имеет ограниченное развитие, и его роль в составе промышленных руд подчиненная.

Поздняя генерация молибденита развита в кварц-ангидрит-пирит--халькопирит-молибденитовой стадии минерализации. Молибденит представлен мелкочешуйчатыми агрегатами (в кварц-сульфидных прожилках, линзоподобных телах), интерстиции которых выполняются халькопиритом. Молибденит этой генерации играет определенную роль в формировании промышленных руд. Мельчайшие и редкие выделения молибденита отмечаются также в рудах кварц-ангидрит-халькопиритовой стадии минерализации.

Рентгеноструктурными исследованиями[1] изучены 37 проб молибденита, отобранных из руд различных минеральных типов. Установлено, что все изученные молибдениты (выполнено более 100 определений) полностью принадлежат к гексагональному, сравнительно высокотемпературному политипу 2H.

Халькопирит является одним из главных и промышленно ценных минералов руд. На месторождении имеет широкое распространение и встречается в различных генерациях во многих стадиях минерализации.

Наиболее ранняя генерация халькопирита отмечается в рудах кварц-молибденитовой стадии, где его редкие и мелкие включения отмечаются в ассоциации с молибденитом, пиритом и кварцем. Следующая генерация халькопирита отмечается в рудах кварц-пиритовой стадии минерализации. Здесь его редкие и мельчайшие ovaловидные и неправильные выделения находятся в полях аллотриоморфнозернистых агрегатов пирита. Часто в ассоциации с этими выделениями халькопирита устанавливаются мельчайшие сростки пирротина.

Самое широкое распространение халькопирит имеет в кварц-ангидрит-пирит-халькопирит-молибденитовой и кварц-ангидрит-пирит-халькопиритовой ассоциациях минералов. Именно руды этих стадий минерализации являются продуктивными в отношении медного оруденения. Халькопирит в этих стадиях минерализации развит в маломощных жилах, прожилках, вкрапленностях и в виде небольших гнездовидных тел. Как правило, образует ксеноморфные выделения, выполняя интерстиции кварца, пирита, иногда молибденита. Выделяясь из растворов после пирита, выполняет тонкие прожилки и трещиноватости зерен пирита, метасоматически замещая его агрегаты.

В ассоциации с халькопиритом в рудах из жильных минералов встречаются кварц и ангидрит, а из рудных—пирит, молибденит, магнетит, гематит, рутил, очень редко висмутин и сульфовисмутиты.

Поздняя генерация халькопирита проявляется в рудах кварц-карбонат-пирит-халькопирит-сфалеритовой стадии минерализации. Здесь халькопирит развивается в маломощных сульфидных прожилках, выполняя интерстиции шестоватого кварца и часто нарастая на монокристаллические индивиды сфалерита. Нередко халькопирит образует небольшие (2—3*мм*) монокристаллы, растущие в друзовых пустотах, иногда выполненных белым или розоватым кальцитом. В срастаниях с халькопиритом встречаются микроскопические включения борнита, халькозина, ковеллина, висмутина, виттихенита, эмплектита и тетраэдрита. Кроме ксеноморфных и монокристаллических выделений,

---

[1] Рентгеноструктурные исследования молибденитов выполнены в лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян.

халькопирит образует эмульсионную вкрапленность в сфалерите. Халькопирит выделяется после кварца, ангидрита, пирита, сфалерита и до висмутина, сульфосолей висмута и блеклой руды.

Спектральными анализами в халькопирите установлены примеси Mo, Zn, Pb, Bi, Sn, Ag, Sb, Ni, Co. Химическими и пробирными анализами определены следующие элементы (в *г/т*): Se—32,0, Te—4,0, Bi—260,0, Au—0,1, Ag—14,0.

Пирит является одним из самых распространенных рудных минералов месторождения. Редкие включения пирита встречаются в безрудных кварцевых жилах и прожилках. Значительно шире мелкая вкрапленность пирита развита в гидротермально измененных вмещающих породах. Наибольшим развитием пирит пользуется в рудах кварц-пиритовой стадии минерализации, где он представлен главным образом в виде пентагон-додекаэдрических кристаллов, обычно крупнокристаллических выделений, размеры которых достигают 1,5—2,0 *см* с хорошо выраженной зональностью роста (рис. 6 *в*).

Небольшое развитие пирит имеет в прожилках кварц-молибденитовой стадии минерализации, где отмечается в виде мелких кристаллических агрегатов, выделившихся в кварц-молибденитовых прожилках и жилах до образования чешуйчатых скоплений молибденита.

Сравнительно широко распространен пирит в рудах кварц-ангидрит-пирит-халькопирит-молибденитовой и кварц-ангидрит-пирит-халькопиритовой стадий минерализации, где он является одним из ведущих минералов. Обычно аллотриоморфнозернистые агрегаты пирита катаклазированы, цементируются или метасоматически замещаются халькопиритом и молибденитом.

Поздняя генерация пирита связана с рудами кварц-карбонат-пирит-халькопирит-сфалеритовой стадии минерализации, где его крупнозернистые выделения представлены в виде идиоморфных кристаллов гексаэдрического габитуса. В полосчатых прожилках этой стадии минерализации пирит, как правило, занимает внешние, призальбандовые участки, указывая на его раннее выделение из гидротермальных растворов по сравнению с ассоциирующими с ним минералами—сфалеритом, халькопиритом, карбонатом, висмутином.

Спектральными, химическими и пробирными анализами установлено, что различные генерации пирита отличаются содержаниями и набором элементов-примесей. Так, например, пирит из кварц-карбонат-пирит-халькопирит-сфалеритовой стадии характеризуется большим набором элементов и сравнительно повышенными содержаниями цинка, серебра, мышьяка, сурьмы, висмута, а пирит из кварц-ангидрит-пирит-халькопиритовой стадии—повышенными содержаниями никеля, кобальта и меди.

Сфалерит является одним из главных минералов кварц-карбонат-пирит-халькопирит-сфалеритовой стадии; в этой ассоциации встречаются также тетраэдрит, галенит, борнит, халькозин, висмутин, виттихенит и эмплектит. Обычно сфалерит распространен в прожилках симметрично-полосчатого строения, где он в виде небольших (2—3 *мм*) монокристаллов нарастает на гребенчатый кварц или гексаэдрические метакристаллы пирита. С халькопиритом сфалерит образует структуры взаимных прорастаний. Грани монокристаллических выделений сфалерита обычно покрыты характерной тетраэдрической штриховкой, указывающей на сравнительно спокойные условия роста кристаллов. Цвет сфалерита обычно темный, темно-бурый, однако встречаются и более светлые разности медово-желтых оттенков. При изучении распределения сфалерита в прожилках заметно, что более светлые разности тяготеют к внутренним участкам, а смена темноокрашенных выделений светлоокрашенными происходит постепенно. Часто поля сфалерита усеяны тонкой эмульсионной вкрапленностью халькопирита, образованного в результате распада твердого раствора. Нередко встречаются также пластинчатые и веретенообразные выделения халь-

копирита, которые развиваются и замещают сфалерит по трещинкам спайности кубической симметрии.

Спектральными, химическими и пробирными анализами в сфалеритах установлены примеси: Cu, Pb, Sb, Bi, As, Ag, Cd, Ga, Se, Te, Au (следы).

Галенит встречается редко и только в рудах кварц-карбонат-пирит-халькопирит-сфалеритовой стадии минерализации, в виде мельчайших выделений (до 1—2 *мм*) в срастаниях с халькопиритом, сфалеритом, тетраэдритом и минералами висмута.

Пробирными анализами в галените установлены Au, Ag.

Висмутин установлен в рудах кварц-ангидрит-пирит-халькопиритовой и кварц-карбонат-пирит-халькопирит-сфалеритовой стадий минерализации в виде идиоморфных, удлиненных, игольчатых, пластинчатых кристаллов и зернистых агрегатов в тесной ассоциации с халькопиритом, пиритом, сфалеритом, тетраэдритом, галенитом, виттихенитом, эмплектитом (рис. 6 *г*). Размеры выделений висмутина не превышают десятых долей миллиметра. Обычно в срастаниях с халькопиритом совместно с висмутином отмечаются мельчайшие реакционные выделения эмплектита и виттихенита, образование которых обусловлено взаимодействием висмутсодержащих растворов с халькопиритом.

Игольчатые кристаллы висмута встречаются в ассоциации с белым или розовым кальцитом, выполняющим друзовые пустоты кварц-карбонат-халькопирит-сфалеритовых прожилков.

Висмутин подтвержден данными рентгеноструктурного анализа (табл. 2).

Пирротин установлен в виде оваловидных, мелких выделений размерами в тысячные и сотые доли миллиметра и пойкилитовых включений в грубозернистых агрегатах пирита кварц-пиритовой и кварц-ангидрит-пирит-халькопирит-молибденитовой стадий минерализации. В срастаниях с пирротином часто отмечаются мельчайшие выделения гипогенного борнита и халькопирита.

Таблица 2

Межплоскостные расстояния висмутина*

I	d_a/n	I	$d_г/n$	I	$d_в/n$
6	3,67	2	2,500	9	1,755
10	3,14	2	2,345	1	1,684
6	2,83	1	2,283	8	1,580
2	2,69	3	2,156	7	1,510
2	2,586	2	1,914	5	1,405

* Анализ выполнен в рентгеноструктурной лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: излучение Fe, шарик, экспоз. 12.

Борнит, халькозин и ковеллин встречаются в ассоциации с пиритом, халькопиритом, пирротином, висмутином. Мельчайшие выделения борнита редко отмечаются в жильном кварце, где он представлен в виде тесных срастаний с халькозином и ковеллином.

Тетраэдрит установлен в рудах кварц-ангидрит-пирит-халькопиритовой и кварц-карбонат-пирит-халькопирит-сфалеритовой стадий минерализации в срастаниях с халькопиритом, пиритом, сфалеритом. Тетраэдрит образует структуры взаимных прорастаний с халькопиритом, а нередко метасоматически замещает его.

Спектральными и пробирными анализами в тетраэдрите установлены высокие содержания цинка (до 7,0%), что, по-видимому, обусловлено как механической примесью сфалерита, так и вхождением Zn^{2+} в структуру тетраэдрита с образованием цинкистой разновидности—зандбергита. Кроме того спектральными и пробирными анализами установлены примеси As (1,15%), Bi (0,39), Cd (0,18%), Pb (0,037%), Au (2,8 *г/т*) и Ag (1660 *г/т*).

Энаргит и люцонит встречаются редко и только в рудах поздних стадий минерализации, в ассоциации с халькопиритом, борнитом и сфалеритом. Выделения этих минералов представлены в виде тонких прожилков, каемок, развитых в зернистых агрегатах халькопирита, тетраэдрита и сфалерита. Размеры выделений энаргита и люцонита не превышают сотых долей миллиметра в поперечнике.

Виттихенит и эмплектит встречаются в продуктах поздних стадий минерализации в ассоциации с халькопиритом, висмутином, борнитом, сфалеритом, энаргитом и люцонитом. Размеры их выделений составляют сотые и тысячные доли миллиметра, редко достигая десятых долей.

Образование этих минералов связано с взаимодействием висмутсодержащих растворов с халькопиритом, где вокруг последнего отмечаются реакционные каемки виттихенита и эмплектита. В табл. 3 приведена рентгенограмма виттихенита с примесью эмплектита.

Таблица 3

Межплоскостные расстояния виттихенита*

I	d_{α}/n	I	d_{α}/n	I	d_{α}/n
7	3,12	6	1,91	3р	1,411
10ш	2,86	7	1,824	3	1,265
7	2,04	7ш	1,752	3	1,232
4	2,43	7	1,685	3р	1,201
4	2,29	3	1,590	3	1,160
4	2,20	5	1,516	3	1,082
5	2,01	8	1,454	4	1,021

* Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории НГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: Cu_{α} шарик, экспозиция 12.

Самородное золото отмечается в аллювиальных отложениях в виде редких знаков. Кроме того в штуфных пробах поздних стадий минерализации пробирными и атомно-абсорбционными анализами установлено золото, что, по-видимому, обусловлено наличием в рудах тонкодисперсного, субмикроскопического самородного золота.

Магнетит и гематит в виде мелких включений установлены в рудах ранних стадий минерализации в срастаниях с кварцем, пиритом, халькопиритом и молибденитом. Они развиты также в виде вкрапленности во вмещающих породах.

Рутил встречается в околожильных измененных породах и прожилках кварц-пиритовой и кварц-ангидрит-пирит-халькопирит-молибденитовой стадий минерализации. Он представлен в виде мелких скоплений в ассоциации с кварцем, пиритом и халькопиритом.

Жильные минералы руд представлены кварцем, карбонатами (анкерит, доломит, кальцит), ангидритом, гипсом, серицитом, цеолитами и др. Среди жильных минералов наибольшим распространением пользуются кварц, карбонаты, ангидрит и гипс.

Кварц представлен в виде жильного выполнения и метасоматического образования. Рудная минерализация ассоцирует с кварцем обоих типов, однако большая роль в рудоносности принадлежит кварцу первого типа. На месторождении выделяются многочисленные генерации кварца, отличающиеся парагенезисом минералов, агрегатным состоянием и примесями; небольшим развитием пользуется скрытокристаллическая разновидность кварца—халцедон.

Ангидрит представлен в виде крупнокристаллических агрегатов фиолетово-сиреневого цвета в безрудных, иногда довольно мощных жилах и прожилках, а также небольших гнезд в рудах. Химический анализ ангидрита показал следующий состав (в %): CaO—40,36, SO_3—57, 43, нерастворимый остаток—1, 22, сумма—99,01. Спектраль-

ными анализами в ангидритах обнаружены следующие элементы-примеси (в %): Ni, Co, Mo, Cu, Pb, Zn, As, Sr, It, Ib La. Ангидрит подтвержден рентгеноструктурными анализами.

Карбонаты. Среди карбонатов наиболее распространенными являются анкерит и кальцит. Доломит встречается реже и главным образом в кварц-карбонатных прожилках и гидротермальных метасоматитах. В табл. 4 приведены результаты химического анализа кальцита.

Таблица 4

Результаты химического анализа кальцита

№№ п/п	CaO	MgO	CO_2	Влага	Сумма	Аналитик
1	53,04	1,98	41,80	0,20	97,02	Тунянц Р.
2	53,04	0,99	43,05	0,09	87,17	—.—

Гипс—широко распространенный минерал в продуктах наиболее низкотемпературной стадии минерализации. Встречается в виде прожилков мощностью до 3—4 *см*, небольших гнезд и метасоматических образований. Химический анализ показал следующий состав (в %): CaO—31,26, SO_3—44,34, H_2O—20,12, нераств. ост.—3,48, сумма 99,20.

Серицит имеет широкое распространение в рудах. Образуется в результате гидротермального изменения вмещающих пород, в предрудную стадию, а также синхронно с образованием руд различных стадий минерализации, где его количество в сильно гидротермально измененных породах достигает 50—60%.

Гидрослюда встречается в сильно гидротермально измененных породах в ассоциации с серицитом, каолинитом, мусковитом в виде чешуйчатых, листоватых, жирных на ощупь, агрегатов светло-зеленого цвета. Рентгеноструктурными исследованиями зеленоватая гидрослюда определена как гидромусковит политипа $2M_1$.

Цеолиты довольно широко распространены в рудных зонах. Они образовались главным образом в результате метасоматических процессов около прожилков кварц-карбонат-пирит-халькопирит-сфалеритового и кварц-карбонатного состава во внешней зоне метасоматической колонки, после кварц-серицитовых метасоматитов. Интенсивность цеолитизации в метасоматитах зависит от мощности кварц-сульфидного прожилка, около которого развивается цеолитизация.

Цеолиты встречаются также в виде самостоятельных прожилков, которые образуются, по-видимому, в средне-низкотемпературные стадии гидротермального процесса. Из группы цеолитов в рудах определены ломонтит, гейландит, филлипсит, морденит, десмин, которые подтверждены рентгеноструктурными исследованиями.

Каолинит и монтмориллонит встречаются в гидротермально измененных породах как результат метасоматоза рудовмещающих пород.

Эпидот и хлорит встречаются в эпидот-хлоритовых метасоматитах, развитых, главным образом, за счет вулканических пород.

Гипергенные минералы развиты в зоне окисления и вторичного сульфидного обогащения и образовались за счет разложения и переотложения гипогенных руд месторождения. В зоне окисления месторождения гипергенные минералы представлены окислами, гидроокислами, карбонатами, сульфатами, фосфатами, молибдатами и самородными элементами. Наиболее широко развитыми минералами являются: лимонит, гетит, гидрогетит, бирюза, халькозин, ковеллин, борнит; редко встречаются—тенорит, куприт, самородная медь, ферримолибдит, хризоколла, азурит, малахит, галлуазит.

При изучении кернового материала буровых скважин на Центральном участке месторождения над шт. 2 была выявлена зона вторичного сульфидного обогащения. По имеющимся данным, эта зона начинается от поверхности на глубине 25—30 *м* и прослеживается до 55—65 *м*. По данным скважины 32—К, зона начинается с глубины 33,5*м*

от поверхности и прослеживается до 51,5 м Результаты опробования этой скважины показали высокие содержания меди—от 0,8 до 2,35%. Выявленная достаточно мощная зона вторичного сульфидного обогащения имеет определенный интерес и расширяет перспективы медного оруденения.

Руды месторождения характеризуются большим многообразием структурно-текстурных рисунков, что обусловлено сложностью процессов рудообразования, сопровождающихся обычно неоднократным наложением последовательных стадий минерализации.

Среди текстур руд широко развитыми являются: массивная, вкрапленная, прожилковая, полосчатая, пятнистая, брекчиевая, реликтовая, кокардовая, разъедания, пересечения. Часто встречающимися структурами руд являются: идиоморфнозернистая, радиально-лучистая, друзовая, замещения, ветвистая, зональная, распада твердых растворов.

Руды образовались в результате проявления восьми последовательных стадий минерализации, среди которых продуктивными в отношении меди и молибдена являются кварц-молибденитовая, кварц-ангидрит-пирит-халькопирит-молибденитовая и кварц-ангидрит-пирит-халькопиритовая.

Минеральный состав руд, парагенетические ассоциации минералов, многостадийность рудообразующего процесса, характер метасоматических изменений позволяют Техутское месторождение отнести к типу медно-молибденовой порфировой формации руд, образование которых происходило в условиях средних температур (320—170°С) и умеренных глубин.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 21.V.1987.

Շ. Հ. ԱՄԻՐՅԱՆ, Գ. Հ. ՓԻՋՅԱՆ, Ա. Ս. ՖԱՐԱՄԱԶՅԱՆ

ԹԵՂՈՒՏԻ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԻ ՄԻՆԵՐԱԼԱՑՄԱՆ ՓՈՒԼԵՐԸ ԵՎ ՀԱՆՔԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ՄԻՆԵՐԱԼՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Թեղուտի պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրն ուսումնասիրվում է երկար տարիներ, սակայն մանրակրկիտ մինեըալոգիական և երկրաքիմիական հետազոտություններ կատարվել են սկսած 1978 թ.՝ ՀՍՍՀ ԳԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի կողմից։ Այդ ժամանակից սկսած հոդվածի հեղինակները զբաղվել են հանքադաշտի և հատկապես Կենտրոնական տեղամասի հանքանյութերի մինեըալային կազմի, երկրաքիմիայի, հանքավայրի առաջացման պայմանների և հանքանյութերի տեղաբաշխման օրինաչափությունների մանրամասն ուսումնասիրությամբ։ Սույն հոդվածում ամփոփված են հանքանյութերի մինեըալային կազմի ու մինեըալացման փուլերի ուսումնասիրման արդյունքները։

Թեղուտի պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրն առաջացել է բարդ ֆիզիկա-քիմիական պայմաններում։ Հանքայնացումն իրենից ներկայացնում է ճեղքառաջացման և հաջորդական մինեըալառաջացման պրոցեսների մի համրողջություն։

*Հանքանյութերի մինեըալային կազմի, նրանց ստրուկտուր-տեքստուրային առանձնահատկությունների ու հասակային փոխհարաբերությունների ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ հանքայնացման պրոցեսներն ընթացել են մի շարք հաջորդական մինեըալառաջացման փուլերով՝ բվար-

ցային քվարց-մոլիբդենային, քվարց-պիրիտային, քվարց-անհիդրիտ-պիրիտ-խալկոպիրիտ-մոլիբդենիտային, քվարց-անհիդրիտ-պիրիտ-խալկոպիրիտային, քվարց-կարբոնատ-պիրիտ-խալկոպիրիտ-սֆալերիտային և ոչ հանքաբեր՝ քվարց-կարբոնատային և գիպսային։ Պղնձի և մոլիբդենի կուտակումներ առաջացնելու տեսակետից կարևոր նշանակություն ունեն քվարց-մոլիբդենային, քվարց-անհիդրիտ-պիրիտ-խալկոպիրիտ-մոլիբդենային և քվարց-անհիդրիտ-պիրիտ-խալկոպիրիտային միներալացման փուլերը։

Հանքառաջացման բոլոր փուլերն էլ ուղեկցվել են ներփակող ապարների ջրաջերմային փոփոխություններով՝ քվարցմամբ, սերիցիտացմամբ, կալցիտացմամբ, քլորիտացմամբ, կարբոնատացմամբ, ցեոլիտացմամբ։

Միներալային փուլերի հանքանյութերը ներկայացված են երակներով, երակիկներով, բներով ու ցանավոր ներփակումներով, որոնք առաջացնում են հանքայնացման երակիկա-ցանավոր (շտոկվերկային) տիպը։

Թեղուտի հանքանյութերը բնորոշվում են միներալային բարդ կազմով. հայտնաբերված են 51 միներալային տեսակներ, որոնցից 35-ը հիպոգեն են, այդ թվում՝ բնածին մետաղներ, սուլֆիդներ, սուլֆաաղեր, օքսիդներ, կարբոնատներ, սուլֆատներ, սիլիկատներ։ Ամենատարածված և գլխավոր ներսալներն են՝ մոլիբդենիտը, պիրիտը, խալկոպիրիտը, խալկոզինը, կովելինը, բորնիտը, քվարցը անհիդրիտը, կալցիտը, անկերիտը, գիպսը, սերիցիտը կաոլինիտը, փնրուզը։ Հազվադեպ հանդիպող միներալներն են՝ բիսմուտինը, լյուցոնիտը, վիտիխենիտը, էմպլեկտիտը, էնարգիտը, տետրահեդրիտը, բնածին ոսկին ու պղինձը։

Հիպոգեն միներալներից մոլիբդենիտը, պիրոտը, խալկոպիրիտը, քվարցը, կալցիտը, անհիդրիտը ներկայացված են մի քանի գեներացիաներով, որոնք միմյանցից տարբերվում են միներալային ասոցիացիաներով, անջատման ձևերով, խառնուրդ-տարրերի պարունակություններով, օպտիկական առանձնահատկություններով և այլն։

Հիպոգեն միներալների օքսիդացման շնորհիվ երկրորդային սուլֆիդային հարստացման գոտում առաջացել են հիպերգեն միներալներ՝ խալկոզին, կովելին, բորնիտ, որոնք բնորոշվում են պղնձի բարձր պարունակություններով։ Ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ երկրորդային սուլֆիդային գոտին ունի 18—20 մ հզորություն և պարունակում է 1,5—2 տոկոս պղինձ։

Հանքանյութերին բնորոշ է տրուկտուր-տեքստուրային առանձնահատկությունների բազմազանությունը։ Տեքստուրաների մեջ գերակշռող են երակիկա-ցանավոր, շերտավոր, բծավոր, ներփակումային, բեկորային տիպերը։ Ամենատարածված տրուկտուրաներն են՝ հատիկայինը, թերթայինը, թեփուկավորը, ճաոագայթայինը, տեղակալմանը և տրոհմանը։

Հանքանյութերի միներալային կազմի, նրանց առաջացման պայմանների ու տրուկտուր-տեքստուրային առանձնահատկությունների ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ հանքավայրը պատկանում է պղինձ-մոլիբդենային պորֆիրային ֆորմացիոն տիպին, որն առաջացել է միջին ջերմաստիճանային և չափավոր խորության պայմաններում։

Sh. H. AMIRIAN, G. H. PIDJIAN, A. S. FARAMAZIAN

MINERALIZATION STAGES AND ORES MINERALS OF TEGHUT ORE DEPOSIT

A b s t r a c t

The mineralization process development by stages, mlueral paragenesises and minerals typomorphic pecularities are considered. It is esta-

blished, that ore formation has taken place during 8 stages of mineralization, among which for molybdenum and copper productiveness the following ones are important: quartz-molybdenitic, quartz-anhydrite-pyrite-chalcopyrite-molybdenitic and quartz-anhydrite-pyrite-chalcopyritic. By its mineral composition and mineralization character the Teghut ore deposit belongs to the porphyry copper-molybdenum ore formation.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Акопян М. С., Мелконян Р. Л., Пароникян Б. О.* К вопросу генезиса Техутского медно-молибденового месторождения.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1982, № 6, с. 38—43.
2. *Асланян А. Т., Гулян Э. Х., Пиджян Г. О., Амирян Ш. О., Фарамазян А. С., Овсепян Э. Ш., Арутюнян С. Г., Галстян Х. Г.* Техутское медно-молибденовое месторождение.—Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, 1980, № 5, с. 3—24.
3. *Кекелия С. А., Чичинадзе Л. Л., Старостин В. И.* Геолого-структурные особенности локализации медно-порфирового оруденения в колчеданоносной провинции.—Геол. рудн. м-ний, 1985, № 1, с. 71—79.
4. *Сейранян В. Б. Саркисян С. Ш.* Новый тип медно-молибденового оруденения в Сомхето-Карабахской зоне (Малый Кавказ).—Сов. геология, 1977, № 8, с. 77—82.

Известия АН АрмССР. Науки о Земле, XL, № 4, 44—51, 1987

УДК: 551.343.4

Р. П. МАРТИРОСЯН, С. А. ПИРУЗЯН

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО СЕЙСМОМИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ

Анализируя существующие экспериментальные и теоретические методы сейсмического микрорайонирования (СМР), рассматриваются возможности учета остаточных деформаций мягких грунтов и взаимодействия фундамента сооружения с основанием при сильных землетрясениях.

Сделана практическая рекомендация о том, что для определения реального сейсмического воздействия, задачи сейсмостойкости сооружений и СМР следует решать совместно, с учетом взаимодействия между фундаментом сооружения и его основанием. Это означает, что при выполнении СМР, особенно для площадок ответственных сооружений, целесообразно использовать спектры реакций, построенные с учетом неупругих деформаций грунтов и фактора взаимодействия.

Существуют две группы методов сейсмического микрорайонирования (СМР)—эмпирические и теоретические.

В настоящее время основными приемами СМР первой группы методов являются инструментальные исследования слабых землетрясений, сейсмовзрывных волн или микросейсм. При этом для определения приращения сейсмической балльности сравниваются спектральные характеристики и параметры колебания (амплитуда, ускорение, скорости, смещения и др.) поверхностных слоев и подстилаемых скальных пород, или же исследуемых и эталонных грунтов [8, 11].

Идеалом инструментального сейсмомикрорайонирования было бы получение и анализ записей и инженерных спектров сильных и разрушительных землетрясений [8, 12]. Сопоставление спектров для различных точек районируемой площади позволило бы дать оценку приращения интенсивности землетрясения в зависимости от локальных грунтовых ускорений. Однако эта задача практически трудно решима, поскольку сильные землетрясения происходят редко—один раз в течение десяток и сотен лет. Поэтому в последние годы интенсивно разви-

blished, that ore formation has taken place during 8 stages of mineralization, among which for molybdenum and copper productiveness the following ones are important: quartz-molybdenitic, quartz-anhydrite-pyrite-chalcopyrite-molybdenitic and quartz-anhydrite-pyrite-chalcopyritic. By its mineral composition and mineralization character the Teghut ore deposit belongs to the porphyry copper-molybdenum ore formation.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Акопян М. С., Мелконян Р. Л., Пароникян Б. О.* К вопросу генезиса Техутского медно-молибденового месторождения.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1982, № 6, с. 38—43.
2. *Асланян А. Т., Гулян Э. Х., Пиджян Г. О., Амирян Ш. О., Фарамазян А. С., Овсепян Э. Ш., Арутюнян С. Г., Галстян Х. Г.* Техутское медно-молибденовое месторождение.—Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, 1980, № 5, с. 3—24.
3. *Кекелия С. А., Чичинадзе Л. Л., Старостин В. И.* Геолого-структурные особенности локализации медно-порфирового оруденения в колчеданоносной провинции.—Геол. рудн. м-ний, 1985, № 1, с. 71—79.
4. *Сейранян В. Б. Саркисян С. Ш.* Новый тип медно-молибденового оруденения в Сомхето-Карабахской зоне (Малый Кавказ).—Сов. геология, 1977, № 8, с. 77—82.

Известия АН АрмССР. Науки о Земле, XL, № 4, 44—51, 1987

УДК: 551.343.4

Р. П. МАРТИРОСЯН, С. А. ПИРУЗЯН

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО СЕЙСМОМИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ

Анализируя существующие экспериментальные и теоретические методы сейсмического микрорайонирования (СМР), рассматриваются возможности учета остаточных деформаций мягких грунтов и взаимодействия фундамента сооружения с основанием при сильных землетрясениях.

Сделана практическая рекомендация о том, что для определения реального сейсмического воздействия, задачи сейсмостойкости сооружений и СМР следует решать совместно, с учетом взаимодействия между фундаментом сооружения и его основанием. Это означает, что при выполнении СМР, особенно для площадок ответственных сооружений, целесообразно использовать спектры реакций, построенные с учетом неупругих деформаций грунтов и фактора взаимодействия.

Существуют две группы методов сейсмического микрорайонирования (СМР)—эмпирические и теоретические.

В настоящее время основными приемами СМР первой группы методов являются инструментальные исследования слабых землетрясений, сейсмовзрывных волн или микросейсм. При этом для определения приращения сейсмической балльности сравниваются спектральные характеристики и параметры колебания (амплитуда, ускорение, скорости, смещения и др.) поверхностных слоев и подстилаемых скальных пород, или же исследуемых и эталонных грунтов [8, 11].

Идеалом инструментального сейсмомикрорайонирования было бы получение и анализ записей и инженерных спектров сильных и разрушительных землетрясений [8, 12]. Сопоставление спектров для различных точек районируемой площади позволило бы дать оценку приращения интенсивности землетрясения в зависимости от локальных грунтовых ускорений. Однако эта задача практически трудно решима, поскольку сильные землетрясения происходят редко—один раз в течение десяток и сотен лет. Поэтому в последние годы интенсивно разви-

ваются теоретические методы сейсмического микрорайонирования. Все они основаны на пересчете заданного на скальных породах закона колебаний (реальной или теоретической акселерограммы) при прохождении волны через исследуемую толщу осадочных отложений.

Интересные исследования резонанса упругого слоя и учет его неоднородностей осуществлены А. З. Кацом [2]. Эмпирические и теоретические исследования изменений сейсмического эффекта в зависимости от рельефа местности по макросейсмическим данным выполнены С. А. Пирузяном [9, 10], а по инструментальным данным—С. В. Пучковым [13] и др.

Наиболее практичные аналитические методы разработаны Ш. Г. Напетваридзе и его сотрудниками—метод конечных элементов и метод многократно отраженных плоских волн [16, с. 151—165], а также Л. Н. Ратниковой—метод расчета сейсмических волн в тонкослоистых средах. Последний был использован в многопрофильной коллективной работе по оценке сейсмической опасности территории строительства Армянской АЭС [14].

Все перечисленные инструментальные и аналитические методы предполагают упругую деформацию грунтов при прохождении сейсмических волн в них и с разной степенью точности дают один согласованный результат: параметры сейсмических колебаний грунта (ускорения, скорости и смещения) при землетрясениях намного больше на рыхлых грунтах, чем на жестких, и согласуются с фактом увеличения сейсмического эффекта при переходе от скальных пород к рыхлым.

Однако аналитические и экспериментальные исследования показывают, что это явление достоверно только при слабых землетрясениях или при больших эпицентральных расстояниях, т. е. в зоне распространения упругих волн. Так, например, в работах [10, 11] показано, что в эпицентральной области разрушительных землетрясений ($I \geqslant 7$) сейсмический эффект, по макросейсмическим данным, существенно больше в скальных грунтах, чем в рыхлых отложениях. Это особенно четко проявляется при рассмотрении жестких сооружений. В работе [4] приводится анализ экспериментальных данных по некоторым сильным землетрясениям и делается заключение о том, что на больших эпицентральных расстояниях при относительно низкой интенсивности колебаний ($a < 0{,}1g$) амплитуда ускорений колебаний рыхлых грунтов больше, чем скальных. С приближением к эпицентру, т. е. с увеличением интенсивности сотрясения, разница исчезает. В ближней зоне, при $\Delta < 50$ *км* и амплитудах ускорений $a \geqslant 0{,}1g$, величина амплитуд колебаний на скальных грунтах не меньше, чем на рыхлых, а интенсивность нарастания у последних возрастает медленнее (рис. 1а). Это объясняется нарастанием внутренних потерь сейсмической энергии при переходе в явно выраженную пластическую стадию.

Выводы, сделанные в [4, 10, 11], находят свои аналитические подтверждения в работах [3, 1] по изучению влияния пластических свойств слоя на характер колебаний свободной поверхности. Сравнение спектров колебаний в упругом и пластическом случаях показывает, что максимальные амплитуды для пластического слоя существенно меньше, чем для упругого слоя (рис. 1 *б*).

Такой специфический характер связи между сейсмическим эффектом и амплитудным уровнем колебаний грунта в эпицентральных зонах землетрясений заставляет при сейсмическом микрорайонировании вводить расчеты, учитывающие неупругую (упругопластическую) работу рыхлых грунтов. Такая необходимость подтверждается также результатами изучения остаточных деформаций в грунтах при сильных землетрясениях [16, с. 114—121].

В настоящее время, при решении многих практических задач инженерной сейсмологии и динамики оснований, применяются различные модели грунтов, учитывающие их упругопластическое деформирование при интенсивных динамических нагрузках. Эти модели подробно описаны в работах [5, 15]. Следует отметить, что каждая из этих мо-

делей имеет свою специфику и область применения, а использование каждой из них зависит от условий конкретной задачи.

При землетрясениях интенсивностью 7 баллов и выше сейсмические напряжения в мягких грунтах достигают 10^5—10^6 *Па*. При таких давлениях в неводонасыщенных связанных грунтах возникают непрерывные упруго-пластические волны. В этом случае в целях сейсмомикрорайонирования целесообразно пользоваться моделью С. С. Григоряна. Такой подход реализован Ю. И. Васильевым и др. в работе [16, с. 121—129].

При сейсмическом микрорайонировании площадок строительства, расположенных в эпицентральных зонах сильных землетрясений, распространяющиеся упругопластические волны в определенных условиях [5] могут рассматриваться как одномерные плоские волны, ввиду чего динамические свойства мягких грунтов можно определить диаграммой одноосного компрессионного сжатия, имеющей форму, сходную с показанной на рис. 1*в* (до напряжения P_1). При такой постановке задачи в целях сейсмомикрорайонирования можно использовать решения волновых задач для слоя, приведенные в работах [1, 3].

Следует проводить специальный анализ деформирования несвязанных (песчаных) грунтов при оценке на них сейсмического эффекта. Особым свойством несвязанных грунтов является их способность к изменению объема при деформации сдвига. Это явление называется эф-

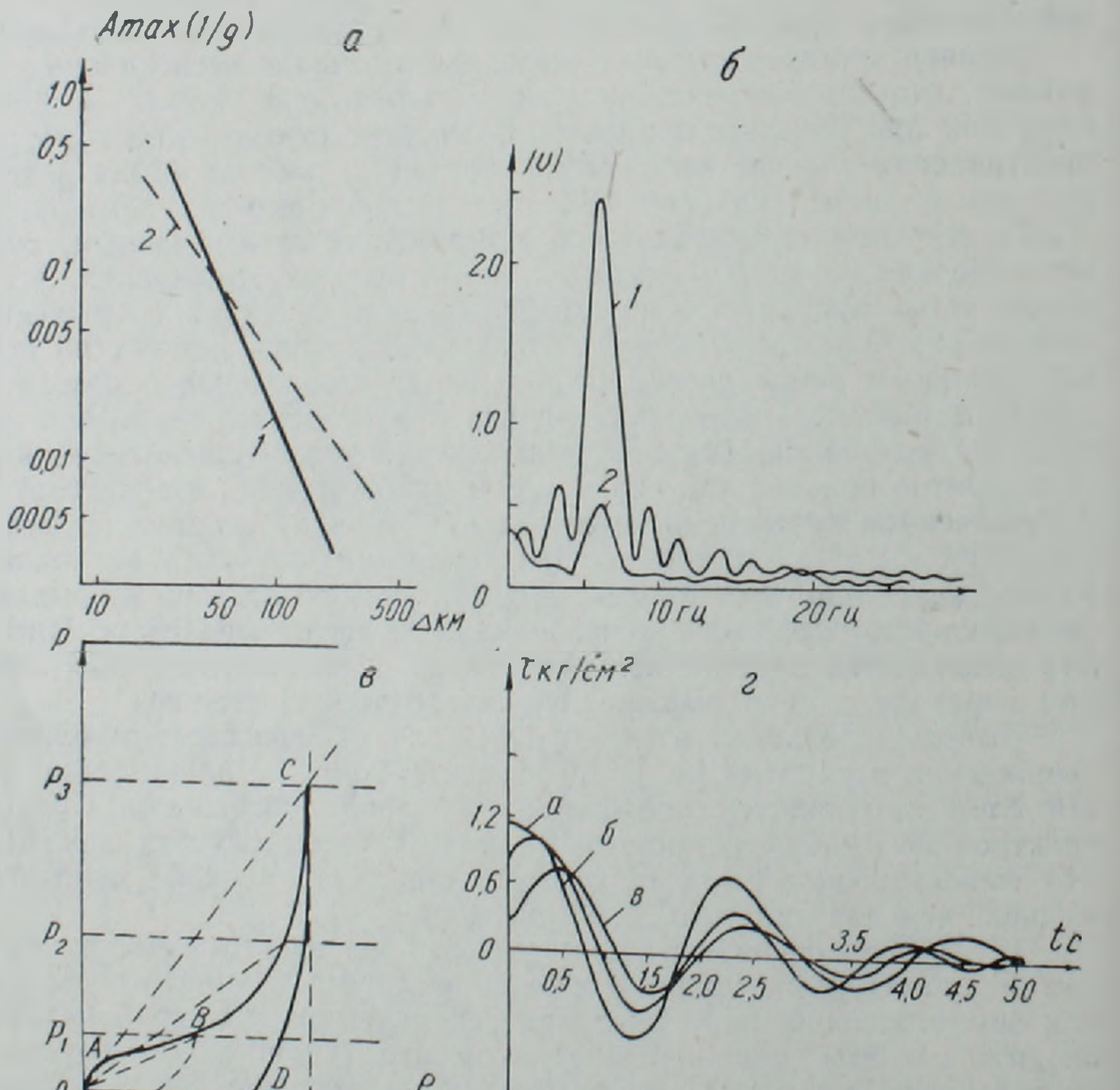


Рис. 1. а) График зависимости максимальных горизонтальных ускорений скальных (1) и рыхлых (2) грунтов от эпицентрального расстояния при землетрясении 9.II. 1971 г. (Сан- Фернандо, США); б) спектры скорости для упругого (1) и пластического (2) слоев; в) общий вид динамической диаграммы объемного сжатия грунтов; г) графики касательных напряжений в сечениях дилатирующего грунта (*а*—$H=4$ *м*, *б*—$H=8$ *м*, *в*—$H=12$ *м*).

фектом «дилатансии» и объясняется перераспределением плотности грунта по глубине. Многочисленные исследования в этом направлении [9] показывают, что дилатансионные свойства несвязанных гранулированных грунтов существенно усложняют протекание процессов при динамических нагрузках. В частности, они могут приводить к увеличению или уменьшению порового давления, разжижению водонасыщенных несвязанных грунтов, возникновению волн сжатия при распространении волн сдвига и др.

Такое специфическое для несвязанных грунтов свойство дилатансии характеризуется тем, что механическая энергия сейсмических волн поглощается трением на контактах частиц и изменением объема грунтовой среды в процессе сдвига.

В работе [6] приводится анализ влияния положительной дилатансии на распространение сейсмической волны сдвига типа SH. На рис. 1*г* показаны графики касательных напряжений $\tau(t)$ на разных глубинах дилатирующего грунта. Сравнивая эти кривые, можно заметить, что амплитуда напряжения и продолжительность действия волны существенно убывают по глубине.

Важно отметить, что помимо существенного падения интенсивности волны, в толще грунта вследствие дилатансии могут возникать большие остаточные деформации и осадки.

Интересные исследования проводились японскими специалистами после землетрясения 1964 г. с пиковым ускорением $0{,}15g$ (свыше 7 баллов) в г. Ниигате.

До землетрясения и сразу же после него проводились испытания песков методом стандартной пенестрации [17]. На рис. 2*а* приведены результаты зондирования в одном из пунктов. На графике отчетливо видно, что в результате сотрясения наблюдалось не только повышение прочности, но в отдельных зонах (до 5 *м*) и существенное падение прочности песков. В Ниигате после землетрясения осадки поверхности песка достигли 1—1,5 *м*.

Вышеприведенный пример заставляет задуматься о том, что при СМР на песчаных грунтах следует учитывать особенности динамического деформирования несвязанных грунтов.

Использование той или иной модели упругопластического или упруговязкого деформирования мягких грунтов при решении задач инженерной сейсмологии требует в каждом конкретном случае уточнять динамические свойства (закон объемного сжатия и сдвига, условие пластичности и др.) грунтов данной строительной площадки. Для этого следует проводить специальные лабораторные и полевые исследования.

Существуют многие лабораторные методы [5] испытания грунтов в условиях одноосного и всестороннего сжатия при переменных нагрузках, возбуждаемых ударами, пневмодинамическим способом или взрывами малых зарядов. В ходе опытов определяются динамическая диаграмма сжатия и условие пластичности. Результаты проведенных исследований, в основном, согласуются с представлениями, принятыми в рассмотренных выше моделях для описаний динамических свойств грунтов.

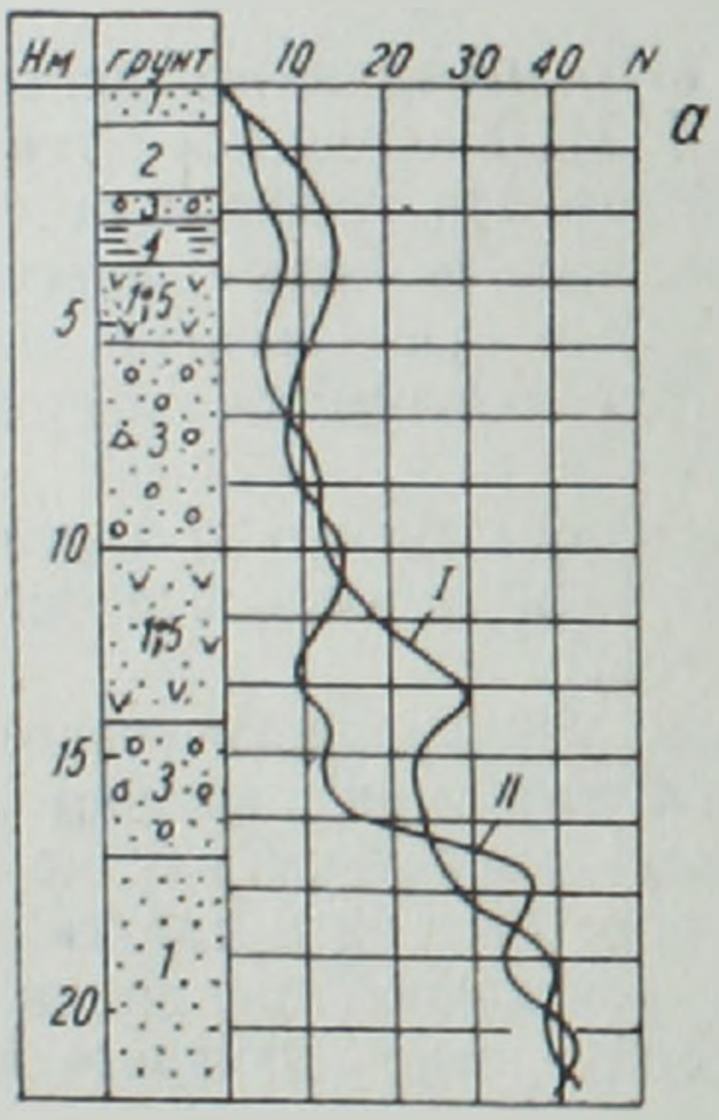
Однако, как показывают полевые исследования с помощью взрывов, описанные в упомянутой выше работе [16, с. 121—129], в пределах давлений 10^3—10^5 *Па* (представляющие интерес в целях инженерной сейсмологии) в грунтах проявляются некоторые особенности. В частности, непосредственно за пределом упругости получается сложная зависимость между нормальными и девяторными напряжениями (условие пластичности), переходящая в линейную зависимость при больших давлениях (более 10^6 *Па*).

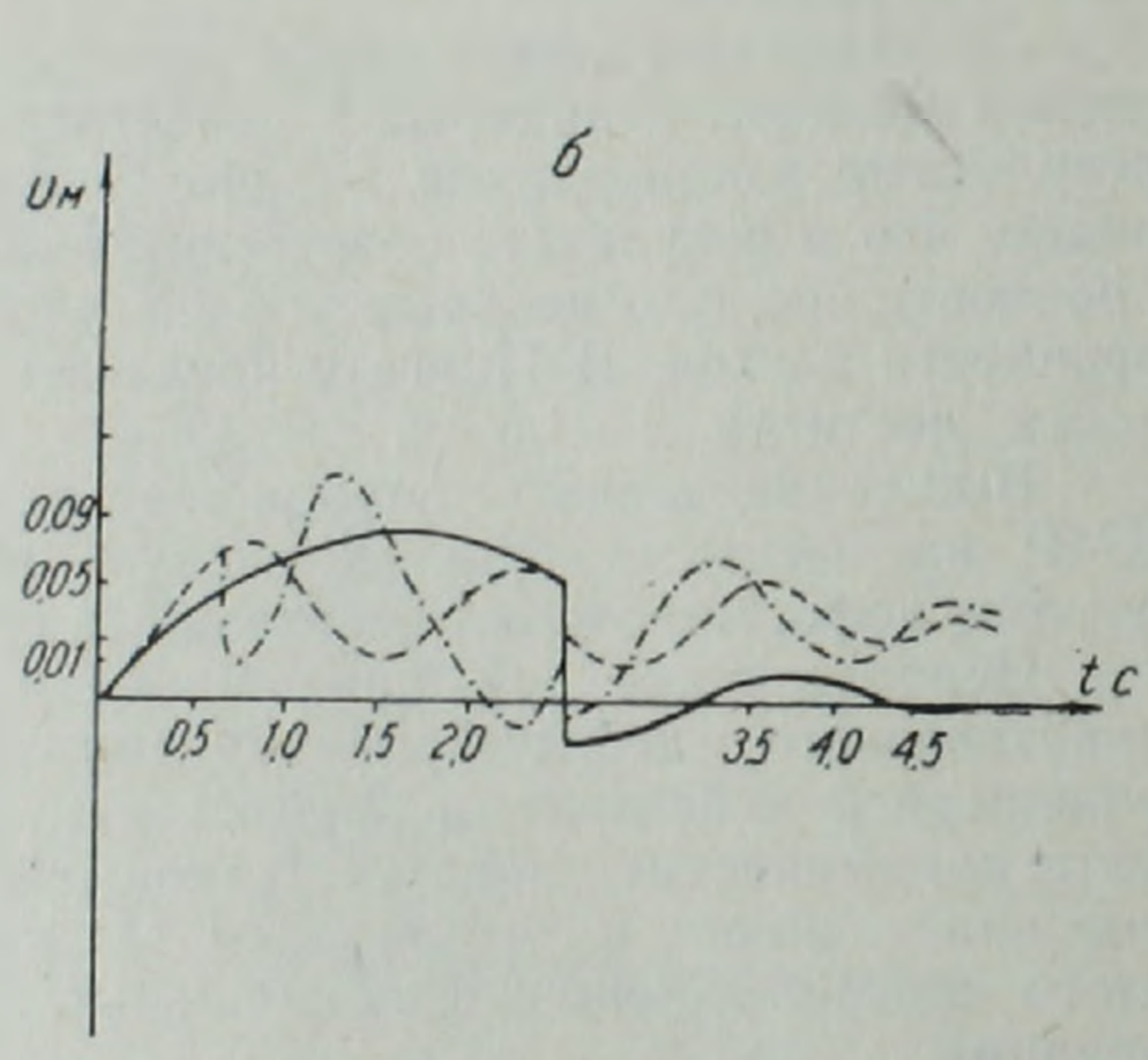
Поэтому, для замыкания систем уравнений динамической задачи пластичности предлагается вместо условия пластичности пользоваться диаграммой сдвига, которая вместе с диаграммой сжатия считается достаточной характеристикой динамических свойств грунтов. Кроме

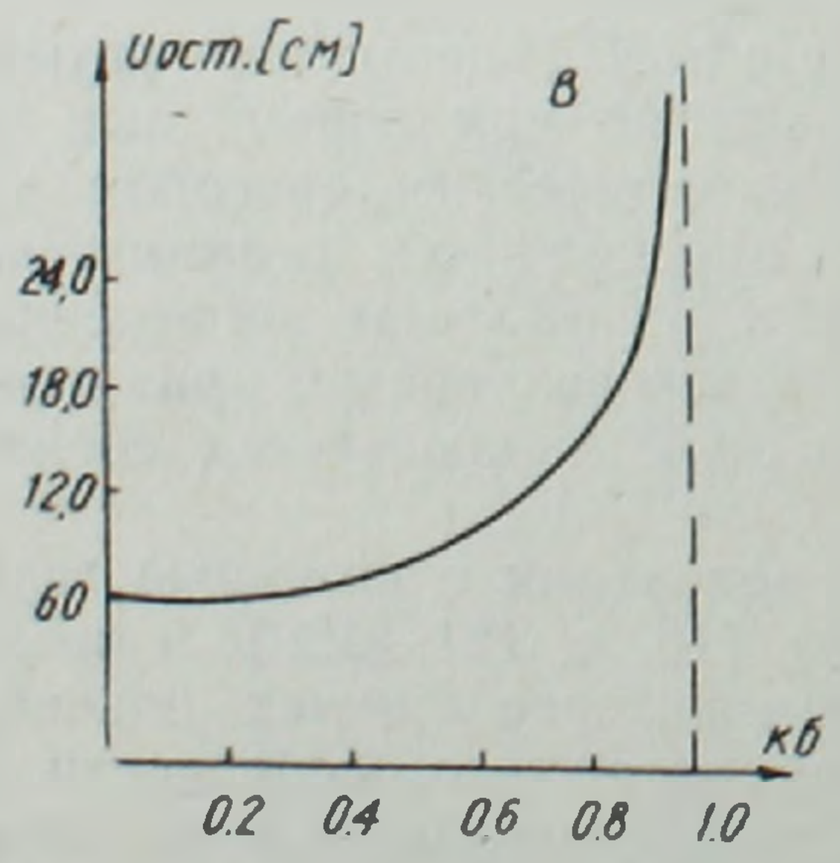
того, отмечается, что за пределом упругости при упомянутых давлениях упругие деформации $\vartheta_{упр}$ остаются значительными, т. е. $\vartheta_{упр} > \vartheta_{ост}$. Этот факт, по-видимому, связан с кратковременностью взрывного действия. При землетрясениях и вибрационных воздействиях, имеющих более длительное время действия, остаточные деформации накапливаются после нескольких циклов, вследствие чего значительно превышают упругие. Остаточные деформации могут быть еще больше в основании сооружения вследствие взаимодействия фундамента сооружения и мягкого грунта при землетрясениях.

С целью оценки влияния неупругой работы основания и волнового взаимодействия между мягким слоем и фундаментом сооружения на сейсмические колебания последнего в работе [6] приводятся результаты расчетов волновой нагрузки на подошву фундамента и кинематических параметров его колебаний без слоя и при его существовании (рис 2*б*).

Как видно из этих графиков, для мягкого основания (упругопластического и дилатирующего), вследствие взаимодействия получаются значительные остаточные смещения (порядка 5 *см*). С увеличением параметра дилатансии δ остаточные смещения увеличиваются [7] и при значениях $\delta = 0{,}08 - 0{,}1$ остаточные сдвиговые деформации резко возрастают, что свидетельствует о потере прочности и разрыхлении основания (рис. 2*в*).







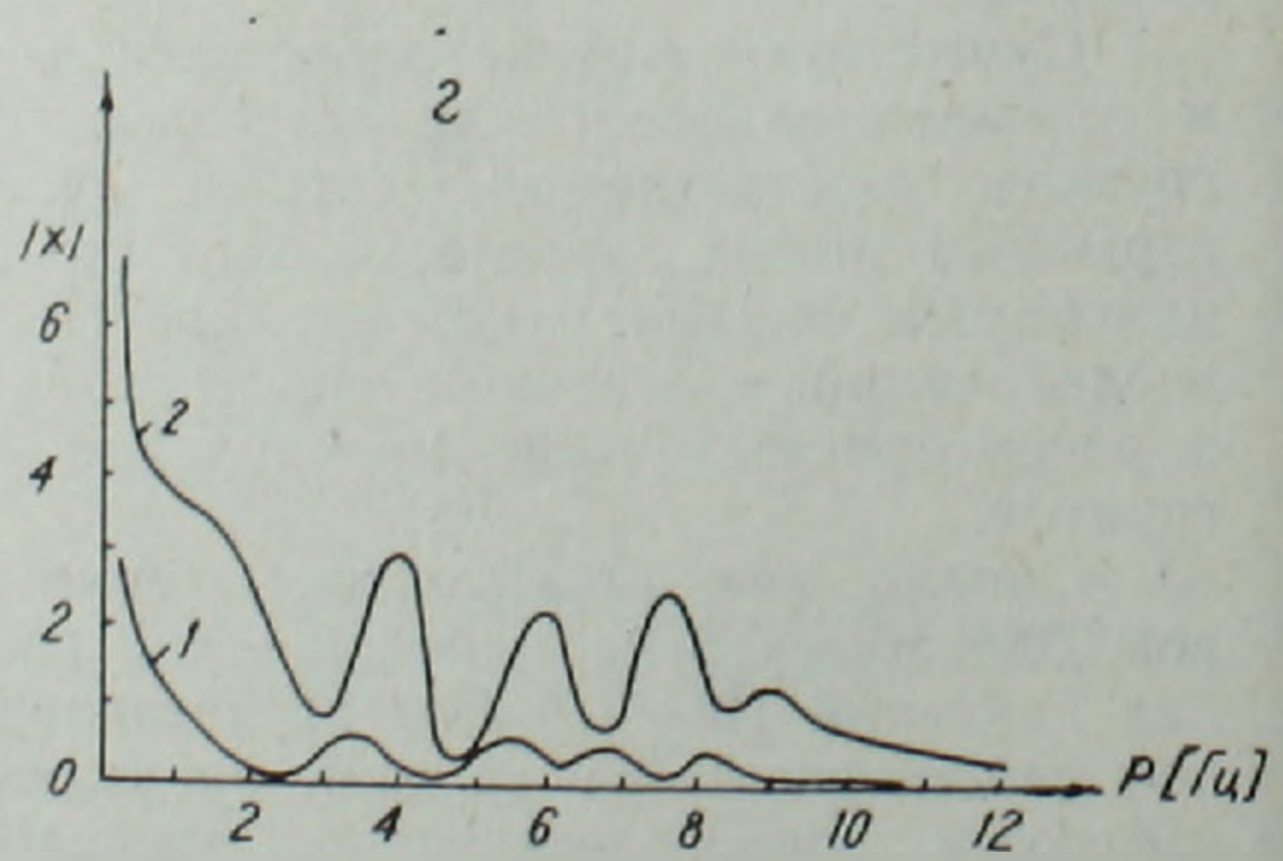


Рис. 2. а) Результаты стандартных пенестрационных испытаний песков до (I) и после (II) Ниигатского землетрясения 1964 г.: 1—5—соответственно песок мелкий, крупный, средний, иловатый и средний с органическими включениями; N—количество ударов на 30,4 *см* погружения стандартного грунтоноса; б) графики смещений фундамента: 1—скальное основание, 2—упругопластический слой, 3—то же, с учетом дилатансии; в) график остаточных сдвигов в зависимости от объемных деформаций; г) спектры реакций в единичном масштабе: 1—с учетом волнового взаимодействия фундамента и слоя грунта; 2—для консольного стержня с одной степенью свободы.

Из этого вытекает вывод о том, что вследствие взаимодействия между фундаментом сооружения и мягким грунтовым слоем при землетрясениях остаточные деформации в основании сооружения могут быть значительно больше, чем на свободной поверхности данной площадки, и что ускорения или смещения, получаемые путем традиционных методов сейсмического микрорайонирования, не могут характеризовать реальное сейсмическое воздействие на сооружение.

Это мнение верно не только для случая упругопластического мягкого основания, но и для упругого слоя. Сейсмические воздействия на сооружения полнее характеризуются, конечно, спектрами реакций, и поэтому в ряде работ [8, 12] обоснована и предложена методика инструментального СМР, базирующаяся на спектрах реакций линейных осцилляторов.

Это же мнение подтверждается также при построении спектра реакции линейного осциллятора с учетом волнового взаимодействия фундамента и упругого слоя (рис. 2*г*). Из него отчетливо видно, что взаимодействие фундамента и основания приводит к значительному уменьшению амплитуды колебаний линейного осциллятора (примерно 20—30% по сравнению с консольной схемой).

Заключение

При выполнении сейсмического микрорайонирования территорий строительства, расположенных в районах высокой сейсмичности (7 баллов и выше), следует учитывать, что величина амплитуд колебаний на мягких грунтах бывает меньше, чем на скальных. Общепринятое мнение об уменьшении сейсмической балльности на скальных грунтах относится к большим эпицентральным расстояниям ($\Delta > 50$ *км*) и упругой стадии деформирования грунтов. Поэтому при СМР следует учитывать упругопластические свойства мягких грунтов. С этой целью нужно использовать современные модели динамического деформирования мягких грунтов.

При сильных землетрясениях, вследствие взаимодействия фундамента сооружения и мягкого грунтового слоя, остаточные деформации в основании могут быть значительно больше, чем на свободной поверхности данной площадки. Поэтому для определения реальной сейсмической нагрузки на сооружения следует учитывать фактор взаимодействия, который приводит к значительному уменьшению амплитуды на спектре реакции линейного осциллятора.

Из изложенного выше можно сделать следующую практическую рекомендацию: ускорения, скорости и смещения грунта, получаемые традиционными методами СМР, не могут полностью охарактеризовать реальное сейсмическое воздействие. Первое приближение последнего, с достаточной для практики СМР точностью, обеспечивает спектры реакций линейных осцилляторов.

Однако, для территорий ответственных сооружений целесообразно при СМР использовать спектры реакций, построенные с учетом неупругих деформаций грунтов и фактора взаимодействия между фундаментом и основанием, что создает возможность непосредственного использования этих спектров в расчетах сооружений на сейсмостойкость.

Институт геофизики и инженерной
сейсмологии АН Армянской ССР

Поступила 30.IV.1986.

Ռ. Պ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ, Ս. Ա. ՓԻՐՈՒԶՅԱՆ

ՏԵՍԱԿԱՆ ՍԵՅՍՄԱՄԻԿՐՈՇՐՋԱՆԱՑՄԱՆ ՈՐՈՇ ԱՍՊԵԿՏՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Սեյսմիկ միկրոշրջանացման փորձարարական և տեսական մեթոդների վերլուծության հիման վրա դիտարկվում են ուժեղ երկրաշարժերի ժամանակ փափուկ գրունտների մնացորդային դեֆորմացիաների և կառույցի հիմքի ու հիմնատակի փոխազդեցության հաշվի առնման հնարավորությունները։

Դրծնական առաջարկություն է արված այն մասին, որ իրական սեյսմիկ ազդեցության որոշման համար սեյսմակայունության և սեյսմիկ միկրոշրջանացման խնդիրները յուրաքանչյուր կոնկրետ դեպքում հարկավոր է լուծել համատեղ՝ կառույցի հիմքի և հիմնատակի փոխազդեցությունը հաշվի առնելով։ Մասնավորապես, պատասխանատու կառույցների բնատարածքների սեյսմիկ միկրոշրջանացման աշխատանքները կատարելիս նպատակահարմար է օգտագործել սեյսմիկ հակազդեցության սպեկտրները՝ գրունտների ոչ գծային դեֆորմացիաների և կառույցի հիմքի ու հիմնատակի փոխազդեցությունը հաշվի առնելով։

R. P. MARTIROSIAN, S. A. PIRUZIAN

SOME ASPECTS OF THE THEORETICAL SEISMIC MICROZONING

A b s t r a c t

Analysing the available experimental and theoretical methods of seismic microzoning (SMZ) the possibilities of an accounting the soft grounds residual deformations as well as the interaction between a construction foundation with its basement during strong earthquakes are considered.

A practical recommendation is made, that for determining some real seismic influence, the problems of seismic stability and SMZ must be solved in conference, accounting the interaction between the construction foundation and its basement. It means that during SMZ, especially for the responsible building sites, it is expedient to use the spectra of reactions, designed by accounting the grounds non-elastic deformations and the interaction factor.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зволинский А. В.* Волновые процессы в неупругих средах. Вопросы инженерной сейсмологии. Вып. 23, М.: Наука, 1982, с. 4—19.
2. *Кац А. З.* К вопросу об учете грунтовых условий при сейсмическом микрорайонировании. Тр. Геофиз. ин-та АН СССР, т. 30 (157), М., 1955, с. 217—225.
3. *Ковшов А. Н.* О колебаниях поверхностного упругопластического слоя грунта— Изв. АН СССР, Физика Земли, 1981, № 8, с. 55—60.
4. *Крамынин П. И., Чернов Ю. К., Штейнберг Б. В.* Ускорения колебаний скальных и рыхлых грунтов при сильных землетрясениях. Вопросы инженерной сейсмологии. Вып. 19, М., Наука, 1973, с. 140—148.
5. *Красников Н. Д.* Динамические свойства грунтов и методы их определения. Л.: Стройиздат, 1970, 239 с.
6. *Мартиросян Р. П.* Влияние дилатансии на распространение сейсмической волны сдвига в мягких грунтах. Изв. АН АрмССР, сер. техн. наук, т. XXXIV, № 4, Ереван, 1981, с. 31—37.

7. *Мартиросян Р. П.* Влияние дилатансии на взаимодействие жесткого фундамента с сейсмическими упругопластическими волнами сдвига. Реф. сб.: Сейсмостойкое строительство. М., 1981, вып. 4, с. 22—26.
8. *Назаров А. Г., Антоненко Э. М., Кац Л. З., Коган Л. А., Лямзина Г. А., Лыкошин А. Г., Напетваридзе Ш. Г., Пирузян С. А., Трофименков Ю. Г.* К проблеме сейсмического микрорайонирования. Бюллетень по инженерной сейсмологии, № 7, Ереван: Изд. АН Арм. ССР, 1972, с. 11—24.
9. *Николаевский В. М.* Механические свойства грунтов и теория пластичности. Итоги науки и техники. Механика твердых деформируемых тел. ВНИИТИ, 1972, т. 6, —86 с.
10. *Пирузян С. А.* К вопросу влияния микрогеологии на величину силы сотрясения по данным Гегечкорского землетрясения 1957 г.—Изв. АН АрмССР, техн. науки, 1957, т. X, № 6, с. 68—73.
11. *Пирузян С. А.* Метод уточнения исходной сейсмической балльности для целей микрорайонирования и детального сейсморайонирования.—В кн.: Материалы республик. научно-техн. конференции молодых ученых. Ереван.: Луйс, 1967, с. 123—146.
12. *Пирузян С. А.* Метод определения сейсмических воздействий на сооружения по записям сильных и слабых землетрясений для целей микросейсморайонирования. Бюллетень по инженерной сейсмологии, № 6, 1970, с. 75—82.
13. *Пучков С. В.* Закономерности колебаний грунта при землетрясениях.—М.: Наука, 1974, 119 с.
14. *Ратникова Л. Н., Штейнберг В. В., Шебалин Н. В., Пирузян С. А., Аракелян Ф. О.* Оценка сейсмической опасности района строительства электростанции. В кн.: Вопросы инженерной сейсмологии, вып. 18, М., Недра, 1976, с. 41—61.
15. *Рахматулин Х. А., Сагомонян А. Д., Алексеев А. А.* Вопросы динамики грунтов. М.: 1964, 362 с.
16. Сейсмическое микрорайонирование. М.: Наука, 1977, 248 с.
17. Niigata Earthquake of 1964. Japan Committee on Earthquake Engineering, p.p. 18.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 4, 51—61, 1987

УДК: 556.552 (479.25)+551.576

Г. Р. ТОРОЯН, В. И. ХВОРОСТЬЯНОВ

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОРОГРАФИЧЕСКИЕ ОБЛАКА С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ ОСАДКОВ В БАССЕЙНЕ ОЗ. СЕВАН

С помощью двумерной нестационарной математической модели исследованы микрофизические поля орографических облаков и осадков в естественных условиях и при засеве с помощью наземных и приподнятых аэрозольных генераторов, имитирующих воздействия на облака в бассейне озера Севан. Исследовано пространственно-временное распределение интенсивности и сумм осадков при различных расположениях и мощностях генераторов. Оценены интегральные суммы выпадающих осадков до и после препятствия.

Введение. Одним из способов решения проблемы по сохранению уровня озера Севан является воздействие на зимние орографические облака с целью увеличения осадков в бассейне озера. Согласно исследованиям [4] в зимних условиях при обтекании южным и юго-западным потоками Гегамского хребта как с наветренной стороны, так и за хребтом над Севаном образуются стабильные орографические облака Sc—Ac. Эти облака переохлажденные, капельные и пригодны к воздействию для увеличения осадков в бассейне озера. Одним из способов воздействия на эти облака является, например, засев твердой углекислотой с самолета [4]. Моделирование такого засева проводилось в предыдущих работах авторов [9, 10]. Однако применение самолетного засева облаков в горных районах часто ограничено правилами техники безопасности полетов. Другой способ воздействия, достаточно эффективный и простой—это засев орографических облаков с помощью наземных и приподнятых аэрозольных генераторов [2, 3, 11, 12].

7. *Мартиросян Р. П.* Влияние дилатансии на взаимодействие жесткого фундамента с сейсмическими упругопластическими волнами сдвига. Реф. сб.: Сейсмостойкое строительство. М., 1981, вып. 4, с. 22—26.
8. *Назаров А. Г., Антоненко Э. М., Кац Л. З., Коган Л. А., Лямзина Г. А., Лыкошин А. Г., Напетваридзе Ш. Г., Пирузян С. А., Трофименков Ю. Г.* К проблеме сейсмического микрорайонирования. Бюллетень по инженерной сейсмологии, № 7, Ереван: Изд. АН Арм. ССР, 1972, с. 11—24.
9. *Николаевский В. М.* Механические свойства грунтов и теория пластичности. Итоги науки и техники. Механика твердых деформируемых тел. ВНИИТИ, 1972, т. 6, —86 с.
10. *Пирузян С. А.* К вопросу влияния микрогеологии на величину силы сотрясения по данным Гегечкорского землетрясения 1957 г.—Изв. АН АрмССР, техн. науки, 1957, т. X, № 6, с. 68—73.
11. *Пирузян С. А.* Метод уточнения исходной сейсмической балльности для целей микрорайонирования и детального сейсморайонирования.—В кн.: Материалы республик. научно-техн. конференции молодых ученых. Ереван.: Луйс, 1967, с. 123—146.
12. *Пирузян С. А.* Метод определения сейсмических воздействий на сооружения по записям сильных и слабых землетрясений для целей микросейсморайонирования. Бюллетень по инженерной сейсмологии, № 6, 1970, с. 75—82.
13. *Пучков С. В.* Закономерности колебаний грунта при землетрясениях.—М.: Наука, 1974, 119 с.
14. *Ратникова Л. Н., Штейнберг В. В., Шебалин Н. В., Пирузян С. А., Аракелян Ф. О.* Оценка сейсмической опасности района строительства электростанции. В кн.: Вопросы инженерной сейсмологии, вып. 18, М., Недра, 1976, с. 41—61.
15. *Рахматулин Х. А., Сагомонян А. Д., Алексеев А. А.* Вопросы динамики грунтов. М.: 1964, 362 с.
16. Сейсмическое микрорайонирование. М.: Наука, 1977, 248 с.
17. Niigata Earthquake of 1964. Japan Committee on Earthquake Engineering, p.p. 18.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 4, 51—61, 1987

УДК: 556.552 (479.25)+551.576

Г. Р. ТОРОЯН, В. И. ХВОРОСТЬЯНОВ

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОРОГРАФИЧЕСКИЕ ОБЛАКА С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ ОСАДКОВ В БАССЕЙНЕ ОЗ. СЕВАН

С помощью двумерной нестационарной математической модели исследованы микрофизические поля орографических облаков и осадков в естественных условиях и при засеве с помощью наземных и приподнятых аэрозольных генераторов, имитирующих воздействия на облака в бассейне озера Севан. Исследовано пространственно-временное распределение интенсивности и сумм осадков при различных расположениях и мощностях генераторов. Оценены интегральные суммы выпадающих осадков до и после препятствия.

Введение. Одним из способов решения проблемы по сохранению уровня озера Севан является воздействие на зимние орографические облака с целью увеличения осадков в бассейне озера. Согласно исследованиям [4] в зимних условиях при обтекании южным и юго-западным потоками Гегамского хребта как с наветренной стороны, так и за хребтом над Севаном образуются стабильные орографические облака Sc—Ac. Эти облака переохлажденные, капельные и пригодны к воздействию для увеличения осадков в бассейне озера. Одним из способов воздействия на эти облака является, например, засев твердой углекислотой с самолета [4]. Моделирование такого засева проводилось в предыдущих работах авторов [9, 10]. Однако применение самолетного засева облаков в горных районах часто ограничено правилами техники безопасности полетов. Другой способ воздействия, достаточно эффективный и простой—это засев орографических облаков с помощью наземных и приподнятых аэрозольных генераторов [2, 3, 11, 12].

При этом, для оптимального размещения генераторов необходимо детально исследовать: 1) мезо- и микроструктуру облаков; 2) их водозапас; 3) закономерности распространения льдообразующих аэрозолей при сложной структуре динамики обтекания препятствия; 4) взаимодействие реагента с облаком и т. д. Эффективным методом изучения этих процессов является математическое моделирование.

В данной работе представлена двумерная нестационарная модель засева орографических облаков с помощью наземных аэрозольных генераторов. Моделируя засев на различных удалениях от хребта, можно приближенно оценить сумму осадков, выпадающих с наветренной стороны и поступающих в Раздан ский каскад, и сумму осадков с подветренной стороны, поступающих в Севан.

Насколько можно увеличить осадки с наветренной стороны, настолько же можно уменьшить сток из Севана в Раздан ский каскад, т. е. увеличение осадков как с наветренной стороны, так и с подветренной внесет положительный вклад в решение проблемы по сохранению оз. Севан.

Постановка задачи. Для определения горизонтальных и вертикальных составляющих скорости ветра решалось волновое уравнение Гельмгольца для возмущения функции тока ψ' [8, 9, 10]:

$$\Delta\psi' + \left(\frac{g\varkappa}{c_0^2} + \frac{\beta}{T}\right)\psi' + k^2\psi' = 0 \qquad (1)$$

где $\psi' = \psi - u_0 z$; u_0 — горизонтальная скорость натекающего потока; $k^2 = \frac{g}{T}\cdot\frac{\gamma_{кр} - \gamma}{u_0^2}$; γ — стратификация натекающего потока, $\gamma_{кр}$ — средний адиабатический градиент, $\beta = \gamma - \gamma_{кр}$. При решении (1) профиль препятствия аппроксимировался кривой $h(x) = \frac{ab^2}{b^2 + (x - x_0)^2}$, где a — высота горы, b — полуширина, x_0 — координата центра горы. Следует подчеркнуть, что a не абсолютная высота горы, а ее относительная высота над уровнем плоскости озера. Решение для ψ' ищем с помощью разложения в интеграл Фурье аналогично [8]. Учитывая, что Фурье-образ $h(x)$ имеет вид abe^{-mb} и взяв интеграл с помощью теории вычетов, решение для ψ' в системе координат, в которой уровень поверхности земли соответствует $z = -h_0$ [8], получим в виде:

$$\psi' = u_0 l^{-\frac{1}{2}\alpha z}\,\mathrm{Re}\left| -ab\,\frac{b + i(x - x_0)}{b^2 + (x - x_0)^2}\,\frac{\sin lz}{\sin lh_0} + 2\pi i\theta(x - x_0)\sum_n R_n(m_n),\right. \qquad (2)$$

$$R_n(m_n) = (-1)^{n+1}\,\frac{ab\sqrt{l^2 - m_n^2}\,l^{-m_n b}}{m_n h_0}\,\sin(\sqrt{l^2 - m_n^2}\,z)\,l^{-im_n(x - x_0)}, \qquad (3)$$

где $m_n = \sqrt{l^2 - \left(\frac{\pi n}{h_0}\right)^2}$; $l^2 = k^2 - \frac{\alpha^2}{4}$; $\alpha = \frac{g\varkappa}{c_0^2} + \frac{\beta}{T}$; $\varkappa = \frac{c_p}{c_v}$, c_0 — скорость звука. Из определения функции тока $u = e^{\alpha z}\frac{\partial\psi}{\partial z}$ и $w = -e^{\alpha z}\frac{\partial\psi}{\partial x}$ находились декартовы составляющие скорости ветра.

Микроструктура облаков и осадков рассчитывалась путем решения кинетических уравнений для функций распределения по размерам капель (f_1) и кристаллов (f_2) совместно с решением уравнений для температуры и влажности в криволинейной системе координат ($x' = x$, $z' = z - h(x)$, штрихи в дальнейшем опустим), аналогично [7, 9, 10]:

$$\frac{\partial T}{\partial t}+u\frac{\partial T}{\partial x}+w\left(\frac{\partial T}{\partial z}+\gamma_a\right)+u\frac{dh}{dx}\gamma_a=\frac{\partial}{\partial z}k_z\left(\frac{\partial T}{\partial z}+\gamma_a\right)+$$

$$+\frac{\partial}{\partial x}k_x\frac{\partial T}{\partial x}+\frac{L_1}{c_p}\varepsilon_{c1}+\frac{L_2}{c_p}\varepsilon_{c2} \qquad (4)$$

$$\frac{\partial q}{\partial t}+u\frac{\partial q}{\partial x}+w\frac{\partial q}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial z}k_z\frac{\partial q}{\partial z}+\frac{\partial}{\partial x}k_x\frac{\partial q}{\partial x}-\varepsilon_{c1}-\varepsilon_{c2}, \qquad (5)$$

$$\frac{\partial f_i}{\partial t}+u\frac{\partial f_i}{\partial x}+(w-v_i)\frac{\partial f_i}{\partial z}+\frac{\partial}{\partial r_i}(\dot{r}_i f_i)=\frac{\partial}{\partial z}k_z\frac{\partial f_i}{\partial z}+\frac{\partial}{\partial x}k_x\frac{\partial f_i}{\partial x}+\left(\frac{\partial f_i}{\partial t}\right)_{col}+J_i,$$

(6)

где u, w компоненты скорости в криволинейной системе координат $\left(u=u_g,\ w=w_g-u_g\frac{dh}{dx}\right)$; $\dot{r}_i$—скорость роста капли и кристалла; v_i—скорость падения частиц, $\left(\frac{\partial f_i}{\partial t}\right)_{col}$—скорость изменения спектров капель и кристаллов за счет гравитационной коагуляции и аккреции; ε_{ci}—скорости конденсации и сублимации; k_x, k_z—коэффициенты горизонтальной и вертикальной турбулентной диффузии. Выражения в правой части (6), описывающие замерзание капель и зарождение кристаллов на естественных ядрах сублимации, а также зарождение кристаллов на искусственных льдообразующих ядрах задавались в виде [5, 7, 9, 10]:

$$J_1=-a_F r_1^3\exp|b_F(T_F-T)|f_1(r_1), \qquad (7)$$

$$J_2=a_S\exp[b_S(T_S-T)]\delta(r-r_a)\left(-\frac{dT}{dt}\right)\theta\left(-\frac{dT}{dt}\right)\theta(\Delta_2)-J_1+\alpha(T)\cdot c\cdot\delta(r-r_a)$$

(8)

где $\theta(x)$—функция Хэвисайда, $\delta(x)$—дельта функция Дирака, $\alpha(T)$—коэффициент, учитывающий температурную зависимость активации льдообразующих ядер, c—концентрация льдообразующих аэрозолей от линейных источников с удельной мощностью M_0 и удовлетворяет уравнению:

$$\frac{\partial c}{\partial t}+u\frac{\partial c}{\partial x}+w\frac{\partial c}{\partial z}=\frac{\partial}{\partial z}k_z\frac{\partial c}{\partial z}+\frac{\partial}{\partial x}k_x\frac{\partial c}{\partial x}+M_0-\alpha(T)c. \qquad (9)$$

Зарождение ледяных кристаллов при активации искусственных льдообразующих ядер аппроксимировалось формулой, предложенной в работе [13] $n_{ak}=c\cdot\exp|B/(T-T_n)|$, где n_{ak}—число активных льдообразующих ядер при T; T_n—пороговая температура активации. При этом коэффициент $\alpha(T)$ в уравнениях (8), (9) примет вид:

$$\alpha(T)=-\frac{B}{(T-T_n)^2}\left(\frac{\partial T}{\partial t}+u\frac{\partial T}{\partial x}+w\frac{\partial T}{\partial z}\right)\theta\left(-\frac{dT}{dt}\right), \qquad (10)$$

где выражение $\frac{\partial T}{\partial t}+u\frac{\partial T}{\partial x}+w\frac{\partial T}{\partial z}=\frac{dT}{dt}$—лагранжевая скорость изменения температуры вдоль траектории переноса аэрозоля.

Уравнение (9) описывает распространение примеси от линейного источника. Для пересчета к точечному источнику, описывающему аэрозольный генератор, использовалось соотношение [1]:

$$\bar{c}(x, z, t)=\frac{c(x, z, t)}{2\sqrt{\pi k_0(x-x_i)}}, \qquad (11)$$

где $k_0=k_y/u$; k_y—коэффициент продольной турбулентной диффузии; x_i—горизонтальное расположение генераторов. При моделировании наземных источников профили ветра и турбулентность в приземном слое параметризовались степенными функциями аналогично [1].

Алгоритм решения. Начальные и граничные условия. Система уравнений (4)—(10) решалась методом расщепления в 4 этапа. На первом и втором этапах рассчитывались горизонтальный и вертикальный переносы субстанции, на третьем этапе учитывались процессы конденсации и сублимации. На заключительном этапе учитывались процессы коагуляции и аккреции в приближении непрерывного роста, а также процессы активации ядер конденсации и сублимации, замерзания капель, зарождение искусственных кристаллов на льдообразующих ядрах.

Начальные поля T, q, f_i, c задавались: $T(x, z)|_{t=0}=T_0-\gamma_a h(x)-\gamma z$, $q(x, z)|_{t=0}=q_{s1}(T_0-\gamma_a h(x))[1+(1-q_{r0})\exp(z/A_D)]$; $f_i(x, z, r_i)|_{t=0}=0$. $c(x, z)|_{t=0}=0$. Граничные условия для температуры и влажности при $z=0$: $T(x, 0)=T_0-\gamma_a h(x)$; $q(x, 0)=q_{s1}(T_0-\gamma_a h(x))\cdot q_{r0}$, а для остальных граничных условий по x и z использовались условия свободной границы $\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}=0, \quad \frac{\partial\varphi}{\partial z}=0\right)$.

По рассчитанным функциям распределения капель f_1 и кристаллов f_2 определялись следующие микрофизические характеристики облаков и осадков: водность q_{L1}; ледность q_{L2}; концентрация капель N_1 и кристаллов N_2 и их радиолокационная отражаемость Z:

$$q_{Li}=\frac{4}{3}\pi\rho_i\int_0^\infty r_i^3 f_i dr_i; \quad N_i=\int_0^\infty f_i dr_i; \quad z=\sum_{i=1}^{2}64\int_0^\infty r_i^6 f_i dr_i, \qquad (12)$$

интенсивность осадков j и их сумма s;

$$j=\frac{4}{3}\pi\rho_i\int_0^\infty r_i^3 v_i f_i dr_i; \quad S=\int_{t_0}^{t} j(t')dt', \qquad (13)$$

где t_0—начало выпадения осадков. Рассчитывались также пересыщения над водой (Δ_1) и надо льдом (Δ_2).

Перед выводом на печать все необходимые поля пересчитывались на прямоугольную сетку с шагами Δx, Δz в декартовой системе, в которой и приведены ниже все результаты.

Результаты расчетов. При решении системы уравнений (1)—(10) следующие параметры выбирались постоянными: $a_F=10^{-4}$ *см*$^{-3}$*с*$^{-1}$; $b_F=0{,}2$ *град*$^{-1}$; $a_S=0{,}5\cdot10^{-2}$ *г*$^{-1}$ *град*$^{-1}$; $b_S=0{,}26$ *град*$^{-1}$; $a=600$ *м*; $b=5$ *км*; $h_0=1{,}8$ *км*; $u_0=7$ *м/с*; $\gamma=6°$ *с/км*; $\gamma_{кр}=8°$ *с/км*; $q_{r0}=80$ %; $T_0=-5°$C; $k_x=50$ *м*^{2}*/с*; $k_z=5$ *м*^{2}*/с*; $k_0=1$ *м*; $N_{0c}=5\cdot10^5$ *г*$^{-1}$; $\beta=0{,}6$; $l=2$ *км*; $A_D=10$ *км*; $T_F=T_S=0°$C; $T_n=-5°$C; $B=28$ *град*; $r_a=10$ *мкм*; $\Delta t=60$ *с*. Остальные параметры варьировались и приведены в табл. 1. Область счета по горизонтали составляет 40 *км*, а по вертикали—9 *км*. При решении системы уравнений (4)—(6) пространственный шаг по горизонтали принимался $\Delta x=1$ *км*, а по вертикали—$\Delta z=300$ *м*.

Уравнения (1), (9) решались с более частым разрешением — $\Delta x_c = 500$ *м*, $\Delta z_c = 60$ *м*. Центр горы расположен в точке $x_0 = 20$ *км*, $z_0 = 0$.

На рис. 1 представлены поля функции тока и вертикальных скоростей (рис. 1б). С подветренной стороны препятствия образуются внутренние гравитационные волны с чередованием областей нисходящих и восходящих движений. Максимальные восходящие движения $w \sim 1{,}5$—2 *м/с* наблюдаются в области $x \sim 23$ *км*, $z \sim 1{,}5$—2 *км*. За счет эффекта «обращения» гравитационных волн [5] возмущение воздушного потока наблюдается также с наветренной стороны, достигая высот 7—9 *км* ($w \sim \pm 5$—10 *см/с*.) Подобная картина волновой структуры обтекания препятствия находится в качественном согласии с наблюдениями [2, 4, 5, 8].

За счет сложной волновой структуры обтекания, в горных районах часто наблюдается многоярусная орографическая облачная система [5]. Такую картину иллюстрирует рис. 2а,б, где представлены поля водности, ледности (рис. 2а) и концентрации капель и кристаллов (рис. 2б) через 2,5 часа эволюции облаков. Облака Sc образуются с наветренной стороны препятствия и имеют чисто капельную структуру. Последнее обусловлено малой вероятностью замерзания ($J_1 \sim r_1^3$) капель, которые не успевают замерзнуть при горизонтальном переносе с $u_0 \sim 7$ *м/с*. Водность облаков q_{L1} достигает $q_{L1} \sim 0{,}4 \div 0{,}7$ *г/кг*. Облака среднего яруса смешанного фазового состояния Ac образуются на высотах $z \sim 3{,}5$—$5{,}5$ *км*. При этом температура в облаках Ac— $35^\circ C < T < -25^\circ C$, что повышает эффективность замерзания капель ($J_1 \sim \exp(b_F \Delta T)$). Концентрация кристаллов достигает $N_2 \sim 15$—30 $г^{-1}$. С подветренной стороны в областях восходящих движений образуются орографические облачные валы *Acund* с водностью $q_{L1} \sim 0{,}05$ *г/кг*. На высотах $z \sim 6{,}5$—9 *км* образуются чисто кристаллические перистые облака верхнего яруса с ледностью $q_{L2} \sim 0{,}04$—$0{,}07$ *г/кг* и концентрацией кристаллов $N_2 \sim 0{,}05$—$0{,}3 \cdot 10^4$ $г^{-1}$. Высокая концентрация кристаллов обусловлена двумя механизмами зарождения кристаллов: 1) при достижении насыщения надо льдом $\Delta_2 > 0$ зарождаются кристаллы за счет активации ядер сублимации; 2) далее при наличии восходящих движений $w \sim 10$ *см/с* на высотах $z \sim 7$—9 *км*, достигается также насыщение над водой $\Delta_1 > 0$ и зарождаются капли. А поскольку на этих уровнях $T < -10^\circ C$, то они спонтанно замерзают, давая большой вклад в N_2. Средний размер кристаллов достигает 15—30 *мкм*. Такие концентрации и размеры кристаллов в перистых облаках обнаружены в самолетных измерениях [6].

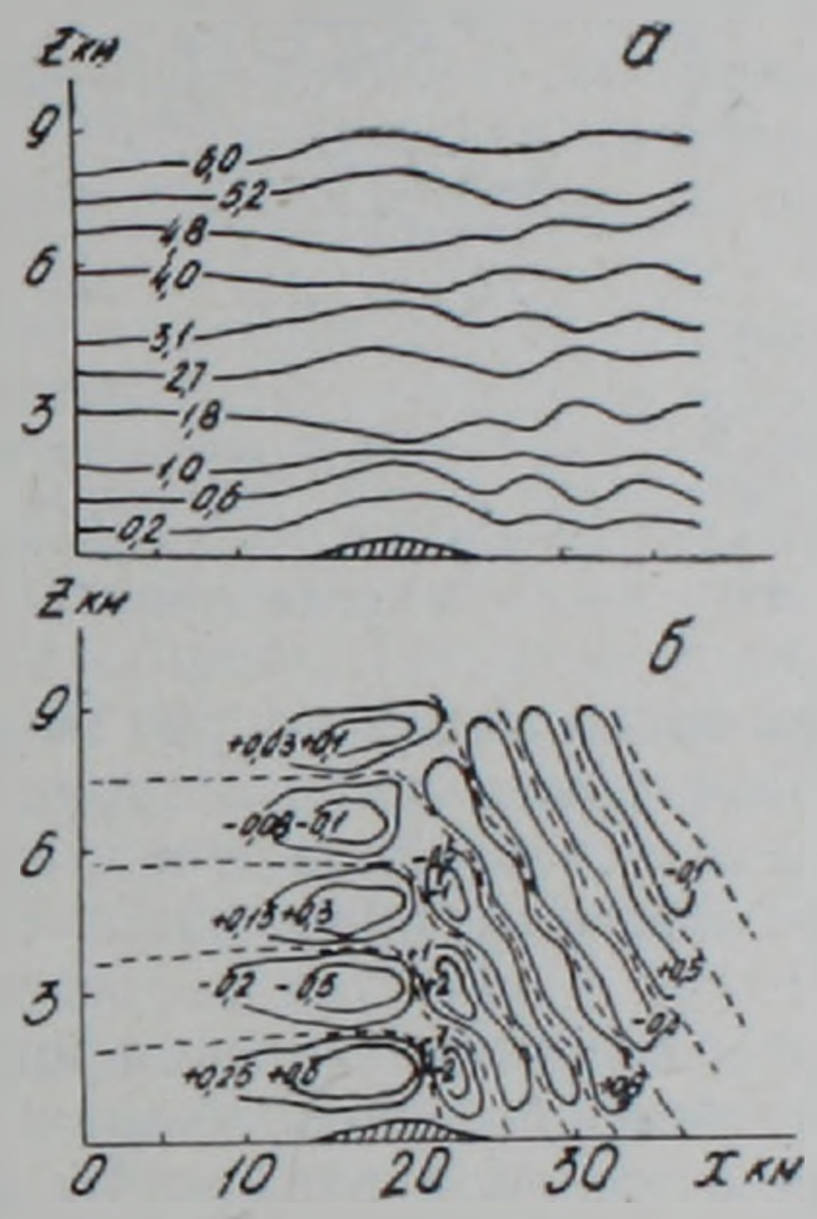


Рис. 1. Поля функции тока ψ, 10^8 $см^2/с$ (а); вертикальной скорости w, *м/с* (пунктир $w = 0$). На этом и следующем рис. гора заштрихована.

Как отмечено в [4], такая сложная структура облаков часто наблюдается в бассейне оз. Севан в зимних условиях при обтекании

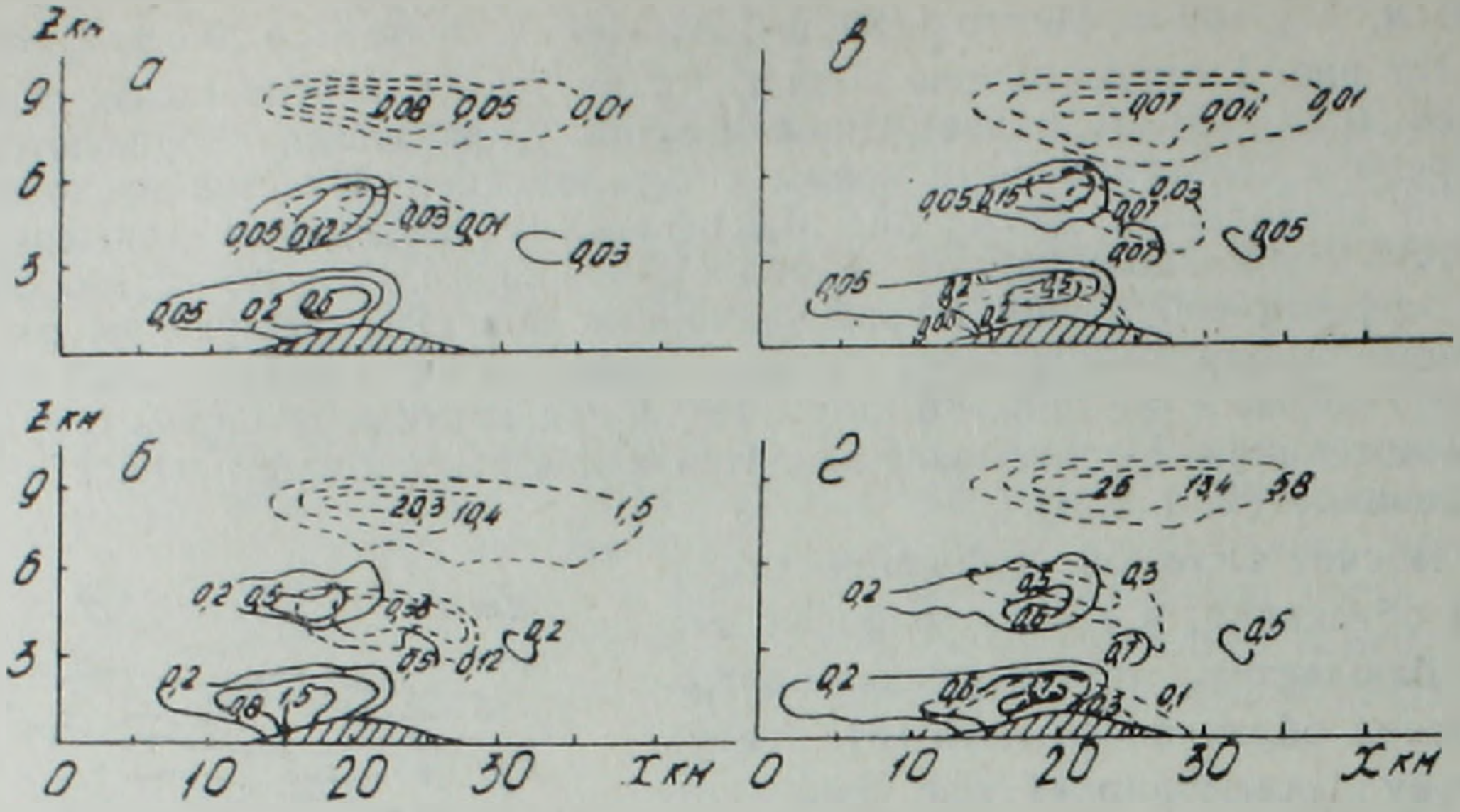


Рис. 2. Поля водности (сплошные линии) q_{L1}, *г/кг*; ледности (пунктир) q_{L2}, *г/кг* (а) концентрации капель (сплошные линии) N_1, 10^3 $г^{-1}$ и кристаллов (пунктир) N_2, 10^2 $г^{-1}$ (б) через 2,5 *ч* эволюции облачности, перед засевом, а также аналогичные поля через 1 *ч* 15 *мин* после засева в варианте 1.

юго-западным потоком Гегамского хребта. Как видно на рис. 3 из [6], с наветренной стороны формируется протяженный облачный массив за счет охлаждения при орографическом подъеме, с подветренной стороны образуются стабильные орографические гряды облаков Sc—Ac в областях восходящих движений, разделенных безоблачными промежутками в нисходящих токах. Они почти всегда являются переохлажденно- капельными и пригодны для воздействия с целью увеличения осадков в бассейне оз. Севан. Рассчитанная мезоструктура облаков (рис. 2*а,б*) хорошо согласуется с наблюдаемой (рис. 3).

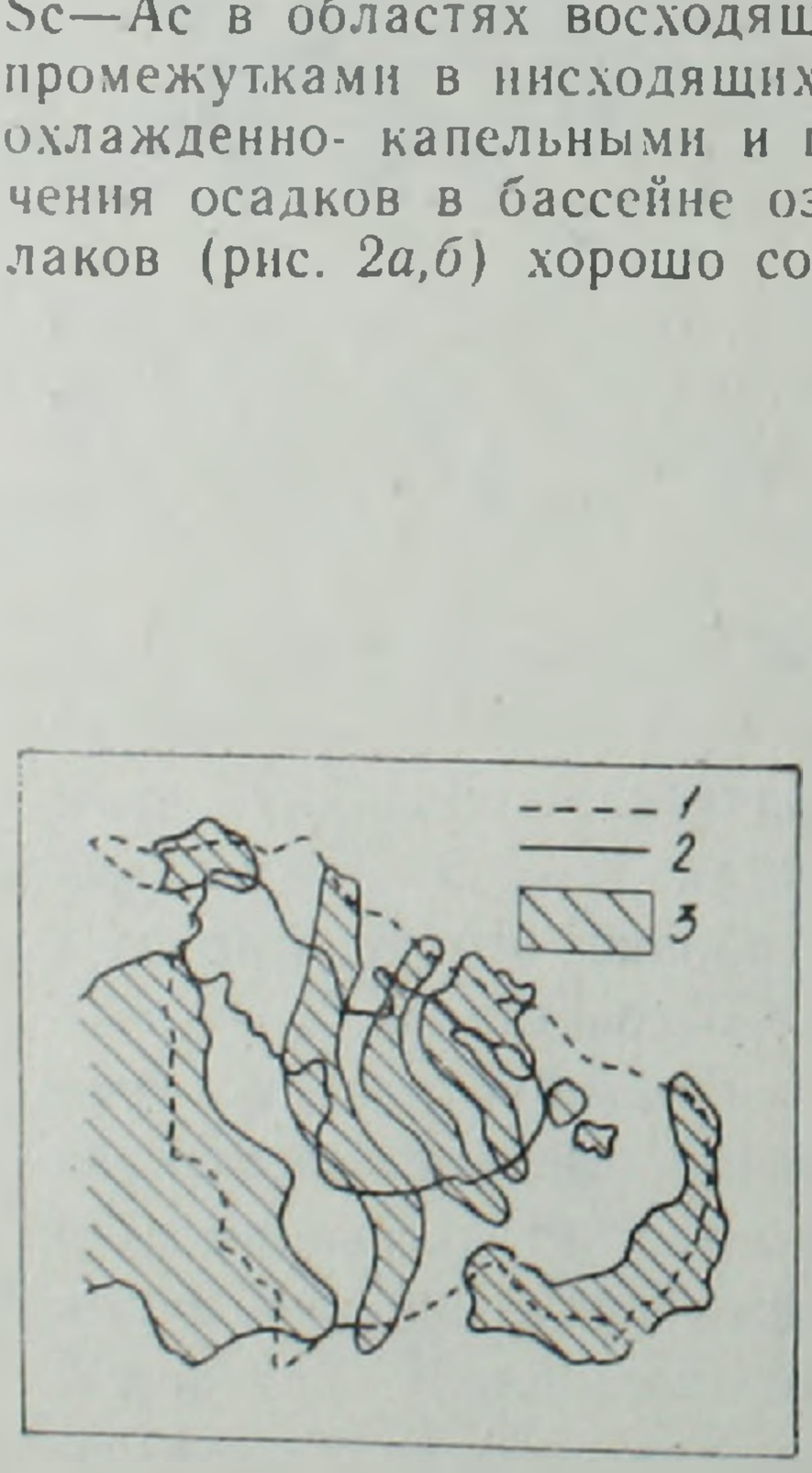


Рис. 3. Распределение поля облачности в бассейне оз. Севан по данным [4]: 1—граница водосборного бассейна оз. Севан; 2—береговая линия, 3—поле облачности.

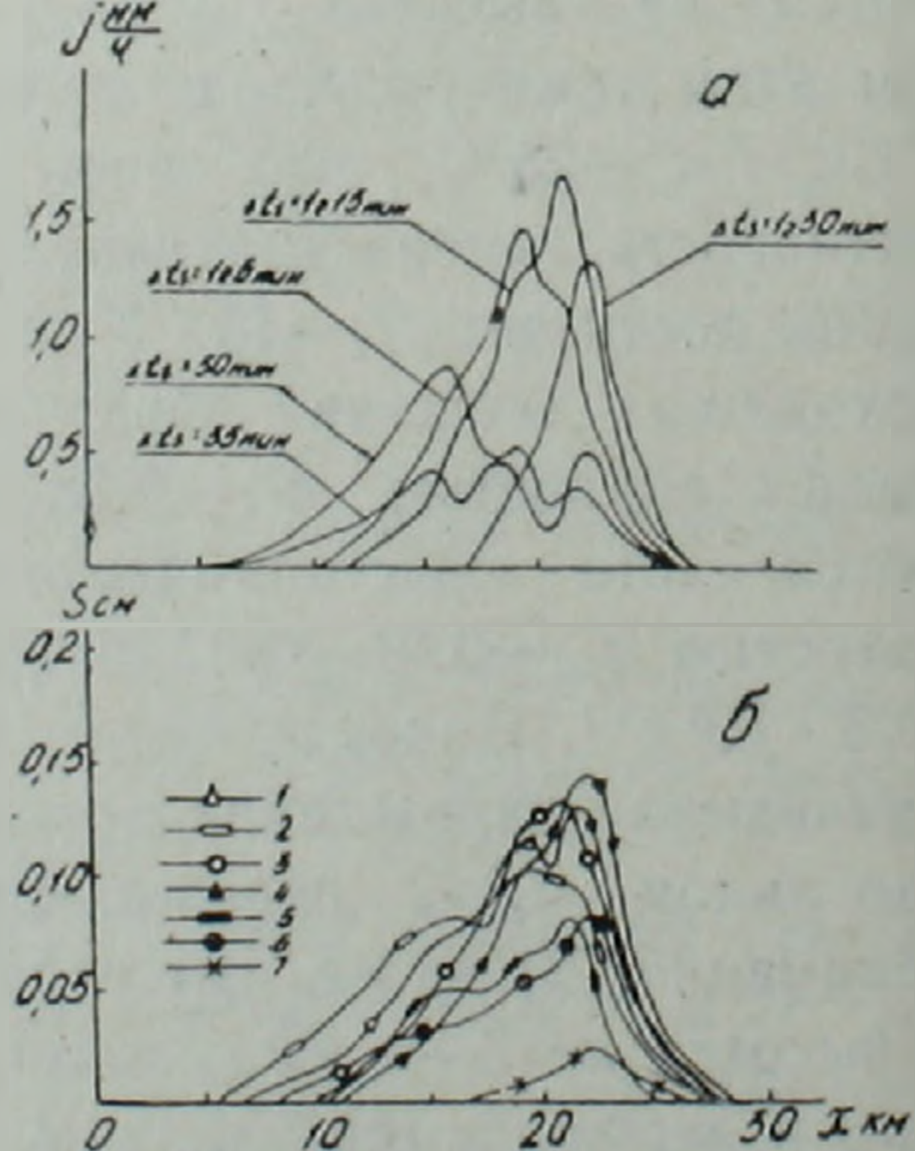


Рис. 4. Пространственно-временное распределение интенсивности осадков *j*, *мм/ч* (а) в варианте 1 и суммы осадков S, *см* (б) при различных расположениях наземных и приподнятых генераторов (номера линий соответствуют вариантам расчетов, приведенным в табл. 1).

Для оценки возможного увеличения осадков моделировался засев облаков при различных расположениях наземных и приподнятых аэрозольных генераторов. Пространственное расположение генераторов и их мощность (дозировка реагента) в различных вариантах засева приведены в табл. 1. В варианте 1 использовались приподнятые генераторы на высоте $z_j = 60$ *м*, расположенные за 15 *км* до вершины хребта. При этом через 40 *мин* после начала засева облака Sc кристаллизуется, и генераторы в модели были выключены. На рис. 2*в,г* представлены поля водности и ледности (рис. 2*в*) и концентрации капель и кристаллов (рис. 2*г*) через 1 *ч* 15 *мин* после засева. Ледность облаков Sc достигает $q_{i2} \sim 0{,}1$—$0{,}3$ *г/кг*, а концентрация кристаллов $N_2 \sim 15$—30 $г^{-1}$. Интересно, что после выпадения части кристаллов и при переносе зоны искусственной кристаллизации в подветренную сторону, в областях восходящих движений происходит регенерация капельной фазы. Через 35 *мин* после выключения генераторов водность восстанавливается до 0,3—0,6 *г/кг*. Еще через 20—30 *мин* полностью восстанавливается жидкий водозапас облаков и появляется возможность повторного засева.

В горных районах приобретает большое значение вопрос о пространственно-временном распределении интенсивности осадков в естественных условиях и их перераспределении при активном воздействии по отношению к горному хребту. В частности, при решении проблем по сохранению уровня озера Севан необходимо максимальное увеличение осадков, выпадающих с подветренной стороны Гегамского хребта и поступающих в бассейн озера. При этом оптимальный выбор пространственного расположения наземных и приподнятых генераторов и их мощности зависит как от мезо- и микроструктуры облаков в естественных условиях, так и от скорости натекающего потока, формы препятствия и т. д.

Пространственно-временное распределение интенсивности осадков в варианте 1 и их сумма при различных расположениях и мощностях генераторов представлены на рис. 4(*а,б*). В варианте 1 генераторы были расположены за 15 *км* до вершины хребта на высоте $z_j = 60$ *м* (например, на привязных баллонах). При этом выпадение искусственных осадков начинается через 20 *мин* после начала засева, а через 50 *мин* интенсивность осадков j достигает 0,9 *мм/ч*. Абсолютный максимум $j_{max} = 1{,}7$ *мм/ч* наблюдается через 1 *ч* 15 *мин* после засева на удалении 2—3 *км* от вершины горы с подветренной стороны (рис. 4*а*). Выпадение осадков прекращается через 1 *ч* 45 *мин*. К этому времени сумма осадков, выпавших с наветренной стороны, достигает $S_1 \sim 0{,}07$—$0{,}12$ *см*, а с подветренной—$S_2 \sim 0{,}1$—$0{,}2$ *см* (рис. 4б). Интегральная

Таблица 1

Интегральные суммы осадков на 1 *км* вдоль хребта (*тыс. т*) с наветренной σ_1 и подветренной σ_2 сторон от вершины и общая сумма σ при различных расположениях и мощностях генераторов

Номер варианта	Расстояние от генератора до вершины хребта ($x_0 - xi$), *км*	Высота генератора над уровнем горы *zi*, *м*	Дозировка реагента *c*, $г^{-1}$	Общая сумма осадков σ	$\sigma_1 (x < x_0)$ с наветренной стороны	$\sigma_2 (x > x_0)$ с подветренной стороны	Отношение σ_2/σ, %
1	15	60	10^5	11	5	6	55
2	15	2	10^5	10	6	4	40
3	15	60	10^4	10,5	4,9	5,6	54
4	10	60	10^5	9	3	6	67
5	10	2	10^5	6,8	3,6	3,2	47
6	10	60	10^4	7,3	2,5	4,8	65
7	5	2	10^5	0,9	—	0,9	100
8	0	2	10^5	0,1	—	0,1	100

сумма осадков (на 1 *км* вдоль хребта) с наветренной стороны составляет— $s_1=5$ *тыс. т*, с подветренной— $s_2=6$ *тыс. т*, общая сумма— $s=11$ *тыс. т* (см. табл. 1). При этом сумма осадков, выпадающих с подветренной стороны в бассейн озера Севан, (s_2)—составляет 55% от общей суммы осадков (s). Дальнейший анализ проведем на основании данных табл. 1.

При засеве в варианте 2 с наземных генераторов слой осадков с наветренной стороны составляет $S_1=0{,}08—0{,}1$ *см*, а с подветренной стороны—$S_2=0{,}05—0{,}09$ *см*, суммы осадков $s_1=6$ *тыс. т*, $s_2=4$ *тыс. т*. При этом уменьшается отношение $s_2/s=40\%$, т. е. основные осадки выпадают с наветренной стороны. При уменьшении дозировки реагента на порядок по сравнению с вариантом 1 общая сумма осадков s уменьшается на 5%, но при этом почти сохраняется отношение $s_2/s=54\%$. Таким образом, при приподнятых генераторах наблюдается увеличение осадков по сравнению с наземными генераторами, поскольку максимум водности находится на высотах 1—2*км*, и при засеве обрабатывается больший облачный объем. Наиболее важно, что при подъеме генераторов происходит существенное перераспределение осадков. Если применить данные оценки к засеву при юго-западном переносе над Гегамским хребтом, то в варианте 1 при наземных генераторах 40% осадков выпадает в бассейне оз. Севан и 60% попадает в Разданский каскад (последняя колонка в табл. 1). При генераторах на уровне 60 *м* уже 55% снега выпадает в бассейне Севана. Перераспределение объясняется тем, что при высотном источнике зона кристаллизации смещается вверх, и кристаллы проходят больший путь по горизонтали до выпадения на землю. Интересно, что уменьшение дозировки реагента при одинаково расположенных генераторах приводит только к уменьшению общей суммы осадков с сохранением отношения s_2/s.

В вариантах 4, 5, 6 генераторы расположены на 5 *км* ближе, т. е. за 10 *км* до вершины. При приподнятом источнике ($z_i=60$ *м*, вар. 4) сумма осадков с наветренной стороны составляет $s_1=3$ *тыс. т*, с подветренной стороны— $s_2=6$ *тыс. т*. При этом общая сумма осадков по сравнению с вариантом 1 уменьшается на 20%, искусственные льдообразующие ядра обрабатывают малый облачный объем с наветренной стороны, начинающийся выше по ветру (см. рис. 2а). При наземном источнике уменьшение общей суммы осадков составляет около 30%, с существенным перераспределением осадков по пространству ($s_2/s=47\%$). Сравнение вариантов 4, 6 показывает, что уменьшение мощности генератора мало влияет на перераспределение ($s_2/s=65\%$), в основном уменьшается общая сумма осадков (в варианте 6, $s=7{,}3$ *тыс. т*).

В вариантах 7 и 8 наземные генераторы расположены за 5 *км* и на вершине. Сумма осадков соответственно в 11 и 100 раз меньше, чем в вар. 1, 2, т. е. при чисто орографических облаках воздействие с вершины хребта или при небольших удалениях от нее не имеет смысла.

Отметим одно важное обстоятельство. Жидкий водозапас облаков до засева по расчетам составляет $Q_1\sim 5{,}5$ *тыс. т* на 1 *км* вдоль хребта. В то же время сумма осадков при оптимальном засеве в 1,5—2 превосходит это значение (табл. 1). Причина в том, что после начальной кристаллизации облака в нем еще существует пересыщение надо льдом $\Delta_2\sim 10—15\%$, как это впервые отмечено в [1]. Интегральный по облаку запас способного к сублимации пара $Q_2=\iiint_V \Delta_2 q_{s2}\,dV=8-12$ *тыс. т*. Часть этого запаса и служит источником дополнительных осадков, так что интегральная сумма осадков на 50—100% может превосходить жидкий водозапас облака.

Заключение. Разработанная модель, учитывающая волновую структуру обтекания горного препятствия и микрофизические процессы в облаках, позволила смоделировать мезо- и микроструктуру орографической облачной системы, которая может быть использована при планировании работ по искусственному увеличению осадков в бассей-

не оз. Севан с целью сохранения уровня озера. Моделирование засева показало, что при чисто орографических облаках оптимальным является расположение аэрозольных генераторов за 15 *км* до вершины хребта с наветренной стороны (при скорости ветра $u_0 \sim 7$ *м/с*—на расстоянии получасового переноса от вершины). Генератор может работать в импульсном режиме: 30—40 *мин* работы и такой же интервал для регенерации жидкого водозапаса в облаке. При подъеме источника происходит увеличение осадков и их перераспределение: на 15—30% больше выпадает с подветренной стороны от гребня хребта. Воздействие с вершины или с удаления от нее ~ 5 *км* гораздо менее эффективно, т. к. сумма искусственных осадков составляет менее 10% от возможной. Сумма осадков составляет 5—10 *тыс. т.* на 1 *км* вдоль хребта, при частой повторяемости таких облаков и регулярных воздействиях в течение зимнего сезона это может привести к значительному увеличению снегозапаса.

Центральная аэрологическая обсерватория

Поступила 28.I.1937.

Գ. Ա. ԹՈՐՈՅԱՆ, Վ. Ի. ԽՎՈՐՈՍՏՅԱՆՈՎ

ՕՐՈԳՐԱՖԻԿ ԱՄՊԵՐԻ ՎՐԱ ՆԵՐԳՈՐԾԱՆ ՄԻ ՆՄԱՆԱԿՈՂ ՄՈԴԵԼ՝ ՍԵՎԱՆԱ ԼՃԻ ԱՎԱԶԱՆՈՒՄ ՏԵՂՈՒՄՆԵՐԻ ՔԱՆԱԿՆ ԱՎԵԼԱՑՆԵԼՈՒ ՆՊԱՏԱԿՈՎ

Ամփոփում

Օրոգրաֆիկ ամպերը լեռնային շրջաններում տեղումների քանակության ավելացման խնդրում ներգործման հիմնական օբյեկտներ են հադիսանում, քանի որ լեռնաշղթաների շրջանահոսման ժամանակ օդային պանգվածի վերընթաց հոսանքների շնորհիվ գգալիորեն աճում է ամպերի ջրատարություն։ Ներկայումս Սևանա լճի մակարդակի պահպանման պրոբլեմի լուծման եղանակներից մեկն էլ հանդիսանում է ձմեռային օրոգրաֆիկ ամպերի վրա ներգործումը։ Ըստ [4] աշխատության մեջ բերված ուսումնասիրությունների, ձմեռային պայմաններում հարավային և հարավ-արևմտյան օդային հոսանքների Գեղամա լեռնաշղթայի շրջահոսման ժամանակ կազմավորվում են կայուն օրոհիդրոգրաֆիկ ամպեր, որոնք կաթիլային բաղադրություն ունեն և հնթակա են ներգործման Սևանա լճի ավազանում տեղումների քանակության ավելացման համար։ Նման պայմաններում ներգործման պարզագույն և աղեկտիկ միջոցներից մեկն է հանդիսանում աերոդոլային գեներատորների օգտագործումը։ Սակայն դրանց օպտիմալ տեղաբաշխման համար անհրաժեշտ է մանրակրկիտ ուսումնասիրել ամպերի մեզո- և միկրոկառուցվածքը, նրանց ջրատարությունը, աերոզոլների տարածման օրինաչափությունները, վերջիններիս փոխազդեցությունն ամպերի հետ և այլն։ Այդ իսկ պատճառով բավականին ապդեցիկ միջոց է հանդիսանում մաթեմատիկական մոդելավորումը։

Սույն աշխատանքում երկչափ, ոչ ստացիոնար մոդելի կիրառման օգնությամբ ուսումնասիրված են լեռնաշղթայի շրջահոսման դինամիկայի բնութագրիչները, որի համար լուծվում է Հելմհոլցի ալիքային հավասարումը հոսքի ֆունկցիայի համար, ամպերի և տեղումների մեզո- և միկրոկառուցվածքի համար լուծելով կինետիկ հավասարումներ կաթիլների և սառցաբյուրեղների՝ ըստ չափերի բաշխման ֆունկցիայի համար։ Դիտարկված են նաև ջերմաստիճանի, խոնավության և աերոզոլների կոնցենտրացիայի համար

հավասարումները մրրկային հոսքի միջավայրում։ Բնական պայմաններում ամպերի մոդելավորումը ցույց է տալիս, որ որոշ դեպքերում շրջահոսման ալիքային բնույթի շնորհիվ կազմավորվում է բազմահարկ օրոգրաֆիկ ամպերի բարդ սիստեմ։ Ստորին և վերին հարկերի ամպերն ունեն, համապատասխանաբար, կաթիլային և բյուրեղային բաղադրություն, իսկ միջին հարկի ամպերը բաղկացած են թե կաթիլային և թե բյուրեղային մասնիկներից։ Ներգործման մոդելավորումը ցույց է տալիս, որ գեներատորների օպտիմալ տեղաբաշխումը՝ կախված քամու հորիզոնական արագությունից և լեռնաշղթայի ռելիեֆից, հանդիսանում է այն հեռավորությունը, որը օդային զանգվածն անցնում է 30—40 րոպեում։ Մասնավորապես, դիտարկված՝ քամու 7մ/վրկ արագության դեպքում, այդ հեռավորությունը կազմում է 10—15 կմ։ Հետաքրքիր փաստ է ստացվել, որ «մաքուր» օրոգրաֆիկ ամպերի դեպքում գեներատորները կարող են աշխատել իմպուլսային ռեժիմով՝ 30—40 րոպեի ընթացքում, իսկ դրանց անջատումից ևս 0,5—1 ժամ հետո տեղի է ունենում ամպերի ջրատարության լրիվ վերականգնում, որը հնարավորություն է ստեղծում կրկնակի ներգործման համար։ Գեներատորների տեղաբաշխումը լեռնաշղթայի գագաթնամասում բերում է տեղումների քանակության նվազեցմանը 50—100 անգամ։ Դիտարկված է տեղումների քանակության վերաբաշխումը լեռնաշղթայի նկատմամբ գեներատորների տարբեր տեղաբաշխման և հզորության դեպքում։ Գնահատված է տեղումների քանակը Սևանա լճի ավազանում ամպերի վրա ներգործման ժամանակ։

G. R. TOROYAN, V. I. KHVOROSTYANOV

A SIMULATION MODEL OF OROGRAPHIC CLOUD SEEDING FOR PRECIPITATION ENHANCEMENT IN THE SEVAN LAKE BASIN

A b s t r a c t

Microphysical fields within orographic clouds and precipitation are analysed for the seed and non-seed cases using a two-dimensional, time-dependent mathematical model. The time-spatial distribution of precipitation intensity and amounts of snowfall are studied for different efficiences and locations of nuclei generators.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Берлянд М. С.* Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. Л.: Гидрометеоиздат, 1975, 448 с.
2. *Деннис А.* Изменение погоды засевом облаков. М.: Мир, 1983, 272 с.
3. *Лактионов А. Г.* Об использовании наземных генераторов льдообразующих аэрозолей в работах по искусственному увеличению осадков в горных районах.—Метеорология и гидрология, 1982, № 3, с. 88—93.
4. *Лесков Б. Н., Червоный Н. П.* Поле облачности в бассейне оз. Севан зимой при юго-западном переносе.—Тр. УкрНИИ, 1976, вып. 144, с. 92—104.
5. *Мазин И. П., Шметер С. М.* Облака. Строение и физика образования. Л.: Гидрометиздат, 1983, 279 с.
6. *Мазин И. П.* Фазовое строение облаков и механизмы зарождения облачных кристаллов.—Метеорология и гидрология, 1986, № 8, с. 33—41.
7. *Марчук Г. И., Кондратьев К. Я., Козодеров В. В., Хворостьянов В. И.* Облака и климат. Л.: Гидрометиздат, 1986, 512 с.
8. *Скорер Р.* Аэрогидродинамика окружающей среды. М.: Мир, 1980, 549 с.

9. *Тороян Г. Р.* О влиянии размера препятствия, температуры и влажности на мезо- и микроструктуру орографических облаков.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1986, № 4, с. 41—48.
10. *Хворостьянов В. И., Тороян Г. Р.* Микрофизическая численная модель зимних орографических облаков, осадков и воздействий на них.—Метеорология и гидрология, 1986, № 9, с. 18—26.
11. Эксперимент по увеличению осадков в бассейне оз. Севан. Под ред. Н. И. Вульфсона и Л. М. Левина. М.; Гидрометеоиздат, 1986, 235 с.
12. Colorado River Pilot Project. Comprehensive evaluation report. Goleta, California, USA, October, 1976.
13. *Plooster M. N., Fukuta N.* A numerical model of precipitation from seeded and unseeded cold orographic clouds. J. Appl. Met., 1975, vol. 14, pp. 859—867.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 4, 61—63, 1987

УДК: 551.248 (479.24)+550.38

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Г. М. АВЧЯН, Т. А. ИСМАИЛ-ЗАДЕ, Г. Г. МАРКОСЯН, С. Н. НАЗАРЕТЯН

СООТНОШЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ ОСЕЙ НЕКОТОРЫХ ПАЛЕОСТРУКТУР АЗЕРБАЙДЖАНА И ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПЕРИОДА ИХ ЗАЛОЖЕНИЯ

Сопоставление палеомагнитных и палеотектонических данных по территории Армянской ССР позволило нам в 12 случаях из 14 наметить перпендикулярность осей вытянутых геологических структур и горизонтальных проекций направления магнитного поля эпохи образования этих структур [1] (рис. 1). Чтобы убедиться в закономерности установленной связи в регионе, необходимо проведение аналогичных исследований в сопредельных районах.

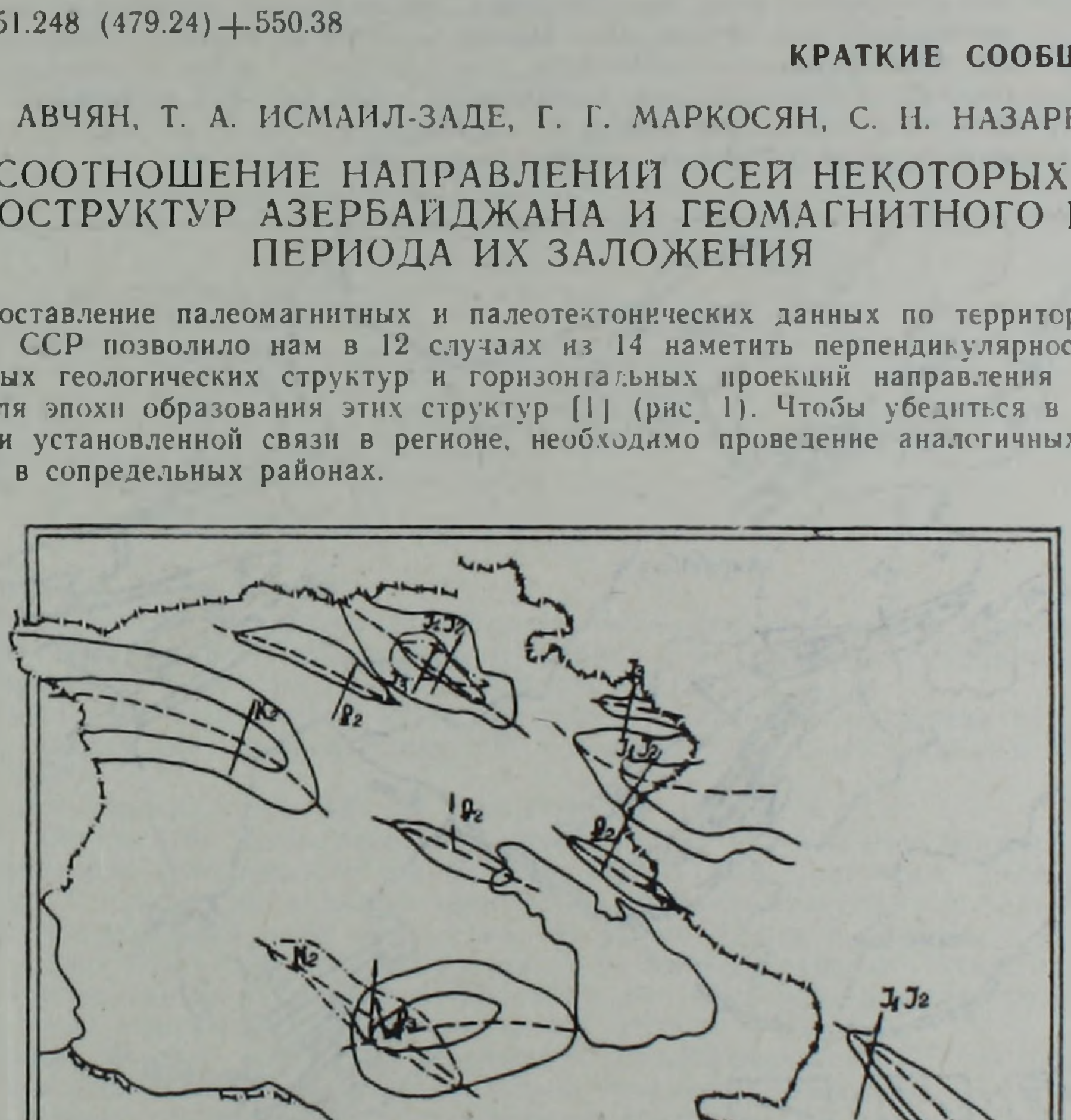


Рис. 1. Схема расположения осей вытянутых геологических структур на территории АрмССР и Нахичеванской АССР и горизонтальные проекции направлений геомагнитного поля эпохи заложения этих структур.
1—тектонические структуры, образованные в указанной геологической эпохе; 2—оси тектонических структур; 3—горизонтальная проекция направления геомагнитного поля указанного времени.

9. *Тороян Г. Р.* О влиянии размера препятствия, температуры и влажности на мезо- и микроструктуру орографических облаков.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1986, № 4, с. 41—48.
10. *Хворостьянов В. И., Тороян Г. Р.* Микрофизическая численная модель зимних орографических облаков, осадков и воздействий на них.—Метеорология и гидрология, 1986, № 9, с. 18—26.
11. Эксперимент по увеличению осадков в бассейне оз. Севан. Под ред. Н. И. Вульфсона и Л. М. Левина. М.; Гидрометеоиздат, 1986, 235 с.
12. Colorado River Pilot Project. Comprehensive evaluation report. Goleta, California, USA, October, 1976.
13. *Plooster M. N., Fukuta N.* A numerical model of precipitation from seeded and unseeded cold orographic clouds. J. Appl. Met., 1975, vol. 14, pp. 859—867.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 4, 61—63, 1987

УДК: 551.248 (479.24)+550.38

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Г. М. АВЧЯН, Т. А. ИСМАИЛ-ЗАДЕ, Г. Г. МАРКОСЯН, С. Н. НАЗАРЕТЯН

СООТНОШЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ ОСЕЙ НЕКОТОРЫХ ПАЛЕОСТРУКТУР АЗЕРБАЙДЖАНА И ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПЕРИОДА ИХ ЗАЛОЖЕНИЯ

Сопоставление палеомагнитных и палеотектонических данных по территории Армянской ССР позволило нам в 12 случаях из 14 наметить перпендикулярность осей вытянутых геологических структур и горизонтальных проекций направления магнитного поля эпохи образования этих структур [1] (рис. 1). Чтобы убедиться в закономерности установленной связи в регионе, необходимо проведение аналогичных исследований в сопредельных районах.

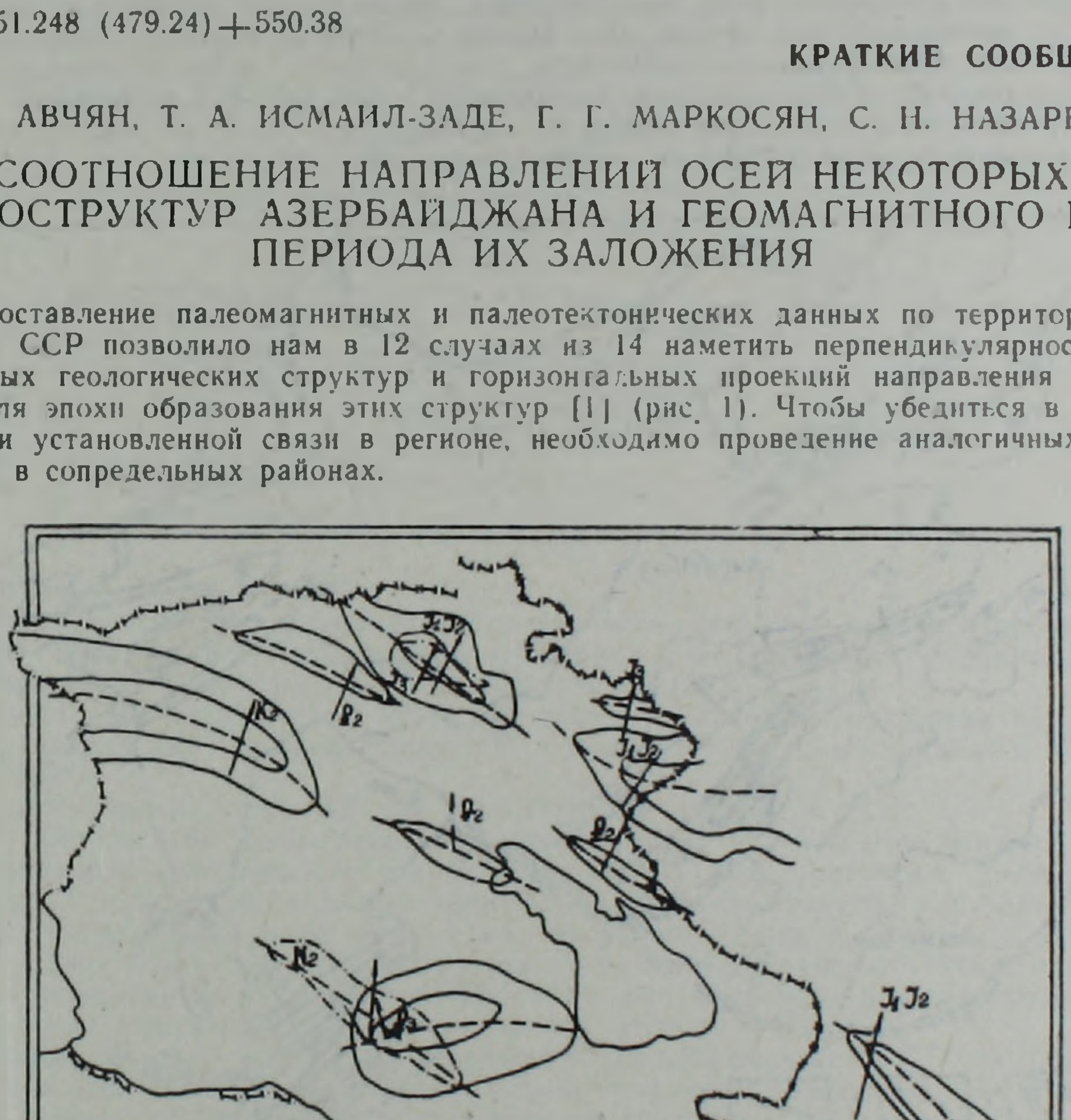


Рис. 1. Схема расположения осей вытянутых геологических структур на территории АрмССР и Нахичеванской АССР и горизонтальные проекции направлений геомагнитного поля эпохи заложения этих структур.
1—тектонические структуры, образованные в указанной геологической эпохе; 2—оси тектонических структур; 3—горизонтальная проекция направления геомагнитного поля указанного времени.

В данной работе рассматриваются палеоструктуры и палеомагнитные данные по территории Азербайджанской ССР, где имеются достаточно подробные палеотектонические и палеомагнитные сведения, что очень важно для сопоставления. Как исходный палеомагнитный материал использованы данные А. З. Гасановой, А. И. Каркошки и Г. П. Воробьевой для интервала нижняя юра—плиоцен [3]. Они сопоставлены с палеотектоническими картами, составленными коллективом авторов (Ш. А. Азизбеков и др. [2]).

Как и в работе [1], для изучения соотношения между осью образовавшихся тектонических структур и направлением геомагнитного поля нами выбраны те структуры, для которых начало заложения или время их активизации известны. Исходя из этого, по всей территории возможно было выбрать лишь 8 вытянутых структур, для которых имелись надежные палеомагнитные данные.

Азербайджанский отрезок альпийского складчатого пояса Евразии состоит из разнопостроенных складчатых систем Большого Кавказа, Малого Кавказа и разделяющего их Куринского межгорного прогиба [2]. К сожалению, покрытость Куринского прогиба мощным покровом молодых образований не позволяет изучить палеомагнитную характеристику скрытых структур.

Для нижней-средней юры были выбраны две вытянутые структуры, для которых имеются палеомагнитные данные. Они входят в состав складчатого комплекса Малого Кавказа. Геологические образования этого возраста представлены песчаниками, туфопесчаниками, конгломератами, порфиритами, для которых определено направление геомагнитного поля. Углы между осями структур (I и II на рис. 2) и направлением магнитного поля составляют соответственно 85° и 95°.

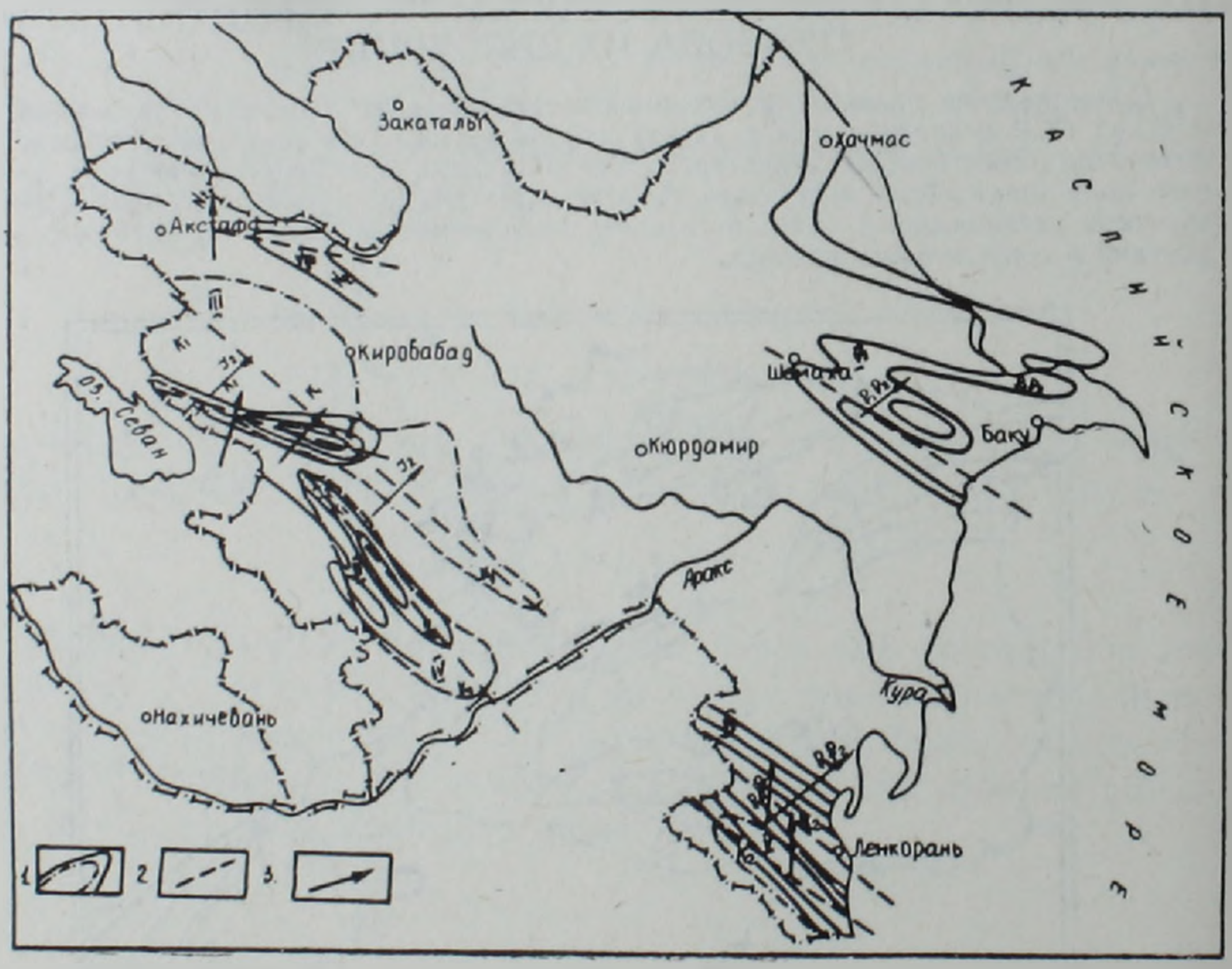


Рис. 2. Схема расположения осей вытянутых геологических структур на территории Азербайджанской ССР и горизонтальные проекции направлений геомагнитного поля эпохи заложения этих структур.
Условные обозначения те же, что и на рис. 1.

В течение раннего мела на территории Азербайджанской ССР образовались новые вытянутые тектонические структуры. Исходя из вышеотмеченных критериев, здесь также удалось выбрать лишь две структуры, азимут простирания которых равен 45°. В пределах III и IV структур палеомагнитные исследования проведены на образцах туфопесчаников, песчаников, известняков, интрузивных и контактовых пород. Оси этих структур с направлением магнитного поля раннего мела составляют углы 90° и 100°.

Вопрос о времени заложения вытянутой структуры в Талыше в мелу или в палеоцен-эоцене является спорным (V структура на рис. 2). Азимут простирания ее оси равен 55°. Палеомагнитные исследования для позднего мела проведены по образцам туфогравелитов, туфопесчаников, туфоалевритов. Угол между осью структуры и направлением магнитного поля составляет 125°.

В палеоцене и эоцене в районах Шемахи и Ленкорани образуются две структуры (VI и VII), азимуты осей которых составляют соответственно 50° и 60°. Оси указанных структур с направлением магнитчого поля составляли угол 75° и 125°.

Таблица 1

Результаты сопоставления осей ряда геоструктур территории Азербайджанской ССР с направлением геомагнитного поля периода их заложения.

№№ п. п.	Номер структуры (по рис. 2)	Возраст заложения или активизации структуры	Породы, по которым определены палеомагнитные характеристики	Кол. образцов горных пород	Угол между осью геологической структуры и направлением магнитного поля данной эпохи
1	I	ранняя-средняя юра	песчаники, туфопесчаники, конгломераты	25	85°
2	II	ранняя-средняя юра	порфириты, туфы, туфопесчаники, песчаники	436	95°
3	III	ранний мел	интрузивные и контактовые породы	83	90°
4	IV	ранний мел	гуфопесчаники, туфобрекчии, известняки и песчаники		100°
5	V	поздний мел	туфогравелиты, туфопесчаники и туфоалевролиты	94	125°
6	VI	палеоцен и эоцен	глины и мергели	31	75°
7	VII	палеоцен и эоцен	туфопесчаники, лавы и пирокласты, трахиандезиты, лейцитовые базальты	257	125°
8	VIII	плиоцен и антропоген	глины, пески	56	105°

Надо отметить, что палеомагнитный полюс палеоцена и эоцена определен по образцам глин и мергелей Шемахинского района и по образцам туфопесчаников, лав, трахиандезитов, базальтов Ленкоранского района [3].

Новая структура (номер VIII) образуется в плиоцен-антропогене в районе Акстафы, азимут оси которой равен 80°, составляя угол с направлением магнитного поля—105°.

Результаты исследований для всех структур сведены в табл. 1.

Из результатов сопоставления палеомагнитных и палеотектонических данных по территории Азербайджанской ССР можно сделать следующй предварительный вывод: в 6 случаях угол между осью образованных вытянутых структур и направлением геомагнитного поля периода их заложения близок к прямому (~92°). Указанная связь более отчетлива для юрского и мелового периода. Относительно большое расхождение из сказанного наблюдается для структуры в Ленкоранском районе (VII), время заложения которого определено нечетко

Таким образом, данные по территории Азербайджанской ССР позволяют отметить, что угол между геомагнитным полем и осями образованных геологических структур близок к прямому, что предполагалось в работе [1].

Институт геофизики и инженерной сейсмологии
АН АрмССР,
Ереванский государственный университет,
ЮжВНИИГеофизика

Поступила 18.IV.1986.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Авчян Г. М., Маркосян Г. Г., Назаретян С. Н.* Связь между направлением геомагнитного поля и геоструктурами Армении в период их заложения. Известия АН АрмССР, Науки о Земле, № 6, с. 49—54, 1985.
2. Геология СССР, том LXVII, Азербайджанская ССР, Геологическое описание. М.: Недра, 1972, 596 с.
3. Материалы мирового центра данных. Палеомагнитные направления и положения палеомагнитных полюсов. Данные по СССР. Сводный каталог I. Международный геофизический комитет при президиуме АН СССР, М., 1984, 94 с.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 4, 64—65, 1987

УДК: 550.38

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

А. А. ВАРДАНЯН

ПАЛЕОВЕКОВЫЕ ВАРИАЦИИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПО ОСАДОЧНЫМ ПОРОДАМ ОЗЕРА СЕВАН (РАЗРЕЗ НОРАШЕН)

Интерес к изучению тонкой структуры геомагнитного палеополя, заметно растущий в последнее время, вызван тем, что сведения о динамике и морфологии поля в прошлом дают ценную и единственную в своем роде информацию о природе источников геомагнитного поля.

Осадочные породы (морские и озерные) представляют собой наиболее благоприятный объект для изучения тонкой структуры МПЗ, поскольку осадконакопление в водоемах является наиболее равномерным и непрерывным процессом, наименее подверженным нарушениям из всех других известных в геологии процессов.

В данной работе был предпринят первый опыт определения тонкой структуры МПЗ голоценовых озерных осадков озера Севан, позволяющих сопоставить палеомагнитные данные об SV с археомагнитными и инструментальными.

Убедительным аргументом в пользу проявления SV служит сравнение коэффициентов V_D и V_J до и после чистки T=200°C, рассчитанных по методике Баженова и Рябушкина [1].

	V_D	V_J
До чистки	0,79	1,13
После чистки	1,41	2,08

Величины V_D и V_J до чистки соответствуют высоким значениям вероятности α соответствия распределению Фишера ($\alpha > 80\%$). Чистка понижает эту вероятность до 60% для D (азимутальное распределение) и практически до 0 для I (радиальное распределение), то есть в последнем случае распределение становится строго не фишеровским. Можно предположить, что отступление от распределения Фишера вызвано наложением вариаций.

Попытка выявить эти вариации была сделана с помощью спектрального анализа по методу Блэкмена-Тьюки, результаты которого для D, J, I_n представлены на рис. 1. Легко видеть, что спектральные пики для рядов после чистки проявляются гораздо лучше, что опять-таки подтверждает тот факт, что после T=200°C проявилась первичная намагниченность. Пики спектральной плотности для D и J оказались очень близкими: 9—10 *у. е.* для D и 11 *у. е.* для J при уровне значимости $\beta > 85\%$ (условная единица означает один уровень отбора, который для Норашена принят равным ~60 годам). В изменение проявились два пика: острый пик 6 *у. е.* и более пологий—13—15 *у. е.*

Если перевести полученные значения периодов T во временные единицы, то результаты будут иметь вид: $T_D \simeq T_J = 600$ лет (540--660).

$$(T_{I_n})_1 = 360 \text{ лет}; \quad (T_{I_n})_2 = 840 \text{ лет } (780-900).$$

Таким образом в изменении направления поля выявляется периодичность с $T \simeq 600$ лет. Что касается периодичности в I_n, то мы не можем утверждать, что она отражает SV величины магнитного поля, поскольку литологический состав разреза очень не однороден и может значительно повлиять на величину I_n. То же можно сказать и о величине Q, которая хоть и меньше, чем I_n зависит от литологии, все же не свободна от ее влияния.

Во всяком случае, это требует дополнительных исследований. Как уже говорилось выше, одной из причин, побудивших нас выбрать Норашен как один из объектов исследований, заключается в том, что палеомагнитные данные для голоцена могут быть непосредственно сопоставлены с археомагнитными данными для этого интервала. Такое сопоставление было осуществлено для кривых SV наклонения по данным для Норашена и археомагнитным данным для территории Кавказа [2] в тех интервалах времени, где эти данные перекрываются (рис. 2) и обе кривые сглажены (с интервалом 100 лет). Археомагнитная кривая построена с обычной точностью построения по времени. При построении палеомагнитной кривой SV использована линейная интерпретация между датировками. Как можно видеть из рисунка, общий характер кривых повторяется, хотя средняя линия смещена по-разному в разных интервалах времени. Такое совпадение характера кривой SV для Норашена с археомагнитными данными свидетельствует в пользу реальности полученных результатов. Период, полученный нами для SV склонения и наклонения на территории Армянской

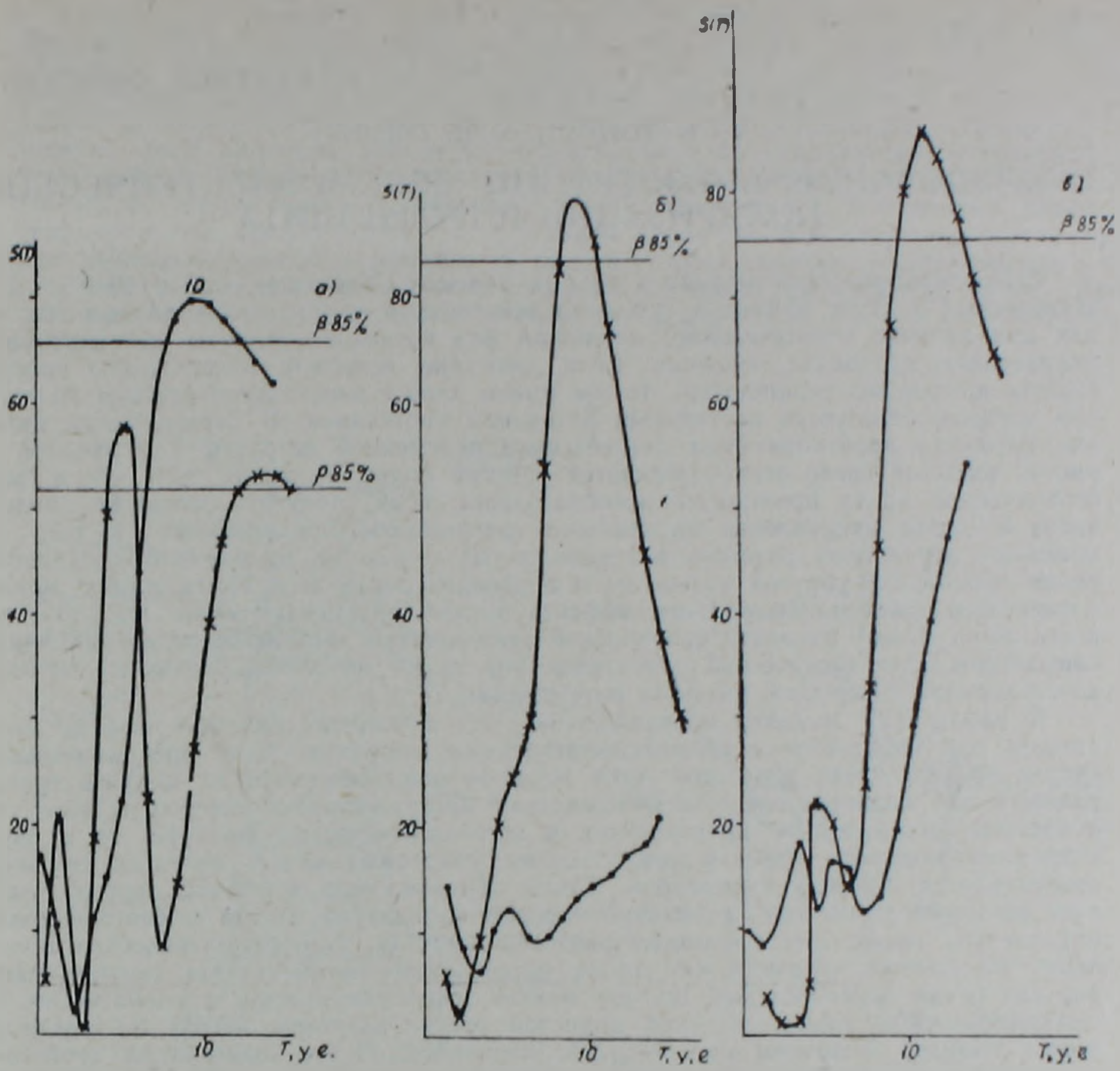


Рис. 1. Кривые спектральной плотности по методу Блэкмена-Тьюки (разрез Норашен). а) $I_п$ до чистки, х $J_п$ после чистки; б) D до чистки, х D после чистки; н) J до чистки, х J после чистки.

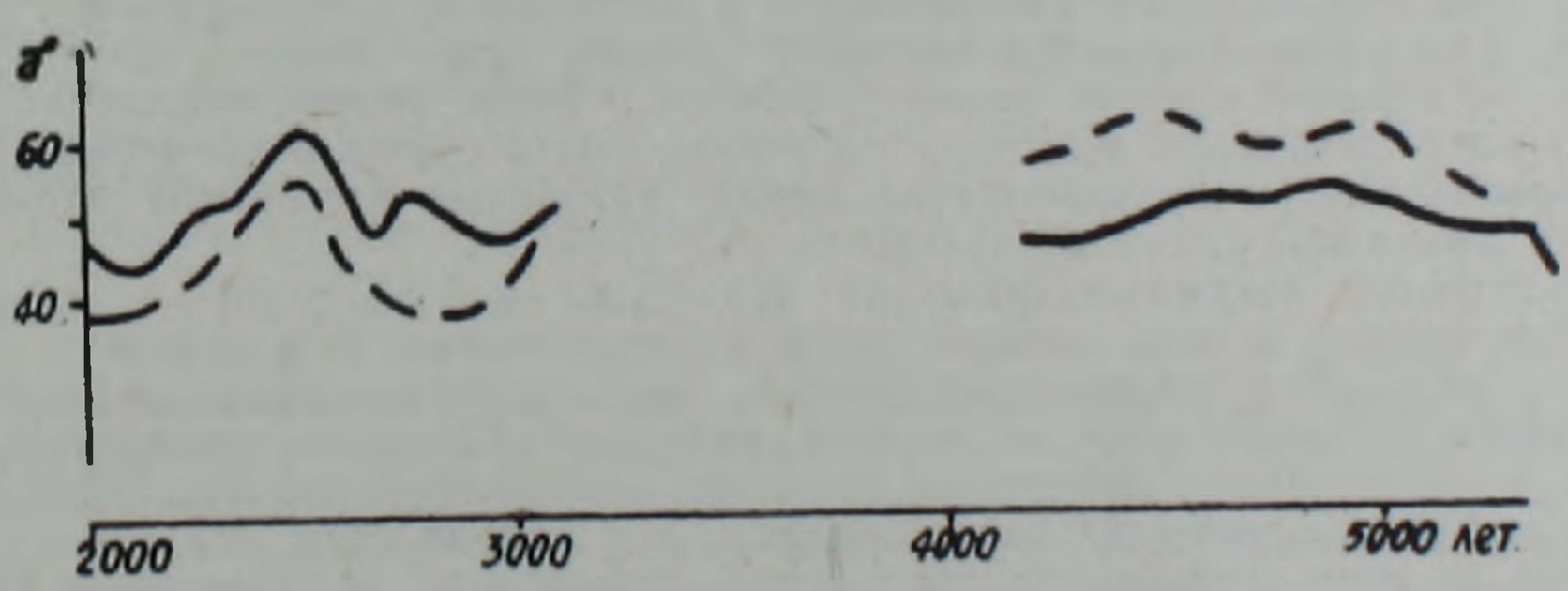


Рис. 2. Сопоставление сглаженных кривых SV наклонения по палеомагнитным данным для разреза Норашен (прерывистая линия) и археомагнитным данным для Кавказа (сплошная линия).

ССР за последние 8000—9000 лет, а именно: T=600 лет хорошо совпадает с мировыми археомагнитными данными и близок к периоду вариаций наклонения на Кавказе, равному 900 годам [2].

Институт геофизики
и инженерной сейсмологии
АН АрмССР

Поступила 6.VIII.1986.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Баженов М. Л., Рябушкин П. К.* Применение статистических критериев согласия в палеомагнитных исследованиях.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1978, № 7, с. 100—104.
2. *Бурлацкая С. П.* Об особенностях спектра вековых вариаций геомагнитного поля для последних 8500 лет.—Геомагнетизм и аэрономия. М.: Изд. АН СССР, 1978, том XVIII, № 5, с. 916—919.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 4, 66—69, 1987

УДК: 550.834.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Т. В. ТОНОЯН, Х. Д. ТОПЧЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ АНИЗОТРОПИИ СЕЙСМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПИРОФИЛЛИТА

Сейсмоэлектрический эффект в горных породах обнаружен еще в 1940 г. А. Г. Ивановым [1]. Этот эффект в сущности заключается в том, что в двухфазных средах при наличии относительного движения фаз возникает разность потенциалов по направлению градиента давления. Если движение жидкости относительно твердого скелета происходит стационарно, то мы имеем дело с электрокинетическим явлением, при котором образуется постоянный потенциал протекания. В случае, когда движение жидкости происходит под воздействием переменной нагрузки и в твердой пористой влажной среде распространяется упругая волна, то ввиду того, что в любой ограниченной среде происходит преобразование волн, получить градиент давления чисто в одном направлении практически невозможно. Это приводит к тому, что возникает переменная разность потенциалов не только по направлению распространения продольной упругой волны, но и перпендикулярно ему. По-видимому наличие поперечного сейсмоэлектрического эффекта можно объяснить также тем, что жидкость легко может изменить направление движения по связанным перпендикулярным капиллярам. При хаотической ориентации пор также возможен указанный механизм возникновения поперечной разности потенциалов.

В работе [2] делается предположение, что сейсмоэлектрический эффект можно описать так называемыми сейсмоэлектрическими модулями. Если при пьезоэлектрическом эффекте среда характеризуется тензором пьезоэлектрических модулей третьего ранга, и это является следствием симметрии кристаллической структуры, или закономерного распределения кристаллитов в пьезоэлектрической текстуре, то в случае сейсмоэлектрического эффекта аналогичными факторами может являться симметрия распределения поровых капилляров. Таким образом, если в горной породе существует некоторая симметрия ориентаций поровых капилляров, то эта симметрия должна проявляться также при сейсмоэлектрическом эффекте. Сейсмоэлектрическая поляризация описывается вектором, как любая поляризация другой породы, вызывающая ее упругая волна—компонентами тензора механических напряжений, следовательно, сейсмоэлектрической характеристикой пористой среды является тензор сейсмоэлектрических модулей. Величины этих модулей, естественно, будут определяться свойствами пары жидкость—твердое тело, однако анизотропные свойства, особенности симметрии будут определяться структурой твердого скелета горной породы. Авторам настоящей работы неизвестны литературные сообщения относительно упорядоченной структуры поровых капиллярных систем в горных породах, однако нам известны работы [3, 4] по созданию стеклянных гомокапиллярных перегородок с упорядоченной структурой для электрокинетических преобразователей, поэтому существование таких капиллярных систем в горных породах нельзя исключить. Такие упорядоченные капиллярные структуры могут возникать вследствие течения воды в одном направлении и от газовых пузырьков внутри вулканогенных пород. Указанные механизмы являются примитивными, возможны также и другие.

Упорядоченные сейсмоэлектрические структуры по аналогии с пьезоэлектрическими текстурами можно назвать сейсмоэлектрическими текстурами.

Поиски указанных сейсмоэлектрических структур можо было осуществить двумя способами: 1) измерением потенциала протекания по различно ориентированным образцам, 2) измерением сейсмоэлектрической поляризации, возникающей от упругих волн, распространяющихся вдоль определенных направлений.

Первый из этих способов является очень трудоемким, поэтому было изучено сечение указательной поверхности продольных сейсмоэлектрических эффектов на цилиндрических образцах.

Аппаратура и методика исследования. Для исследования пространственного распределения сейсмоэлектрической поляризации, сечений указательных поверхностей продольных и поперечных сейсмоэлектрических эффектов, а также сечений указательных поверхностей продольных упругих волн была использована методика, разработанная ранее [5], с некоторыми изменениями.

На рис. 1 показана блок-схема установки для определения компоненты сейсмоэлектрической поляризации в плоскости, перпендикулярной направлению распространения плоской упругой продольной волны. Генератор импульсов Г5—54 вырабатывает прямоугольные электрические импульсы, которые поступают в пьезоизлучатель. Возникающая упругая волна проходит через акустическую задержку из оргстекла, градуированную подставку и поступает в образец. Образец имеет форму цилиндра диаметром 20 *мм* и высотой 14 *мм*. Приемные электроды закреплены на специальном приспособлении, обеспечивающем их плавное вращение вокруг образца и одинаковое прижатие к поверхности образца. Измерительные электроды представляют латунные полоски размером 1×2 *мм* и подключены к входам дифференциально предусилителя IV14 осциллографа С1—74.

На рис. 2 приведены кривые распределения поперечного сейсмоэлектрического эффекта, соответствующие трем цилиндрическим образцам пирофиллита, вырезанным из одного длинного цилиндра. Эти кривые построены в полярной системе координат и величины радиуса—векторов соответствуют сейсмоэлектрической разности потенциалов в данном направлении. Максимальная разность потенциалов получается в том случае, когда приемные электроды ориентированы по направлению компоненты вектора сейсмоэлектрической поляризации на плоскость, перпендикулярную образующей цилиндра, минимальная—в перпендикулярном направлении. Все кривые имеют вид восьмерки, что свидетельствует о дипольном характере и о поверхностной поляризации сейсмоэлектрического эффекта. С другой стороны, кривые не обращаются в нуль, что является следствием наличия объемного заряда за счет упругой волны. Данная методика позволяет определить направление поперечного сейсмоэлектрического эффекта.

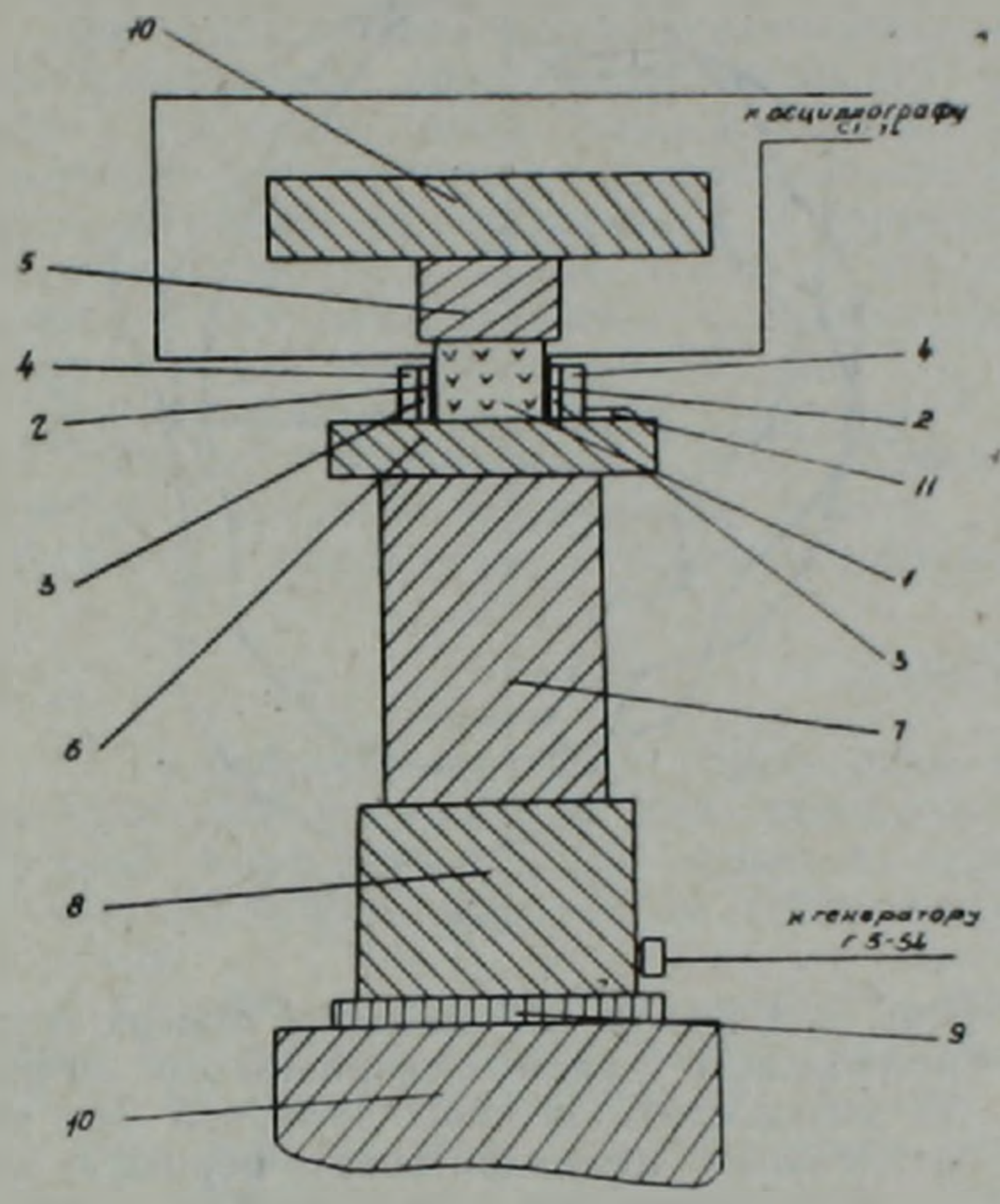


Рис. 1. Схема установки для исследования угловой зависимости поперечного сейсмоэлектрического эффекта. 1—образец, 2—электроды, 3—фторопластовое кольцо, 4—резиновый зажим, 5—центрирующее устройство, 6—градуированная подставка, 7—задержка для ультразвука, 8—излучатель упругих волн, 9—резиновая прокладка, 10—прижимающее устройство, 11—стрелка.

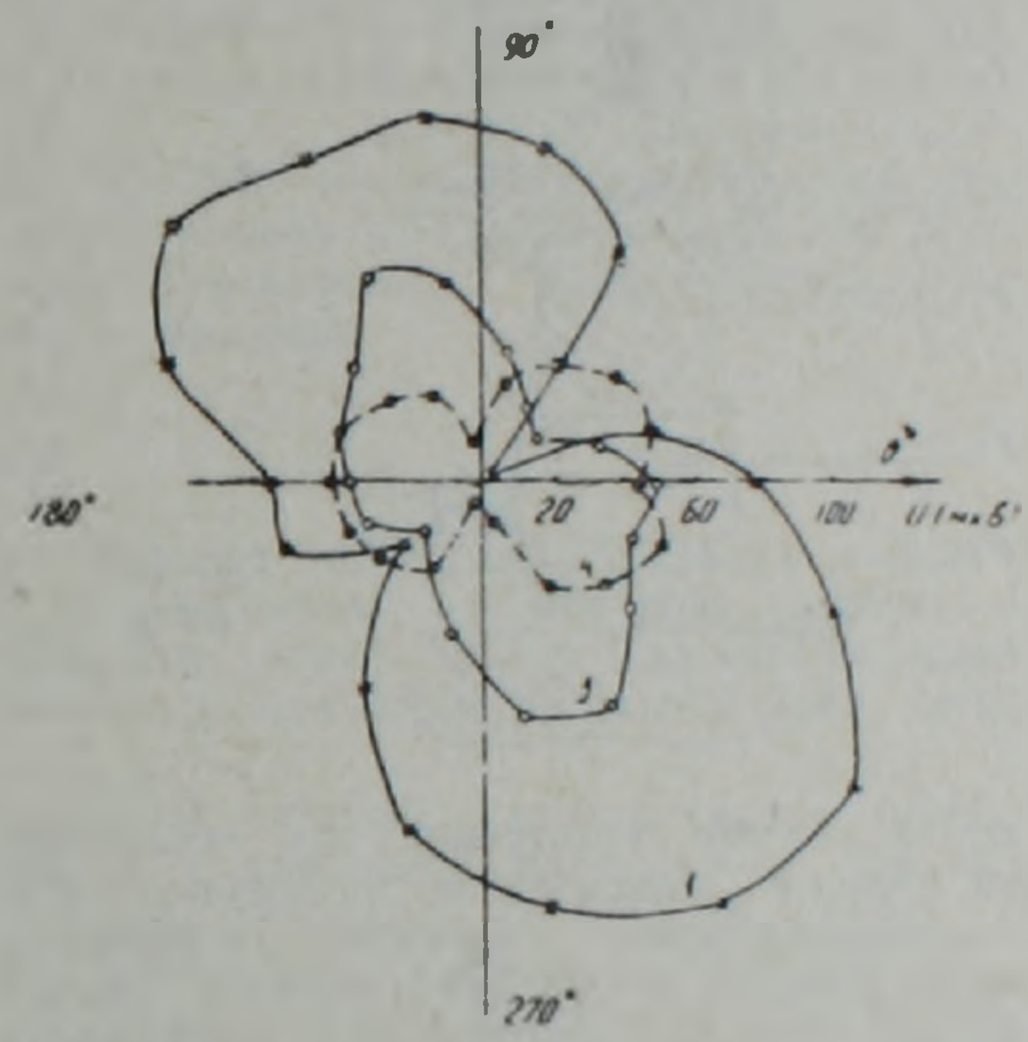


Рис. 2. Угловая зависимость поперечного сейсмоэлектрического эффекта при распространении упругой волны по направлению осей параллельных цилиндров № 1, 3, 4.

Для исследования анизотропии сейсмоэлектрического эффекта от продольной упругой волны в образцах пирофиллита была использована установка, в которой цилиндрический образец облучается ультразвуком по направлению диаметра. Схема такой установки приведена на рис. 3. Данная установка отличается от приведенной на рис. 1 тем, что здесь образец вращается вокруг своей оси в цилиндрической полости, тем самым изменяется направление облучения, что дает возможность облучать образец по диаметру и получать значения сейсмоэлектрического эффекта по всем направлениям в одной плоскости.

Кривые, приведенные на рис. 4, представляют собой угловую зависимость продольного сейсмоэлектрического эффекта, полученную для тех же образцов и построенную в полярной системе координат. Для каждой точки величина радиус—вектора соответствует величине сейсмоэлектрического эффекта в данном направлении. Как видно из приведенных кривых, направления максимальных сейсмоэлектрических эффектов для этих образцов почти совпадают. Коэффициент анизотропии продольного сейсмоэлектрического эффекта, вычисленный по формуле

$$\alpha = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{min}} \cdot 100\ \%$$

где U—сейсмоэлектрический потенциал для образцов 1,3 составляет 63% и для образца 4—200%.

С целью нахождения корреляции между сейсмоэлектрическими эффектами и скоростями продольных упругих волн была использована установка, блок-схема которой дана на рис. 5. Цилиндрический образец может свободно вращаться вокруг своей оси

в полости специального приспособления, изготовленного из оргстекла. Излучатель и приемник упругих волн прижимаются к цилиндрической поверхности исследуемого образца, и в каждом направлении по диаметру образца определяется время прохождения упругой продольной волны, а скорость вычисляется. На рис. 6 приведены угловые зависимости скоростей цилиндрических образцов 1, 3, 4. С целью большей полярности анизотропии, центром полярной диаграммы выбрано 2,3 *км/сек*. Направления минимальных и максимальных скоростей почти для всех образцов совпадают. Коэффициенты анизотропии имеют следующие значения: 7,78, 11,69, 6,106% для образцов 1, 3, 4.

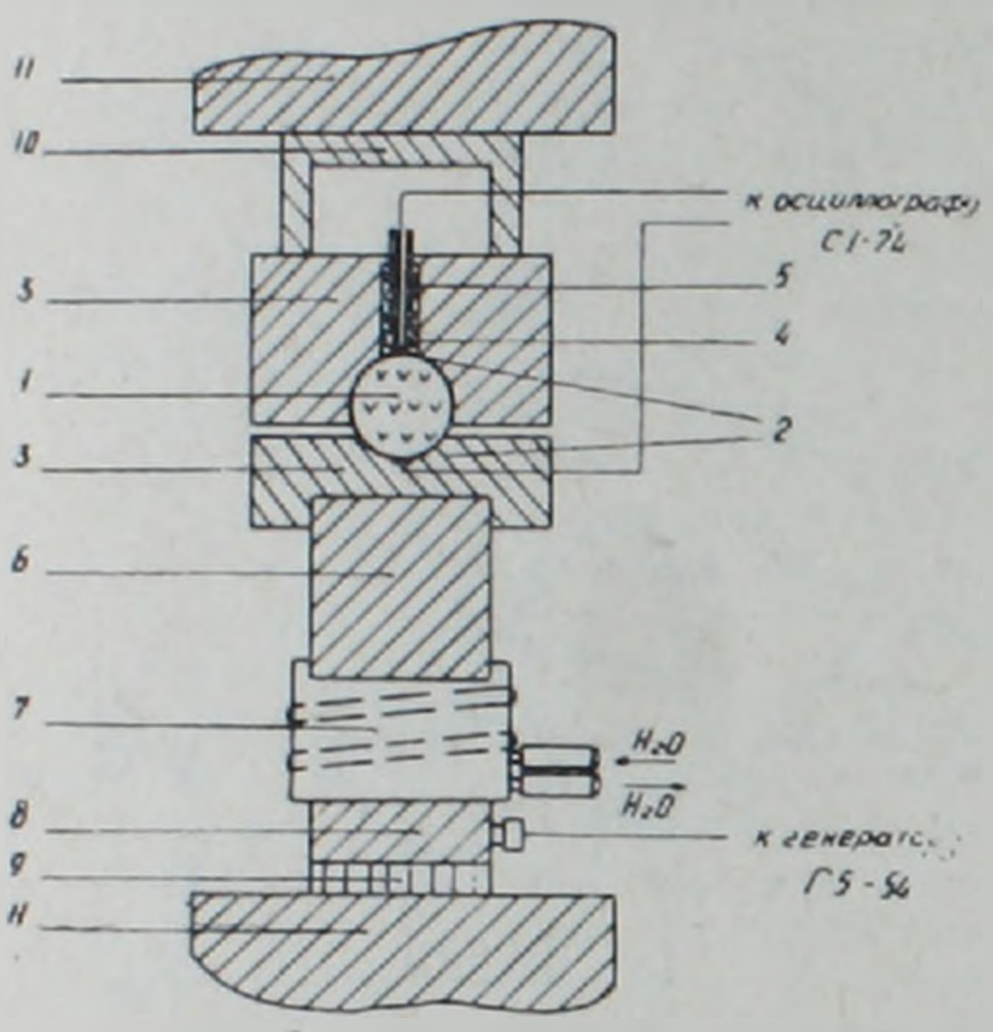


Рис. 3 Схема установки для исследования угловой зависимости продольного сейсмоэлектрического эффекта. 1—образец, 2—электроды, 3—градуированная камера из оргстекла, 4—устройство постоянного прижатия электрода, 5—пружина, 6—задержка для ультразвука, 7—система охлаждения излучателя, 8—излучатель упругих волн, 9—резиновая прокладка, 10, 11—устройство постоянного прижатия излучателя.

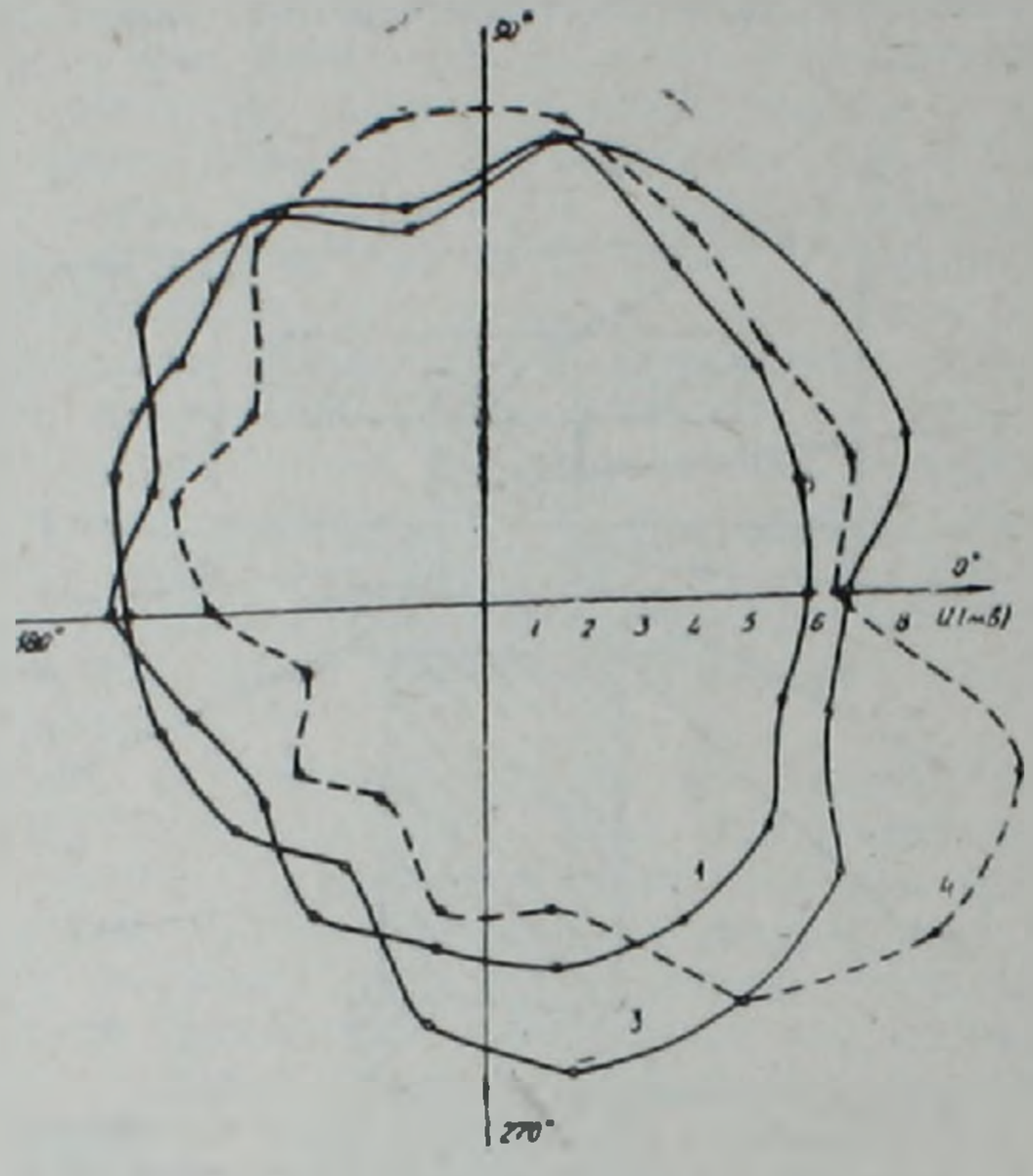


Рис. 4. Сечения указательных поверхностей продольного сейсмоэлектрического эффекта плоскостью, перпендикулярной оси параллельных цилиндрических образцов пирофиллита № 1, 3, 4.

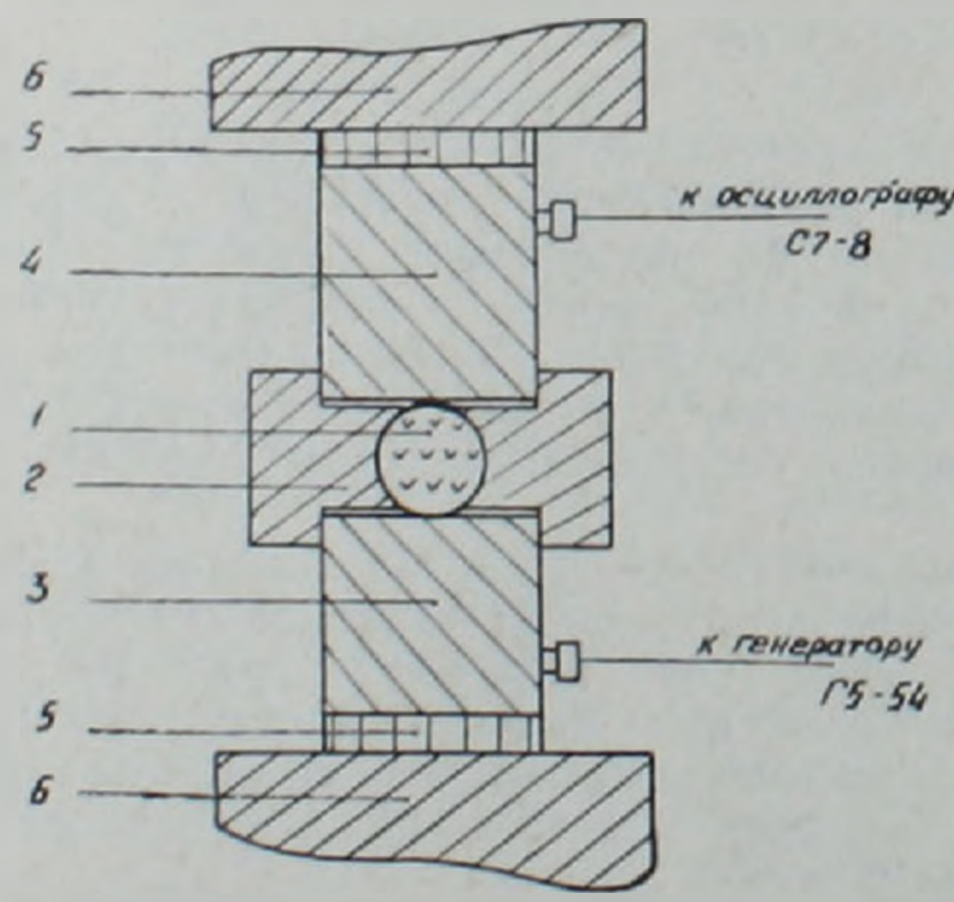


Рис. 5. Схема установки для измерения угловой зависимости скоростей продольных упругих волн через цилиндрические образцы.
1—образец, 2—градуированная камера из оргстекла, 3—излучатель упругих волн, 5—резиновые прокладки, 6—прижимающее устройство.

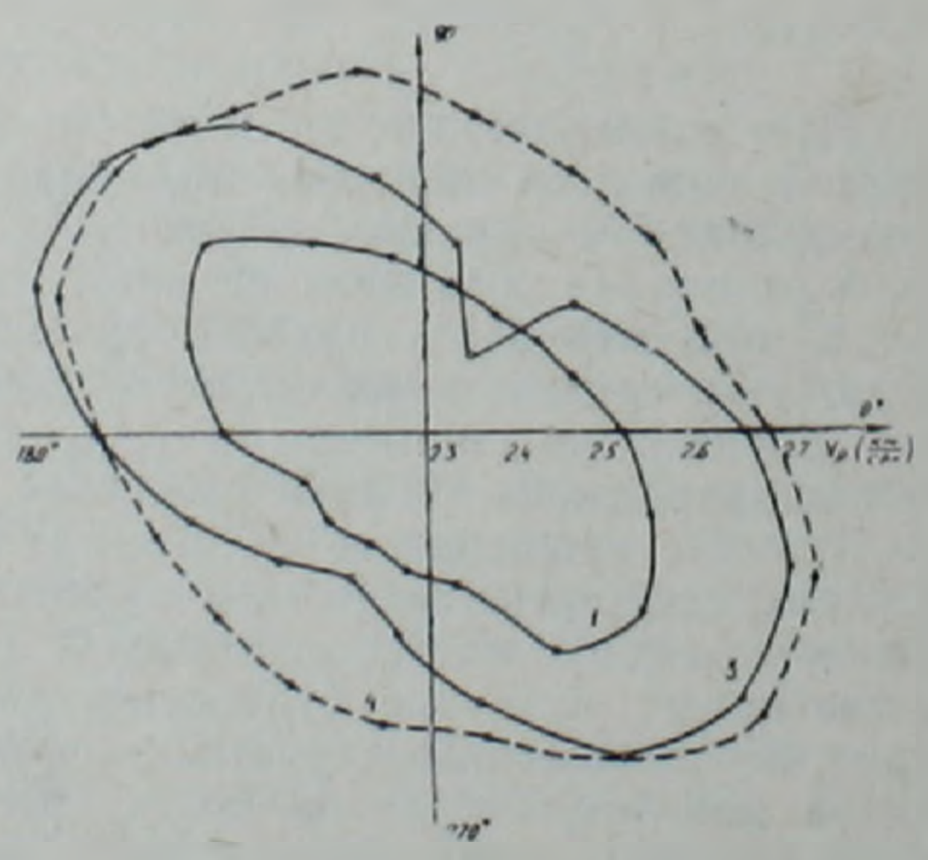


Рис. 6. Сечения указательных поверхностей скоростей упругих продольных волн плоскостью, перпендикулярной оси цилиндрических параллельных образцов пирофиллита № 1, 3, 4.

Обсуждение результатов. При прохождении упругой продольной волны вдоль оси цилиндрического образца, последний поляризуется. Вектор поляризации имеет компоненты как вдоль направления распространения, так и перпендикулярно ему, о чем свидетельствует рис. 2. При рассмотрении изученных образцов можно заметить слоистую структуру, причем плоскость слоистости почти параллельна осям цилиндров. Направление вектора поляризации можно получить из следующих соображений. Поскольку компонента вектора поляризации в плоскости, перпендикулярной оси цилиндра, совпадает с направлением max-min кривых (рис. 3), то он находится в плоскости через это направление и ось цилиндра. Поскольку направления max-min приведенных кривых совпадают с плоскостью слоистости, то и вектор сейсмоэлектрической поляризации находится в этой плоскости. Плоскость слоистости образца 4 повернута по оси относительно 1, 3, что, вероятно, обусловлено тем, что между образцами 3 и 4 была область монолитного начального цилиндра, который при изготовлении разрушился. Вероятно этим и обьясняется вращение плоскости поляризации образца 4.

При исследовании анизотропии сейсмоэлектрической поляризации в плоскости, перпендикулярной образующей цилиндра (рис. 4), была обнаружена неодинаковость поляризации вдоль плоскости слоистости и перпендикулярно ей. Направление слоситости по аналогии с намагничиванием кристаллов, можно назвать осью «легкой» сейсмоэлектрической поляризации, а перпендикулярное ему направление—осью «трудной» поляризуемости. Легко заметить, что направление «легкой» поляризуемости для образца 4 несколько смещено по отношению к двум другим, что, вероятно, имеет ту же причину, что и вращение на рис. 2.

Все сказанное о слоистой структуре и ее влиянии на сейсмоэлектрический эффект хорошо коррелируется с результатами по скоростям продольных упругих волн (рис. 6). Скорости продольных упругих волн максимальны вдоль направления слоистости и минимальны в перпендикулярном направлении.

Выводы

1. Разработана методика определения направления компоненты вектора сейсмоэлектрической поляризации для цилиндрических образцов в плоскости, перпендикулярной образующей. Для образцов пирофиллита, обладающих плоскостью слоистости, выявлено, что вектор сейсмоэлектрической поляризации параллелен этой плоскости.

2. Созданы установки и методика определения сечений указательных поверхностей продольных сейсмоэлектрических эффектов и скоростей продольных упругих волн на цилиндрических образцах. Из этих сечений сравнением со структурой образцов выявлено, что плоскость слоистости легко определить также и на основе полученных графиков. Это дает основание предположить, что сейсмоэлектрический эффект чувствителен по отношению к структуре горной породы. Возможным применением данного явления будет определение направлений разломов.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность Э. И. Пархоменко за тщательное обсуждение результатов данной работы.

Институт геофизики и
инженерной сейсмологии
АН Армянской ССР

Поступила 20.1.1987.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Боровков В. С., Графов Б. М., Новиков А. Л., Новицкий М. А., Соколов А. А.* Электрохимические преобразователи первичной информации. М.: Машиностроение, 1969, 198 с.
2. *Иванов А. Г.* Сейсмоэлектрический эффект второго рода.—Изв. АН СССР, сер. геофиз. и геогр., 1940, № 5, с. 699—726.
3. *Новиков А. А.* Способ изготовления пористых перегородок электрокинетических преобразователей. Авт. свид. № 223221.—Бюлл. изобрет., 1968, № 24, с. 47.
4. *Пархоменко Э. И.* Основные закономерности сейсмоэлектрического эффекта осадочных пород и пути его использования в геофизике. В кн.: Физические свойства горных пород и минералов при высоких давлениях и температурах. М.: Наука, 1978, с. 200—207.
5. *Пархоменко Э. И., Тоноян Т. В.* Исследование пьезоэлектрических свойств природного содалита.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1982, т. 35, № 3, с. 36—46.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 4, 70—72, 1987.

УДК 550.344.094

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

М. Х. МКОЯН

О ПРИБЛИЖЕННОМ РЕШЕНИИ ПРЯМЫХ ЗАДАЧ ДИНАМИКИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

В настоящее время перед сейсмологией ставится задача количественной оценки характеристик сил, действующих в сейсмическом очаге по данным наблюдений. Отметим, что решение подобной задачи было реализовано для установившихся упругих колебаний в однородной изотропной среде [2, 3].

Алгоритм решения таких обратных задач существенно использует решение прямых задач сейсмологии—определение характера движения упругого тела по известным характеристикам сосредоточенной силы, действующей в очаге [1, 2]. Поэтому в первую очередь необходимо решать прямые задачи динамики сейсмических волн.

Рассмотрим однородное изотропное упругое тело, которое в евклидовом пространстве E_3 занимает выпуклую область G, ограниченную кусочно-гладкой поверхностью S. Пусть в некоторой точке $x_0(x_0^1, x_0^2, x_0^3)$ (в „сейсмическом очаге") области G, начиная с момента времени t_0 действует известная простая сосредоточенная сила $\Phi(x_0, t)=\Phi(x_0)f(t)$, где $\Phi(x_0)=(c_1, c_2, c_3)$, $f(t)$—закон изменения во времени. Будем считать, что поверхность свободна, то есть вектор напряжения на поверхности равен нулю в любой момент времени.

В этих условиях рассмотрим следующую прямую задачу: найти в заданном интервале времени $[t_1, \tau]$ смещение $u(x, t)$ в точках поверхности S, вызванное силой $\Phi(x_0, t)$, где t_1 момент времени, до которого смещение на поверхности равно нулю. Ясно, что t_1 выражается формулой: $t_1=t_0+R/v_p$, где $R=\min\limits_{y\in S}|x_0-y|$, v_p—скорость распространения продольной волны в среде G. В дальнейшем, для простоты возьмем $t_0=0$.

Запишем силу в виде:

$$\Phi(x_0, t)=\sum_{j=1}^{3} c_j E^j(x_0, t), \tag{1}$$

где $E^j(x_0, t)=(\delta_{1j}, \delta_{2j}, \delta_{3j})\cdot f(t)$, $(j=1, 2, 3)$; δ_{ij}—символ Кронекера.

В силу равенства (1) смещение $u(x, t)$, $x\in G$ представляется с помощью следующей суммы:

$$u(x, t)=\sum_{j=1}^{3} c_j W^j(x, t), \tag{2}$$

где $W^j(x, t)$ есть смещение, вызванное сосредоточенной силой $E^j(x_0, t)$.

Таким образом для нахождения смещения на поверхности S, следует решать следующие граничные задачи [2, 3]:

$$A\left(\frac{\partial}{\partial x}, t\right)W^j(x, t)+E^j(x_0, t)\delta(x-x_0)=0, \quad x\in G \tag{3}$$

$$T\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right)W^j(y, t)=0, \quad y\in S, \quad t\in[t_1, \tau], \tag{4}$$

$$\left.\begin{aligned} &W^j(x, t)\big|_{t=0}=0,\\ &\frac{\partial W^j(x, t)}{\partial t}\bigg|_{t=0}=0, \quad x\in\bar{G} \quad (j=1, 2, 3)\end{aligned}\right\} \tag{5}$$

где $A\left(\frac{\partial}{\partial x}, t\right)$ и $T\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right)$—матричные дифференциальные операторы [3]; t—время; 0—нуль пектор; $\delta(x-x_0)$—дельта-функция Дирака.

Решение задачи (3), (4), (5) будем искать в виде:

$$W^j(x, t)=\Psi^j(x, x_0, t)+V^j(x, t) \quad (j=1, 2, 3), \tag{6}$$

где $\Psi j(x, x_0, t)$ —j—й столбец матрицы фундаментальных решений оператора $A(\partial/\partial x, t)$ для силовой функции $f(t)$, а $V_j(x, t)$ есть решение следующей граничной задачи:

$$A\left(\frac{\partial}{\partial x}, t\right) V_j(x, t)=0, \quad x\in G, \tag{7}$$

$$T\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right) V_j(y, t), = g_1^j(y, t), \quad y\in S, \quad t\in[t_1, \tau], \tag{8}$$

$$\left.\begin{aligned} &V_j(x, t)\big|_{t=0}=0 \\ &\left.\frac{\partial V_j(x, t)}{\partial t}\right|_{t=0}=0, \quad x\in\bar{G}, \quad (j=1, 2, 3) \end{aligned}\right| \tag{9}$$

где $g_1^j(y, t)=-T\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right)\Psi^j(y, x_0, t),$ (10)

Ясно, что для такой функции $V_j(x, t)$, функция $W^j(x, t)$, заданная посредством (6), будет решением задачи (3), (4), (5).

Отметим, что для задачи (7), (8), (9) выполняются условия корректности и согласования [3].

Для приближенного решения задачи (7), (8), (9) воспользуемся методом фундаментальных решений [1, 3], тогда условия (7), (9) выполняются автоматически и остается аппроксимировать на множестве $Sx[t_1, \tau]$ граничные функции $g_1^j(y, t)$, $(j=1, 2, 3)$. Разделим интервал $[t_1, \tau]$ на $m-1$ равные части с помощью точек $t_n=t_1+(n-1)\Delta t$, $(n=\overline{1, m})$, где $\Delta t=\frac{\tau-t_1}{m-1}$.

Рассмотрим в области E_3/G поверхность S^*, целиком охватывающую S, подобную ей и расположенную от неё на расстоянии R. Пусть $S_n^*(n=\overline{1, m})$ тот участок поверхности S^*, который лежит над участком поверхности S, куда достигла волна, вышедшая из точки в момент времени $t=t_n$ $(n=\overline{1, m})$.

Граничные функции (8) аппроксимируем по методу фундаментальных решений, используя систему функций

$$\left\{T\left(\frac{\partial}{\partial y}, n\right)\Psi^l(y, z_k, t)\right\}_{k=1}^{\infty} \equiv\{\Psi^l(y, z_k, n, t)\}_{k=1}^{\infty} \quad (l=1, 2, 3),$$

где $y\in S$. а точки $\{z_k\}$ расположены всюду плотно на вспомогательной поверхности S^*.

Приближенное решение задачи (7), (8), (9) построим последовательно следующим образом.

В момент времени $t=t_1$ граничную функцию (10) (j—фиксирована) можно аппроксимировать суммой:

$$\sum_{l=1}^{3}\sum_{k=1}^{n_1} a_{ik}^{1j}\Psi^l(y, z_k, n, t_1),$$

где точки $\{z_k\}_{k=1}^{n_1}$ расположены равномерно на участке S_1^*. Коэффициенты a_{ik}^{1j} можно найти методом коллокации или методом наименьших квадратов [1].

Таким образом, если Δt достаточно мала, то в интервале $[t_1, t_2[$ за приближенное решение задачи (7), (8), (9) с определенной точностью можно считать сумму:

$$V_j^1(x, t)=\sum_{l=1}^{3}\sum_{k=1}^{n_1} a_{ik}^{1j}\Psi^l(x, z_k, t). \tag{11}$$

Для интервала $[t_1, t_3[$ приближенное решение задачи (7), (8), (9) будем искать в виде:

$$V_j^2(x, t)=V_j^1(x, t)+\varphi_j^2(x, t), \tag{12}$$

где $\varphi_j^2(x, t_2)$ есть решение задачи (7), (8), (9) в момент времени t_2, с граничной функцией

$$g_2^j(y,\ t_2)=g_1^j(y,\ t_2)-T(\partial/\partial y,\ n)V_j^1(y,\ t_2). \tag{13}$$

Аналогичным образом для функции $\varphi_j^2(x,\ t)$ из аппроксимации получаем выражение в виде

$$\varphi_j^2(x,\ t)=\sum_{i=1}^{3}\sum_{k=1}^{n_2} a_{ik}^{2j}\Psi^i(y,\ z_k,\ t-\Delta t), \tag{14}$$

где $\{z_k\}_{k=1}^{n_2}$ расположены равномерно на S_2^*, а аргумент $t-\Delta t$ правой части (14) показывает, что вспомогательные источники силы в точках z_k начинают действовать на Δt, позже, чем $\Phi(x_0,\ t)$ в точке x_0.

Из (11), (12), (13), (14) следует:

$$T\left(\frac{\partial}{\partial y},\ n\right)V_j^2(y,\ t_1)=g_1^j(y,\ t_1),\ T\left(\frac{\partial}{\partial y},\ n\right)V_j^2(y,\ t_2)=g_1^j(y,\ t_2),\ y\in S.$$

Отсюда ясно, что для функции $V_j^2(x,\ t)$ с определенной точностью выполняется граничное условие (8) в интервале времени $[t_1,\ t_3[$. Следовательно, функция $V_j^2(x,t)$ является приближенным решением задачи (7), (8), (9) в интервале $[t_1,\ t_3[$.

Продолжая последовательно строить приближенное решение задачи тем же методом, для интервала $[t_1,\ t_m[$, решение запишем в виде:

$$V_j^m(x,\ t)=V_j^{m-1}(x,\ t)+\varphi_j^m(x,\ t)=V_j^1(x,\ t)+\sum_{l=2}^{m}\varphi_j^l(x,\ t), \tag{15}$$

где $\varphi_l^l(x,\ t_l)$ есть решение задачи (7), (8), (9) в момент времени t_l с граничной функцией

$$g_l^j(y,\ t_l)=g_1^j(y,\ t_l)-T\left(\frac{\partial}{\partial y},\ n\right)V_j^{l-1}(y,\ t_l),\quad (l=\overline{2,\ m}), \tag{16}$$

Для функции $\varphi_j^l(x,\ t)$ из аппроксимации получаем следующее приближенное выражение:

$$\varphi_j^l(x,\ t)=\sum_{i=1}^{3}\sum_{k=1}^{n_l} a_{lk}^{lj}\Psi^i(x,\ z_k,\ t-(l-1)\Delta t)\quad (l=\overline{2,\ m}),\quad \{z_k\}_{k=1}^{n_l}\in S_l^*. \tag{17}$$

Из (15), (16), (17) следует, что

$$T\left(\frac{\partial}{\partial y},\ n\right)V_j^m(y,\ t_l)=g_1^j(y,\ t_l)\quad (l=1,\ m),\ y\in S \tag{18}$$

т. к. $T\left(\frac{\partial}{\partial y},\ n\right)\varphi_j^l(y,\ t_n)=0$ при $n<l$.

Таким образом, построенная нами функция $V_j^m(x,\ t)$ удовлетворяет условиям (7), (8), (18). Следовательно, если Δt достаточно мала, тогда функция $V_j^m(x,\ t)$ с определенной точностью является приближенным решением задачи (7), (8), (9). Отсюда, в силу равенств (2), (6), (15), (17) получаем приближенное выражение для вычисления искомого смещения:

$$u(x,\ t)=\sum_{j=1}^{3} c_j\Psi^j(x,\ x_0,\ t)+\sum_{j=1}^{3}\sum_{l=1}^{m}\sum_{i=1}^{3}\sum_{k=1}^{n_l} c_j a_{ik}^{lj}\Psi^i(x,\ z_k,\ t-(l-1)\Delta t)$$

Институт геофизики и
инженерной сейсмологии
АН Армянской ССР

Поступила 22.X.1986.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексидзе М. А.* Решение граничных задач методом разложения по неортогональным функциям. М.: Наука, 1978. 351 с.
2. *Алексидзе М. А., Закрадзе М. В.* Об изучении сил в сейсмологическом очаге— Сообщ. АН ГрузССР, 1980, т. 99, № 1, с. 81—84.
3. *Купрадзе В. Д., Гегелия Т. Г., Башелейшвили М. О., Бургуладзе Т. В.* Трехмерные задачи математической упругости и термоупругости. М.: Наука, 1976. 415 с.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 4, 73—76, 1987

УДК: 550.34.06

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

А. М. АВЕТИСЯН

К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ СЕТИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ КООРДИНАТ ОЧАГА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Одной из основных задач современной сейсмологии является повышение точности определения положения эпицентра или гипоцентра землетрясений, что имеет большое значение при решении ряда вопросов сейсмологии.

В последнее время, в связи с возрастанием сейсмологической информации и необходимостью повышения точности при ее обработке, задача оптимизации сейсмической сети приобретает большое научное и практическое значение.

Оптимизация сейсмической сети—это сложная физическая задача, требующая составления модели исследуемого явления и разработки алгоритмов оптимизации наблюдений, учитывающих массу влияющих факторов. Условия оптимизации зависят от поставленной задачи и могут различаться и даже противоречить друг другу при проведении различных исследований [3,5].

Настоящая работа посвящена анализу оптимальности сейсмической сети Армянской ССР при решении одной из основных задач сейсмологии, а именно, при определении эпицентрального или гипоцентрального полей очага. Для этого, прежде чем указать пути усовершенствования сейсмической сети, необходимо дать оценку оптимальности существующей сети с учетом региональных особенностей строения земной коры на теоретических моделях [4].

Для сейсмической сети Армянской ССР ранее оценивалась оптимальность сети при определении координат землетрясений различными методами [2].

Задачей настоящей работы является выявление возможности оценки плотности сейсмической сети с помощью теоретического моделирования в случаях, когда очаги находятся в различных зонах рассматриваемого региона, по методике, описанной в работах [1, 2]. По данной методике, определение эпицентрального расстояния при распространении волн в среде с заданным полем скоростей $V(x)$ сводится к решению системы обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений первого порядка, которые в среде с постоянным градиентом допускают точное решение [1] и имеют следующий вид:

$$\Delta(t,\ h) = \frac{b}{a}\sqrt{2\left(1+\frac{a}{b}h\right)chat-\left(1+\left(1+\frac{a}{b}h\right)^2\right)}, \qquad (1)$$

где h—глубина, $V=b+ah$.

Как известно, при эпицентральных расстояниях $\Delta<200$ км характерной особенностью распространения сейсмических волн землетрясения является высокая интенсивность прямых продольных и поперечных (P и S) волн, которые на сейсмограммах дают наиболее четкое вступление и наибольшую амплитуду. Исходя из этого, при определении координат землетрясений используются первые вступления P и S волн, использование же первых вступлений других волн дает меньшую точность.

Поэтому при определении координат модельных значений землетрясений был смоделирован процесс распространения прямых волн и по формуле (1) вычислены годографы для различных глубин. Ниже приводятся данные из теоретического годографа (табл. 1 и 2).

Преимуществом данной методики является то, что в нашей модели при построении годографа за скорость распространения волн взяты фактические скорости распространения сейсмических волн. В результате полученный теоретический годограф незначительно отличается от годографов Армянского нагорья, приведенных в работе [4].

Далее, по территории АрмССР равномерно распределяя эпицентры землетрясений, вычисляя эпицентральное расстояние от каждого очага сейсмических станций и подставляя его в формулу:

$$t(\Delta;\ h) = \frac{1}{a_i}\,arch\,\frac{a_i\Delta^2+b_i^2+(b_i+a_ih_i)^2}{2b_i(b_i+a_ih_i)},$$

получаем время пробега сейсмических волн от очага до сейсмических станций. Используя годограф для $h=15$ км методом засечек, определено положение эпицентра, которое сравнивается с его истинным значением.

Результаты сравнения приводятся на рис. 1.

Далее, реальная сеть АрмССР преобразована следующим образом: исключены из этой системы станции Каджаран, Горис, Кармракар, а вместо них дополнена сеть двумя другими станциями с координатами:

$\varphi = 40{,}67$ $\lambda = 45{,}33$

$\varphi = 41{,}00$ $\lambda = 45{,}00$

Таблица 1

Годографы P волн для глубины $h = 0$ км

T (сек)	Δ (км)	T (сек)	Δ (км)
1	5.8	22	154.93
2	11.62	23	164.81
3	17.47	24	175.10
4	23.35	25	185.82
5	29.39	26	197.01
6	35.32	27	208.69
7	41.43	28	220.20
8	47.65	29	233.70
9	53.98	30	246.99
10	60.45	31	260.95
11	67.07	32	275.57
12	73.85	33	290.87
13	80.82	34	306.89
14	87.99	35	323.69
15	95.39	36	341.29
16	103.02	37	359.75
17	110.91	38	379.11
18	119.08	39	420.72
19	127.54	40	399.41
20	136.32	41	443.07
21	145.45	42	466.54

Таблица 2

Годографы P волн для глубины $h = 15$ км

T (сек)	Δ (км)	T (сек)	Δ (км)
3	12.61	22	173
4	21.48	23	184.29
5	29.25	24	195.87
6	36.68	25	207.93
7	43.99	26	220.52
8	51.31	27	233.65
9	58.67	28	247.38
10	66.13	29	261.70
11	73.73	30	276.69
12	81.48	31	292.38
13	89.42	32	308.79
14	97.57	33	325.97
15	105.95	34	343.97
16	114.60	35	362.83
17	123.52	36	382.60
18	132.74	37	403.31
19	142.30	38	425.05
20	152.20	39	447.84
21	162.48	40	471.76

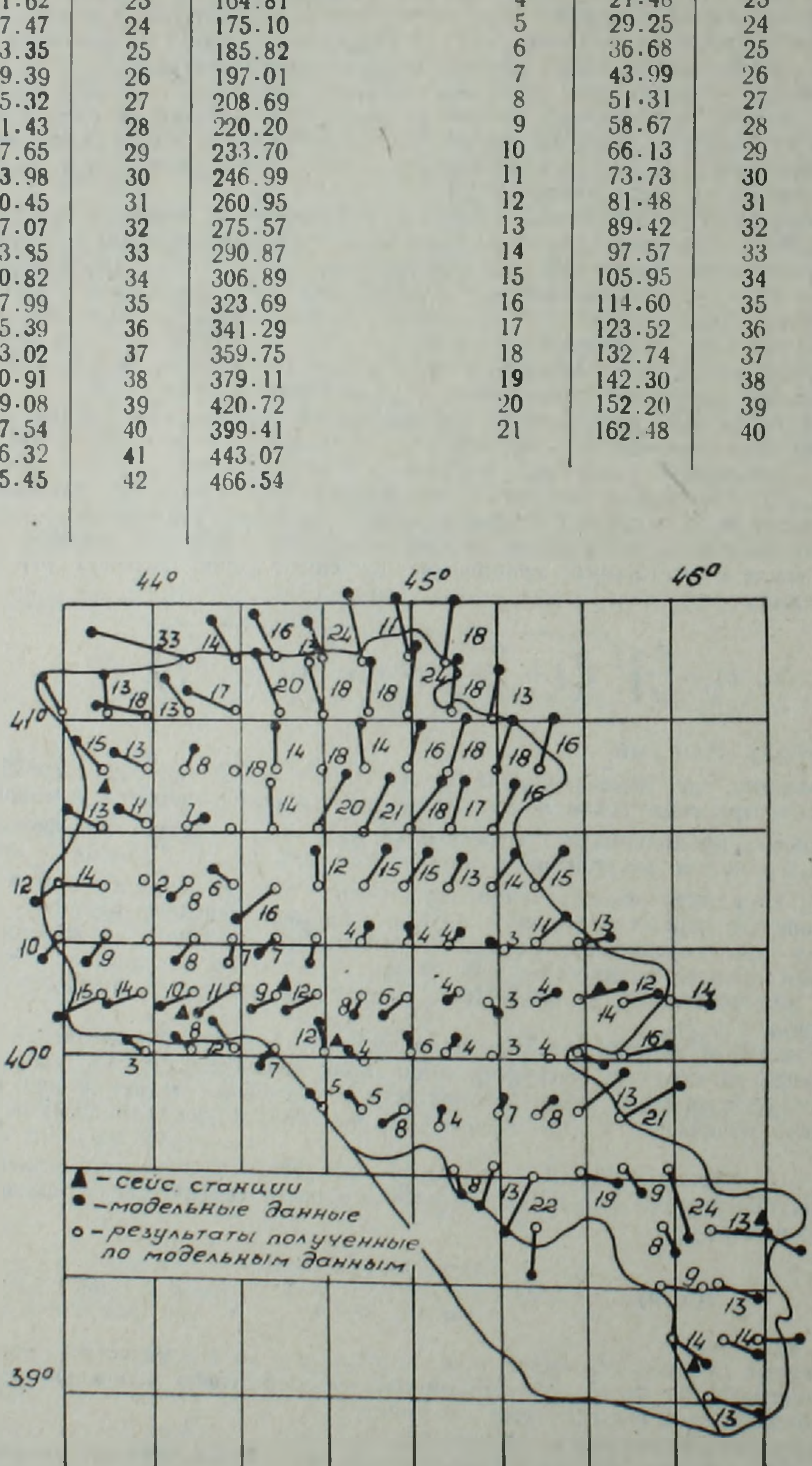


Рис. 1. Карта определения эпицентров методом «засечек» по данным сейсмической сети АрмССР

С помощью новой системы определены координаты очагов как и в первом случае. Карта эпицентров при преобразованной системе сети станций приводится на рис. 2.

Анализ результатов показывает, что при определении координат землетрясений важное значение имеет оптимальность сети. Для такого утверждения дает основание сравнение результатов, полученных на разных частях рассматриваемой зоны.

При рассмотрении средних смещений (рис. 1) эпицентров в различных областях выясняется, что для районов по широте от 39°50′ до 40°20′ и по долготе от 43°40′ до 46° смещение не превышает в среднем 6—7 *км*, а невязка в среднем 1,1 *сек*. Для районов по широте 40°20′—41°40′ и по долготе 43°40′—46° средние смещения составляют 15—16 *км*, а по времени примерно 3 *сек*.

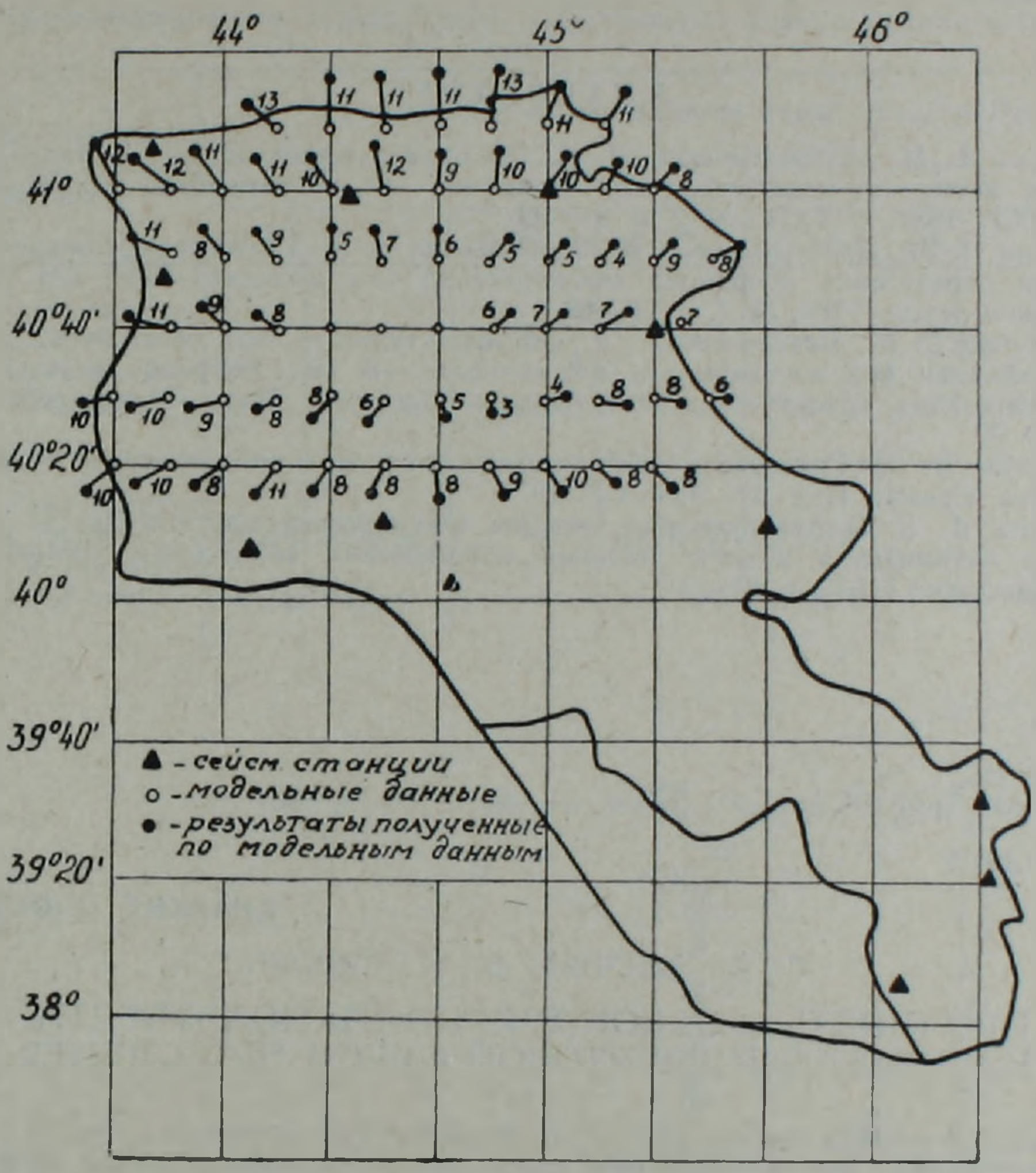


Рис. 2. Карта результатов определения эпицентров с помощью оптимальной сети АрмССР.

Особенно систематическое смещение обнаруживается для краевых частей рассматриваемой зоны, когда расположение сейсмических станции становится односторонним. Поэтому и полученные погрешности в этих областях достигают больших значений и смещение в среднем в 2,5 раза больше, чем в центральной части. Из этого следует, что только при оптимальном расположении сейсмических станций значения координат эпицентра, определенные графическим способом, могут обеспечивать класс точности «б», т. е. не превышать 10 *км*.

Утверждение того факта, что при определении координат важное значение имеет оптимальность сейсмической сети можно установить и сравнением рис. 1 и рис. 2. т. е. при разных системах расположения станции. На рис. 2 эти же землетрясения, находящиеся в области $\varphi=40°20'$, $\varphi=41°20'$, $\lambda=43°40'$ и $\lambda=45°40'$, обрабатывались с помощью „новой" системы, число станций которой меньше на единицу.

В результате обработки 65 землетрясений с помощью вышеизложенного способа получено, что смещение эпицентров уменьшается в среднем в два раза, а ошибка времени в очаге на 1,1 *сек*. Среднее смещение эпицентров в этом случае получаем 7—8 *км*.

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1) Хаотичное увеличение числа сейсмических станций не является достаточным условием повышения точности.

2) Рассматриваемая методика дает возможность выбора эффективной системы сейсмических станций.

3) Можно оценить влияние каждой станции на окончательный результат.

4) В конкретных случаях при определении параметров очага можно ориентироваться при выборе оптимальной сети.

Выражаю признательность докт. ф.-м. наук Кондорской Н. В. и Добровольскому И. П. за обсуждение различных аспектов данной работы, а также младшему научному сотруднику Н. В. Оганесян за помощь при обработке результатов.

Институт геофизики и инженерной
сейсмологии АН АрмССР
АрмССР

Поступила 19.III.1986.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аветисян А. М., Добровольский И. П.* Об оценке эффективности методов определения координат эпицентров землетрясений на теоретических моделях.—ДАН АрмССР, 1982, т. XXIV, № 2, с. 91—93.
2. *Аветисян А. М., Добровольский И. П., Оганесян Н. В.* Применение конкретных методов определения координат землетрясений на моделях.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1984, № 4, с. 66—69.
3. *Голеницкий С. И., Перевалова Г. И.* Об эффективности сети сейсмических станций Прибайкалья при изучении его сейсмичности.—В кн.: Вопросы оптимизации и автоматизации сейсмических наблюдений. Тбилиси: Изд. «Мецниереба», 1977, с. 59—70.
4. *Карапетян Н. К.* Годографы сейсмических волн для землетрясений Армянского нагорья. Ереван: Изд. АН АрмССР. 1977.
5. *Николаев А. В.* О планировании системы сейсмических наблюдений.—В кн.: Вопросы оптимизации и автоматизации сейсмических наблюдений. Тбилиси: Изд. «Мецниереба», 1977, с. 81—92.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 4, 76—78, 1987

УДК: 624.131.5

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

С. Р. МЕСЧЯН, С. Г. АЙРОЯН

ПРОЧНОСТЬ И ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ПОЛЗУЧЕСТИ НАБУХАЮЩЕЙ ГРУНТОВОЙ СМЕСИ ПРИ СДВИГЕ

В работе рассматриваются результаты исследования прочности и ползучести при сдвиге набухающей бентонито-песчаной смеси из бентонитового порошка Саригюхского месторождения Армянской ССР и кварцевого песка. Содержание бентонитового порошка в смеси (по массе) 60%, а кварцевого песка—40%. Работа выполнена с целью установления возможности распространения на набухающие грунты закона сдвиговой ползучести $\gamma_t = f(\tau/\tau_{f,st}, t)$, установленного для обыкновенных глинистых грунтов одним из авторов статьи [1]:

$$\gamma_t = \omega(t) \cdot F(\tau/\tau_{f,st}), \qquad (1)$$

где $\omega(t)$—мера ползучести, τ—касательное напряжение, $\tau_{f,st}$—стандартное сопротивление сдвигу.

Бентонито-песчаная смесь испытана на сопротивление сдвигу и сдвиговую ползучесть на приборах кручения сплошных образцов М—5 [2] при двух значениях начальной влажности $w_0 = 0{,}15$ и $0{,}315$ (табл. 1)—при соблюдении условия $w_0 \leq w_p$ (w_p—влажность грунта на пределе раскатывания).

Таблица 1

Показатели основных физических свойств и давления свободного набухания испытанных образцов-близнецов

w_0	ρ_0, г/см³	ρ_s, г/см³	w_L	w_P	J_P	$\sigma_{s,0}$ МПа
0,150	1,825	2,68	0,859	0,260	0,690	0,3625
0,315	1,844	2,68	0,859	0,260	0,690	0,157

3) Можно оценить влияние каждой станции на окончательный результат.

4) В конкретных случаях при определении параметров очага можно ориентироваться при выборе оптимальной сети.

Выражаю признательность докт. ф.-м. наук Кондорской Н. В. и Добровольскому И. П. за обсуждение различных аспектов данной работы, а также младшему научному сотруднику Н. В. Оганесян за помощь при обработке результатов.

Институт геофизики и инженерной
сейсмологии АН АрмССР
АрмССР

Поступила 19.III.1986.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аветисян А. М., Добровольский И. П.* Об оценке эффективности методов определения координат эпицентров землетрясений на теоретических моделях.—ДАН АрмССР, 1982, т. XXIV, № 2, с. 91—93.
2. *Аветисян А. М., Добровольский И. П., Оганесян Н. В.* Применение конкретных методов определения координат землетрясений на моделях.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1984, № 4, с. 66—69.
3. *Голеницкий С. И., Перевалова Г. И.* Об эффективности сети сейсмических станций Прибайкалья при изучении его сейсмичности.—В кн.: Вопросы оптимизации и автоматизации сейсмических наблюдений. Тбилиси: Изд. «Мецниереба», 1977, с. 59—70.
4. *Карапетян Н. К.* Годографы сейсмических волн для землетрясений Армянского нагорья. Ереван: Изд. АН АрмССР. 1977.
5. *Николаев А. В.* О планировании системы сейсмических наблюдений.—В кн.: Вопросы оптимизации и автоматизации сейсмических наблюдений. Тбилиси: Изд. «Мецниереба», 1977, с. 81—92.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 4, 76—78, 1987

УДК: 624.131.5

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

С. Р. МЕСЧЯН, С. Г. АЙРОЯН

ПРОЧНОСТЬ И ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ПОЛЗУЧЕСТИ НАБУХАЮЩЕЙ ГРУНТОВОЙ СМЕСИ ПРИ СДВИГЕ

В работе рассматриваются результаты исследования прочности и ползучести при сдвиге набухающей бентонито-песчаной смеси из бентонитового порошка Саригюхского месторождения Армянской ССР и кварцевого песка. Содержание бентонитового порошка в смеси (по массе) 60%, а кварцевого песка—40%. Работа выполнена с целью установления возможности распространения на набухающие грунты закона сдвиговой ползучести $\gamma_t = f(\tau/\tau_{f,st}, t)$, установленного для обыкновенных глинистых грунтов одним из авторов статьи [1]:

$$\gamma_t = \omega(t) \cdot F(\tau/\tau_{f,st}), \qquad (1)$$

где $\omega(t)$—мера ползучести, τ—касательное напряжение, $\tau_{f,st}$—стандартное сопротивление сдвигу.

Бентонито-песчаная смесь испытана на сопротивление сдвигу и сдвиговую ползучесть на приборах кручения сплошных образцов М—5 [2] при двух значениях начальной влажности $w_0 = 0{,}15$ и $0{,}315$ (табл. 1)—при соблюдении условия $w_0 \leq w_p$ (w_p—влажность грунта на пределе раскатывания).

Таблица 1

Показатели основных физических свойств и давления свободного набухания испытанных образцов-близнецов

w_0	ρ_0, г/см³	ρ_s, г/см³	w_L	w_P	J_P	$\sigma_{s,0}$ МПа
0,150	1,825	2,68	0,859	0,260	0,690	0,3625
0,315	1,844	2,68	0,859	0,260	0,690	0,157

В каждом начальном состоянии плотности-влажности определены давления свободного набухания $\sigma_{s,0}$ (таб. 1) и стандартное сопротивление сдвигу $\tau_{f,st}$ как в условиях сохранения начальной влажности $w=w_0$ в течение уплотнения и сдвига, так и в водонасыщенном состоянии $w=w_f$. В последнем случае образцы-близнецы водонасыщены после приложения к ним уплотняющих давлений p_z. Результаты определения сопротивлений сдвигу образцов-близнецов бентонито-песчаной смеси при w_0 =0,15 и 0,315 в двух различных условиях их уплотнения и сдвига приведены в табл. 2, а диаграммы сопротивления сдвигу показаны на рис. 1.

Таблица 2

Результаты определения стандартного сопротивления сдвигу бентонито-песчаной смеси

Начальная влажность w_0 и условие испытания образцов		Стандартное сопротивление сдвигу $\tau_{f,st}$, *МПа* при p_z, *МПа*						
		0,025	0,10	0,25	0,30	0,40	0,45	0,65
w_0 =0,15	без замачивания	—	—	(0,2081)	—	—	0,267	(0,345)
	с замачиванием	—	—	(0,0628)	—	—	0,143	(0,303)
w_0=0,315	без замачивания	0,0528	(0,0795)	—	(0,1004)	0,1250	—	—
	с замачиванием	0,0152	0,0503	—	(0,1064)	0,1266	—	—

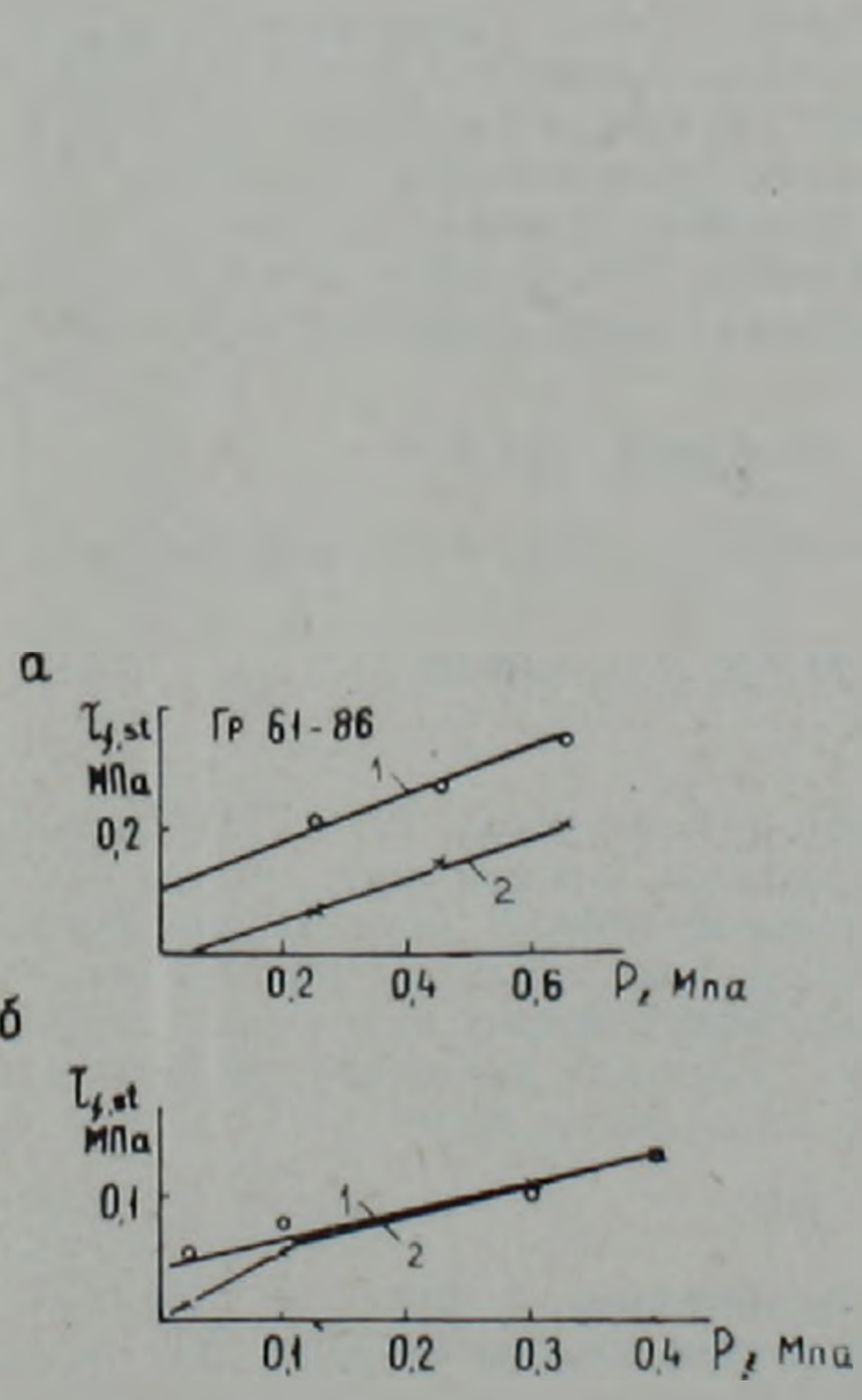


Рис. 1. Диаграммы сопротивления сдвигу бентонито-песчаной смеси. *а* — w_0=0,15; *б* — w_0=0,315; 1—испытание образцов без замачивания; 2—испытание образцов на сдвиг после водонасыщения под действием p_z.

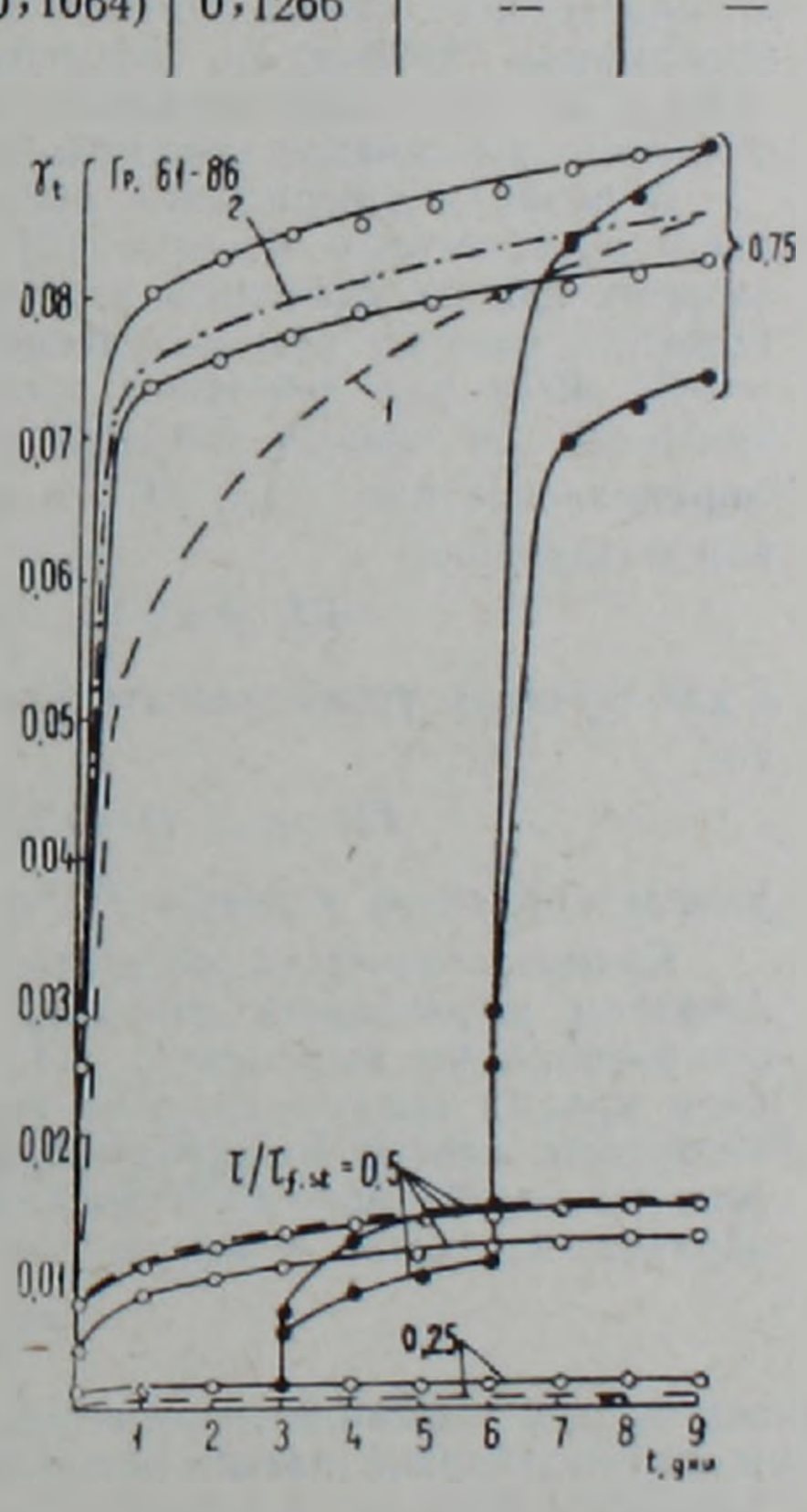


Рис. 2 Экспериментальные кривые наибольшего и наименьшего значений деформаций сдвиговой ползучести бентонито-песчаной смеси, определенные испытанием семи серий образцов-близнецов под действием различных уплотняющих давлений p_z без замачивания и с водонасыщением при трех постоянных (сплошные линии с кружочками) и возрастающими ступенями (сплошные линии с темными точками). $\tau/\tau_{f,st}$= 0,25; 0,50 и 0,75 уровней касательного напряжения и их аппроксимация по выражению (1), с учетом (2) и (3) (штриховые линии) и с учетом (2) и (4) (штрих-пунктирная линия).

Ползучесть рассматриваемой грунтовой смеси определена испытанием семи серий образцов-близнецов в семи различных состояниях плотности-влажности, сопротивления сдвигу которых в табл. 2 взяты в скобки. В частности, при $w_0=0{,}15$ сдвиговая ползучесть смеси определена без замачивания и после замачивания образцов-близнецов под действием двух различных уплотняющих давлений $p_z=0{,}25$ и 0,65 *МПа* а при $w_0=0{,}315$—без замачивания образцов под действием $p_z=0{,}1$ *МПа*, а под действием $p_z=0{,}3$ *МПа* как без замачивания, так и в условиях полного водонасыщения.

В каждом из указанных состояний грунтовой смеси сдвиговая ползучесть бентонито-песчаной смеси определена при трех различных значениях постоянного и возрастающего ступенями $\tau/\tau_{f,st}=0{,}25$; 0,50 и 0,75 уровнях касательного напряжения.

На рис. 2 парными сплошными линиями показаны экспериментальные кривые сдвиговой ползучести, соответствующие наибольшим и наименьшим значениям деформаций ползучести, определенным из испытания семи серий образцов-близнецов. Не показанные на рисунке остальные кривые ползучести располагаются между приведенными на рисунке кривыми.

Как видно на рис. 2, разброс деформаций сдвиговой ползучести γ_t, определенных при равных уровнях касательного напряжения $\tau/\tau_{f,st}$ в семи различных состояниях набухающей бентонито-песчаной смеси, сопротивления сдвигу которых отличаются друг от друга более чем в пять раз (табл. 2), не превышает ±10%. Этот разброс опытных данных не больше разброса опытных данных, получаемых при испытании серии образцов-близнецов.

Изложенное выше подтверждает справедливость установленного для обыкновенных глинистых грунтов [1,2] закона сдвиговой ползучести (1) и для деформаций ползучести сдвига набухающего грунта, согласно которому при равных уровнях касательного напряжения $\tau/\tau_{f,st}$ указанные деформации не зависят от его состояния и сопротивления сдвигу. Это означает, что для получения уравнения состояния набухающего грунта при сдвиге (с учетом влияния различных факторов) достаточно определения *одного семейства экспериментальных кривых ползучести* в его одном, произвольно выбранном, состоянии при обязательном определении сопротивления сдвигу во всех интересующих нас состояниях плотности-влажности в различных условиях замачивания образцов-близнецов.

В целях подтверждения применимости выражения (1) к набухающей грунтовой смеси по известным методам [2] осуществлена аппроксимация семейства экспериментальных кривых сдвиговой ползучести исследуемой грунтовой смеси при $w_0=0{,}15$ в условиях полного водонасыщения после приложения уплотняющего давления $p_z=0{,}25$ *МПа* под действием трех указанных постоянных уровнях касательного напряжения. За кривую единичного уровня касательного напряжения принята кривая, определенная при $\tau/\tau_{f,st}=0{,}5$ и получено следующее выражение для меры сдвиговой ползучести

$$\omega(t,\ w=0{,}15,\ \tau/\tau_{f,st}=0.5)=A\cdot t^m=0{,}0099\cdot t^{0{,}174} \qquad (2)$$

а для функции уровня касательного напряжения $F(\tau/\tau_{f,st})$ при $t=9$ дней соотношение

$$F(\tau/\tau_{f,st},\ w=0{,}15)=B_1(\tau/\tau_{f,st})^n=22{,}724\ (\tau/\tau_{f,st})^{1{,}503}, \qquad (3)$$

удовлетворяющая условию $F(\tau/\tau_{f,st}=0{,}5)=1$.

Кривые ползучести, построенные по выражению (1), с учетом (2) и (3) на рис. 2 показаны штриховыми линиями. Большое расхождение кривой при $\tau/\tau_{f,st}=0{,}75$, построенной по выражению (1), от экспериментальной кривой обусловлено неподобием кривых ползучести. Для учета неподобия экспериментальных кривых сдвиговой ползучести при их аппроксимации функция уровня касательного напряжения определена не только при $t=9$ дней, но и для других значений длительности испытания образцов-близнецов и выражение (3) записано в следующем виде

$$F(\tau/\tau_{f,st})=B_1(\tau/\tau_{f,st})^{n(t)}, \qquad (4)$$

где B_1 и n-зависящие от длительности испытания образцов t функций. На рис. 2 штрих-пунктирной линией показана кривая, построенная по соотношению (1), с учетом (2) и (4).

Как видно на рис. 2, учет неподобия экспериментальных кривых сдвиговой ползучести существенно улучшает их аппроксимацию.

Полученные результаты полностью подтверждают применимость закона (1) для определения уравнения состояния набухающего грунта при сдвиге с учетом влияния уплотняющих давлений и режима замачивания.

Институт геологических наук АН АрмССР,
Армянское отделение Института
«Гидропроект»

Поступила 9.IV.1987.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Месчян С. Р.* Об определении уравнения ползучести глинистых грунтов при сдвиге.—Изв. высших учебн. заведений. Стр-во и арх-ра, 1975, № 2, с. 172—176.
2. *Месчян С. Р.* Экспериментальная реология глинистых грунтов. М.: Недра, 1985. 342 с.