

ՀՄՍՀ 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

ԽՐԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈՂԵԳԻԱ

ՀՍՍՀ ԳԱ թղթ.-անդամ Ա. Տ. Ասլանյան, տեխն. գիտ. թեկն. Ա. Վ. Բաղալյան, ՀՍՍՀ ԳԱ թղթ.-անդամ Ա. Բ. Բաղդասարյան, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադ. Ա. Հ. Գաբրիելյան (պատասխանատու խմբագիր), Երկրա-հանք. գիտ. դոկտ. Ա. Բ. Կառապետյան, Երկրա-հանք. գիտ. թեկն. է. Խ. Ղուլյան, Երկրա-հանք. գիտ. թեկն. Բ. Մ. Մելիքսերյան, Երկրա-հանք. գիտ. թեկն. Կ. Գ. Շիրինյան, Երկրա-հանք. գիտ. թեկն. Ռ. Տ. Միրիջանյան, է. Ա. Ռոստոմովա (պատասխանատու բարտուղար), ՀՍՍՀ ԳԱ թղթ.-անդամ Գ. Ի. Տեր-Ստեփանյան, Երկրա-հանք. գիտ. թեկն. Ա. Ս. Ֆարամազյան (պատասխանատու խմբագրի տեղակալ):

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Член-корр. АН АрмССР А. Т. Асланян, член-корр. АН АрмССР А. Б. Багдасарян, канд. техн. наук С. В. Бадалян, 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. Ростомови (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 Բաղրամյանի պող., 24ա.

Адрес редакции: 375019, Ереван, 19, пр. Маршала Баграмяна, 24а

© Издательство АН Арм. ССР

Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1986

Բ Ո Վ Ա Ն Դ Ա Կ Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

Ս. Վ. Բաղսլյան. Երկրաֆիզիկայի և ինժեներային երկրաշարժաբանության ինստիտուտ (հիմնադրման 25-ամյակի առթիվ) 3

Ա. Խ. Բաղրամյան, Ա. Մ. Ավետիսյան, Մ. Բ. Մկրտչյան, Կ. Ա. Զաֆարյան. Հայկական ՄՍՀ սեյսմիկ կայանների գրանցած տելեսեյսմիկ P-ալիքների կինեմատիկ հատկությունները 11

Շ. Ս. Հովհաննիսյան, Հ. Հ. Հովհաննիսյան. Հայկական ՄՍՀ սեյսմաակտիվ շրջաններում երկրակեղևի ղեֆորմացիաների ուսումնասիրման նպատակով կատարված կրկնվող գրավիմետրիկ չափումները 117

Հ. Գ. Բարաջանյան. Հայկական ՄՍՀ Սևանի և Վեդու օֆիոլիտային գոտիների կառուցվածքի առանձնահատկություններն ըստ երկրաֆիզիկական տվյալների 23

Է. Մ. Միքայելյան. Կովկասի լայնակի և միջօրեականի ուղղություններով բեկվածքների անջատումն ըստ երկրաֆիզիկական տվյալների 29

Ս. Մ. Հովհաննիսյան, Ա. Գ. Մանուկյան, Մ. Գ. Հովհաննիսյան. Գրավիմետրիկ և մագնիսաչափական տվյալների մշակման արդյունավետ մեթոդներ 35

Է. Գ. Գյոզակյան, Հ. Վ. Սարգսյան, Խ. Վ. Կիզակոսյան, Ե. Պ. Տոնոյան. Երկրաշարժերի երկրաֆիզիկական նախանշանների բացահայտման որոշ արդյունքներ Հայկական ՄՍՀ բնատարածքի հյուսիս-արևմտյան մասում 40

Ս. Վ. Բաղսլյան, Զ. Վ. Ղափրյան, Վ. Մ. Կեռզյան, Ա. Ա. Թամրազյան, Ֆ. Մ. Ֆիդանյան, Ռ. Վ. Հովսեփյան, Մ. Հ. Դևոզյան, Հ. Վ. Հարությունյան. Նոր հետազոտություններ ստորերկրյա երկրաֆիզիկայի բնագավառում 48

Վ. Բ. Գամոյան, Ա. Զ. Զիլինգարյան, Ֆ. Ս. Ունույան, Ե. Մ. Լուկչյան, Ռ. Վ. Հովսեփյան. Ալյուվիալ-գելյուվիալ նստվածքների և լավային ծածկույթների ազդեցությունը թափառող հոսանքների մեթոդով աշխատելիս 53

Ռ. Կ. Կաբալետյան, Ս. Ս. Կաբալետյան, Ա. Բ. Մաբաբաբյան, Ս. Ս. Սիմոնյան. Շենքերի ու նրանց հիմնատակերի և տեղանքի բարդ ուղիղ փոխներգործության հաշվառումը սեյսմիկ միկրոշրջանացման ժամանակ 57

Ս. Ա. Փիրուզյան, Ա. Ա. Հովսեփյան, Դ. Ս. Գրիգորյան, Ա. Մ. Խաչյան. Երևանի բնատարածքի սեյսմիկ միկրոշրջանացման համար երկրաշարժերի սեյսմոգրամների հիման վրա ինժեներային սպեկտրներ հաշվարկելու հնարավորության մասին 62

Խ. Պ. Մաբաբաբյան, Լ. Ա. Մխիթարյան, Ա. Ա. Հովսեփյան, Մ. Վ. Հովհաննիսյան, Կ. Ա. Տոնոյան. Գեանահողերի իրական հատկությունների և հիմքի ու հիմնատակի փոխազդեցության հաշվառման հնարավորությունները կառույցների վրա սեյսմիկ ազդեցության որոշման դեպքում 67

Ռ. Հ. Համալյան, Է. Լ. Միքայելյան. Ինժեներային սեյսմոլոգիայի խնդիրներ լուծելու համար առաձգական սեյսմիկ հարթակ 74

Հ Ա Մ Ա Ի Ռ Տ Հ Ա Ղ Ո Ր Դ Ո Ւ Մ Ն Ե Ր

Ս. Ռ. Հովհաննիսյան, Վ. Վ. Նահապետյան, Ա. Հ. Սիմոնյան. Տեղական մագնիսական դաշտի փոփոխության ուսումնասիրությունը Հայկական ՄՍՀ բնատարածքում 78

СОДЕРЖАНИЕ

С. В. Бадалян. Институт геофизики и инженерной сейсмологии (к 25-летию со дня основания) 3

А. Х. Баграмян, А. М. Аветисян, М. Б. Мкртчян, К. А. Закарян. Кинематические особенности телесеismicких P-волн по записям сейсмических станций Армянской ССР 11

Ш. С. Оганисян, А. О. Оганесян. Повторные гравиметрические измерения с целью изучения деформаций земной коры в сейсмоактивных районах Армянской ССР 17

А. Г. Бабаджанян. Особенности строения Севанской и Ведийской офиолитовых зон Армянской ССР по геофизическим данным 23

Э. М. Микаелян. Выделение широтных и меридиональных разломов Кавказа по геофизическим данным 29

С. М. Оганесян, А. Г. Манукян, М. Г. Оганесян. Эффективные методы обработки данных гравиметрии и магнитометрии 35

Э. Г. Гедакян, Г. В. Саргсян, Х. В. Киракосян, Е. П. Тоноян. Некоторые результаты изучения геофизических предвестников землетрясений на северо-западе территории Армянской ССР	40
С. В. Бадалян, З. В. Гарибян, В. М. Геворкян, А. А. Тамразян, Ф. М. Фиданян, Р. В. Овсепян, М. Г. Геворкян, Г. Б. Арутюнян. Новые разработки в области подземной геофизики	48
В. Б. Гамоян, А. З. Чилингарян, Ф. С. Унусян, Е. М. Лулечян, Р. В. Овсепян. Влияние аллювиально-делювиальных отложений и высокоомных лавовых покровов на результаты работ методом блуждающих токов	53
Б. К. Карапетян, С. С. Карапетян, А. Б. Маркарян, С. С. Симонян. Учет взаимовоздействия зданий и их оснований и сложного рельефа местности при сейсмическом микрорайонировании	57
С. А. Пирузян, А. А. Овсепян, Д. С. Григорян, А. М. Хачян. О возможности использования сейсмограмм с целью расчета инженерных спектров для сейсмического микрорайонирования территории г. Еревана	62
Р. П. Мартиросян, Л. А. Мхитарян, А. А. Овсепян, М. В. Оганесян, К. А. Тоноян. Возможности учета реальных свойств грунтов и взаимодействия фундамента с основанием при определении сейсмического воздействия на сооружения	67
Р. О. Амасян, Э. Л. Микаелян. Эластическая сейсмическая платформа для решения задач инженерной сейсмологии	74

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

С. Р. Оганесян, В. В. Нагапетян, А. О. Симонян. Исследование изменения локального геомагнитного поля на территории Армянской ССР	78
--	----

CONTENTS

S. V. Badalian. The Institute of geophysics and engineering seismology (to the 25 th anniversary of foundation)	3
A. Kh. Baghramian, A. M. Avettsian, M. B. Mkertchian, K. A. Zakarian. The teleseismic P-waves kinematic peculiarities according to the Armenian SSR seismic stations records	11
Sh. H. Hovhannisian, H. H. Hovhannisian. Recurrent gravimetric measurements for studying the Earth's crust deformations in seismoactive regions of the Armenian SSR	17
H. G. Babadjanian. The structure peculiarities of the Armenian SSR Sevan and Vedi ophiolite zones according to the geophysical data	23
E. M. Mikaelian. Revealing of the Caucasus latitudinal and meridional faults according to the geophysical data	29
S. M. Hovhannisian, A. G. Manukian, M. G. Hovhannisian. Effective methods of processing the gravimetric and magnetometric data	35
E. G. Gueodakian, H. V. Sargsian, Kh. V. Kirakosian, E. P. Tonoyan. Some investigation results of the earthquakes geophysical precursors in the NW part of the Armenian SSR territory	40
S. V. Badalian, Z. V. Gharibian, V. M. Guevorkian, A. A. Tamrazian, F. M. Fidanian, R. V. Hovsepiyan, M. H. Guevorkian, H. V. Harutiunian. New investigations in the field of underground geophysics	48
V. B. Gamoyan, A. Z. Chilingarian, F. S. Unusian, E. M. Lulechian, R. V. Hovsepiyan. The influence of alluvial-deluvial deposits and high-ohm lava covers on the results of investigations by the wandering currents method	53
B. K. Karapetian, S. S. Karapetian, A. B. Markarian, S. S. Simonian. Account of the interaction of the buildings and their foundations and the complicated topography during seismic micro-zoning	57
S. A. Piruzian, A. A. Hovsepiyan, D. S. Grigorian, A. M. Khachian. On the possibility of using the earthquakes seismograms for calculation the engineering spectra for the Yerevan city territory seismic micro-zoning	62
R. P. Martirosian, L. A. Mkhitarian, A. A. Hovsepiyan, M. V. Hovhannisian, K. A. Tonoyan. The possibilities of account of the grounds real properties and the interaction between the foundation and basement while determining the seismic influence on the constructions	67
R. H. Hamastan, E. L. Mikaelian. An elastic seismic platform for solution the engineering seismology problems	74

SHORT REPORTS

S. R. Hovhannisian, V. V. Nahapetian, A. H. Simonian. The study of local geomagnetic field variation in the Armenian SSR territory	78
--	----

С. В. БАДАЛЯН

ИНСТИТУТ ГЕОФИЗИКИ И ИНЖЕНЕРНОЙ СЕЙСМОЛОГИИ (К 25-ЛЕТИЮ СО ДНЯ ОСНОВАНИЯ)

В статье рассматриваются история развития института, его направлений, достижения в различных областях наук о Земле, вопросы их внедрения в народное хозяйство, подготовки кадров, создания лабораторно-экспериментальной базы.

Особенности геологического строения территории Армянской ССР, обусловившие ее современную высокую тектоническую и сейсмическую активность, бурный вулканизм в прошлом, богатство различными полезными ископаемыми, вызвали необходимость значительного развития в республике геофизических и инженерно-сейсмологических исследований.

С этой целью в июне 1961 года по инициативе президента Академии наук АрмССР, академика В. А. Амбарцумяна в гор. Ленинакане был организован Институт геофизики и инженерной сейсмологии (ИГИС), директором которого был назначен академик АН АрмССР А. Г. Назаров.

Разработкой поставленных перед институтом научных задач в начальный период занимались два структурных подразделения—сектор геофизики и сектор инженерной сейсмологии.

Количество сотрудников института в период организации было 40—45 человек. У истоков развития института во главе с академиком А. Г. Назаровым стояли кандидаты геолого-минералогических наук Ц. Г. Акопян и Ш. С. Оганисян, кандидаты технических наук С. А. Шагинян, Б. К. Карапетян и С. С. Дарбинян, кандидат физико-математических наук Н. К. Карапетян, зав. сектором рудной геофизики Г. М. Ванцян, ученый секретарь С. В. Бадалян, заочные аспиранты С. Г. Шагинян и С. А. Пирузян, руководитель экспериментальных мастерских А. С. Мурадян, ведущий инженер М. М. Арутюнян, старший инженер В. Л. Мнацаканян, заведующий сейсмической станцией «Ленинакан» А. Х. Баграмян и др.

Так было двадцать пять лет назад.

Пройденный институтом путь и его история содержат в себе поучительный опыт с точки зрения создания научных центров на периферии. Этот вопрос заслуживает особого внимания. Развитие научных направлений, получивших соответствующее оформление, становление и дальнейший рост в рамках института осуществлялось в гармоническом и тесном сочетании с развитием кадров. При этом в создании новых научных направлений и школ определенную роль сыграли фундаментальные труды ведущих ученых и их энтузиазм.

На развитие отдельных научных направлений института большое влияние имели также интересы народного хозяйства. В этой связи значительная часть работ, наряду с развитием теории и методологии исследований, отвечала нуждам народного хозяйства и послужила решению различных прикладных задач: палеомагнитно-стратиграфическая корреляция «немых толщ», установление принципиальных возможностей и особенностей отдельных вопросов прогноза землетрясений в условиях АрмССР, уточнение норм сейсмостойкого строительства, повышение эффективности геологоразведочных работ, выяснение инженерно-геологических, гидрогеологических, горнотехнических и сей-

смиических условий строительных площадок, подземных, атомных и гидротехнических сооружений и т. д.

Институт запустил глубокие корни в Ленинкане и вера его работников в завтрашний день крепка. Это обусловлено последовательной позицией и повседневным вниманием к волнующим вопросам института как со стороны Академии наук Армянской ССР, так и Ленинканского горкома КП Армении и Исполкома Ленгорсовета народных депутатов.

За 25-летний период деятельности института в его организации, в развитии научных направлений, создании научно-технической базы, координации работ и подготовке кадров значительную роль сыграли также президент Академии наук АрмССР, академик В. А. Амбарцумян, директор Института физики Земли АН СССР, академик М. А. Садовский, член-корр. АН СССР Е. В. Карус, Е. Ф. Саваренский, академики АН Груз. ССР: Б. К. Балавадзе, К. С. Заврнев, академики АН АрмССР: А. А. Габриелян, Г. Б. Гарибджанян, А. Г. Иосифьян, И. Г. Магакьян, С. С. Мкртчян, А. Г. Назаров, член-корр. АН УССР В. И. Старостенко, член-корр. АН Груз. ССР М. А. Алексидзе. Ш. Г. Напетваридзе, член-корр. АН АрмССР: А. Т. Асланян, Р. Р. Варшамов, И. Л. Нерсесов, Г. И. Тер-Степанян, профессора: Г. М. Авчян, Е. С. Борисевич, Л. Л. Ваньян, М. П. Воларович, С. С. Дарбинян, Б. К. Карапетян, А. П. Кириллов, В. А. Комаров, Г. Н. Петрова, А. П. Синицын, А. Г. Тархов, К. Ф. Тяпкин, Э. Е. Хачиян, Н. В. Кондорская, Л. С. Чантуршвили, Ю. В. Якубовский, доктора наук: Ц. Г. Акопян, Л. П. Винник, А. Т. Донабедов, В. Н. Жарков, Т. А. Исмаил-заде, Е. П. Леман. Э. И. Пархоменко, А. В. Пушков, Ю. С. Рысс, Д. И. Сихарулидзе, В. М. Фремд, Н. В. Шебалин, кандидаты наук: С. В. Бадалян, С. А. Маркосян, К. Р. Овсепян, Ш. С. Оганисян, А. Т. Оганесян, А. А. Степанян, С. Г. Шагинян, С. А. Шагинян и другие.

В период становления Институт геофизики и инженерной сейсмологии АН АрмССР постоянно ощущал благотворное влияние и помощь Института физики Земли АН СССР и соседей по профилю—Закавказских научно-исследовательских геофизических и инженерно-сейсмологических организаций.

В институте проводятся исследования по следующим проблемам: изучение землетрясений и разработка методов защиты—изучение глубинного строения земной коры и верхней мантии территории республики геофизическими методами; развитие теории и физических основ геофизических методов разведки месторождений полезных ископаемых; исследование механизма и закономерностей развития и проявления эндо-и экзогенных геологических процессов.

Изучение землетрясений и разработка методов защиты. Изучены режим геофизических полей, сейсмичность территории республики и сопредельных районов, характер и условия возникновения сильных землетрясений. Составлены карты сейсмической активности, максимально возможных землетрясений, схема сейсмогенных зон. Изучены напряженно-деформированное состояние земной коры Малого Кавказа, параметры механизма очагов 150 сильных и 500 слабых землетрясений. Разработаны алгоритмы для обработки сейсмической информации и надежности методов определения координат гипоцентров землетрясений. По результатам режимных наблюдений выявлен ряд долгосрочных и краткосрочных предвестников землетрясений (сейсмологических, электромагнитных, магнитных, динамических, биологических и др.— А. М. Аветисян, Л. А. Ахвердян, А. Х. Баграмян, Э. Г. Геодакян, С. О. Игнатосян, Н. К. Карапетян, А. А. Саакян, Г. В. Саркисян и др.).

Изучен характер изменения магнитных параметров пород сейсмоактивных зон Армении под давлением и температурой. Смоделирован магнитоупругий эффект на базальтовых плитах, искусственных водохранилищах и взрывах. Изучены аномалии векового хода геомагнитного поля на профилях, пересекающих глубинные разломы. Резуль-

таты этих исследований доказали возможность регистрации сейсмо-тектономагнитного эффекта в сейсмогенных зонах территории АрмССР. Изучено влияние физико-химических превращений на электропроводность минералов при высоких термодинамических параметрах. Исследованы особенности распространения упругих волн в пьезоэлектрических текстурах пород и сейсмоэлектрический эффект при деформировании и разрушении образцов пород (Л. А. Ахвердян, С. А. Мкртчян, В. В. Нагапетян, С. Р. Оганесян, С. С. Симонян, Т. В. Тоноян и др.).

Изучены строение геологической среды, где подготавливаются землетрясения, геологические условия очаговых зон, палеосейсмодислокация. Составлены каталог сильных землетрясений территории Малого Кавказа, карты общего сейсмического районирования всей территории и детального районирования некоторых частей Армении. Проведено сейсмическое микрорайонирование (СМР) территории ряда городов, гидротехнических сооружений, а также Армянской АЭС. Разработаны методика детального сейсмического районирования (ДСР) с использованием новых геолого-геофизических и пересмотренных сейсмологических и инженерно-сейсмологических данных, методика влияния горного рельефа на уровень сейсмического воздействия. Изучено изменение сейсмической интенсивности от взаимодействия сооружений с грунтами их оснований и между собою при СМР. Разработан ряд методических вопросов сейсмического микрорайонирования (А. Г. Бабаджаниян, Т. О. Бабаян, А. Х. Баграмян, Г. С. Гаспарян, В. Н. Заякин, Б. К. Карапетян, Н. К. Карапетян, С. С. Карапетян, А. Б. Маркарян, Ш. С. Микаелян, С. Н. Назаретян, С. А. Пирузян, С. С. Симонян и др.).

Разработаны метод инженерного анализа сейсмических сил, методика экспериментирования зданий и сооружений с помощью массовых взрывов, новая сейсмическая шкала балльности на инструментальной основе; принципы метода оценки сейсмической интенсивности на основе анализа макросейсмических (количественных) данных, реальных и синтетических акселерограмм. Разработана и реализована методика восстановления записей землетрясений прошлого. Развита методика расчета зданий с учетом локальных разрушений и взаимодействия между сооружением и их основанием при сейсмических воздействиях. Решена обратная задача сейсмостойкости для системы с одной степенью свободы с учетом упруго-пластических деформаций, а также при волновом воздействии землетрясений на грунтовый слой и основания постройки. На основе характеристик акселерограмм предложен приближенный метод определения сейсмической опасности. Составлена новая карта сейсмического районирования территории АрмССР, на которой вместо балльности приведены коллекции акселерограмм (А. Г. Назаров, В. Г. Григорян, С. С. Дарбинян, Б. К. Карапетян, А. Г. Мазманян, Р. П. Мартиросян, Л. А. Мхитарян, М. В. Оганесян, А. Е. Саркисян, К. А. Тоноян, С. О. Хачатрян и др.).

Разработаны теория расширенного подобия твердых деформируемых тел применительно к исследованию строительных конструкций и сейсмостойкости сооружений, метод статистического подобия твердых деформируемых тел к моделированию строительных конструкций на сейсмические воздействия; путем моделирования и по расчетам изучены задачи сейсмостойкости строительных конструкций при динамических и статических нагрузках. Особое внимание уделено методике моделирования и изучению сейсмостойкости атомных электростанций и их отдельных узлов. Разработаны методы сейсмоадаптации реакторов и биозащитных систем АЭС; методика моделирования сейсмической нагрузки, с помощью сейсмозрывных сил; метод генерирования сейсмических волн в низкомодульных материалах для воспроизведения сейсмического воздействия. Разработан также ряд методических вопросов сейсмического микрорайонирования территории строительства ответственных объектов (А. Г. Назаров, Р. О. Амасян, Г. С. Айвазян, А. Г. Арутюнян, К. Ц. Гомцян, А. В. Минасян, А. А. Мкртчян, В. Л. Мнацаканян, А. С. Мурадян, Д. С. Мхитарян, П. М. Хачатрян, С. А. Шагинян, С. Г. Шагинян).

Полученные результаты в области сейсмологии имеют определенное значение для познания сейсмических процессов в Армении в целях их прогнозирования. Большое научно-практическое значение имеют также результаты оценки сейсмической опасности территории республики, исследования в области инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства.

Институту принадлежит приоритет в создании адекватной теории подобия твердых деформируемых тел. По разработке количественных методов оценки сейсмической интенсивности и методов моделирования и испытания энергетических сооружений при сейсмических воздействиях институт является одним из ведущих в стране.

Академиком АН АрмССР А. Г. Назаровым создана научная школа по инженерной сейсмологии и сейсмостойкости сооружений. Несколько десятков его учеников, работая в разных учреждениях республики и за ее пределами, продолжают развивать идеи своего научного руководителя.

Изучение глубинного строения земной коры и верхней мантии территории республики геофизическими методами. С помощью прямых и отраженных поверхностных волн подробно изучены горизонтальные и вертикальные неоднородности в земной коре и верхней мантии Кавказа; предложена новая детальная карта латеральных скоростных неоднородностей верхней мантии Кавказа. Выявлены крупные литосферные неоднородности субмеридионального направления в отличие от тектонической зональности северо-западного простирания; разработана методика определения глубины разломов на основе изучения изменений амплитудного спектра сейсмических волн в процессе их распространения; установлена ориентация осей главных напряжений в верхних частях земной коры территории республики на основе сейсмологических данных; составлена карта скоростей для глубин 30—60 и 150—200 км. Изучены кинематические и динамические особенности очаговых зон землетрясений Армянского нагорья (Р. А. Аветисян, А. Х. Баграмян, Б. Ц. Еремян, К. А. Закарян, Э. М. Микаелян, М. Б. Мкртчян, С. Н. Назаретян). Составлена карта разломов территории Армянской ССР по геофизическим данным в масштабе 1:200.000; рельефа глубинных границ земной коры (кристаллического фундамента Конрада, Мохоровичича) по геофизическим данным в масштабе 1:500.000, установлены закономерности размещения глубинных разломов; изучено глубинное строение неовулканических и офиолитовых зон; определены размеры и глубины залегания магматических очагов, питающих вулканы; выделено несколько электропроводящих слоев в земной коре и верхней мантии (на глубинах 20, 50, 260, 450 км). Установлены горизонтальные движения блоков земной коры по некоторым разломам широтного и северо-восточного направления. Разработан двойственный метод некорректного решения нелинейных обратных задач гравиметрии и магнитометрии. Разработана методика создания гравитационных и магнитных моделей земной коры с учетом сферичности Земли. Установлена связь между неприливыми изменениями силы тяжести и современными вертикальными движениями земной коры на геодинамических полигонах (А. Г. Бабаджанян, М. С. Бадалян, Д. С. Григорян, А. Г. Манукян, Ш. С. Оганисян, С. М. Оганесян, А. О. Оганесян, Л. Б. Оганесян, М. Г. Оганесян, А. М. Полонский).

Изучение магнитных и палеомагнитных характеристик вулканогенных, вулканогенно-осадочных и осадочных пород дало возможность применить магниторазведку и палеомагнетизм для геологического картирования в условиях широкого распространения изверженных пород (Ц. Г. Акопян). Впервые в Армении создана палеомагнитная школа. Составлена палеомагнитно-стратиграфическая шкала мезокайнозой территории АрмССР, определены местоположения палеомагнитных полюсов и величины напряженности палеополя, которые включены в мировые сводки палеомагнитных данных. На молодых осадочных породах выявлены вековые изменения палеополя и экскурсы, которые сопо-

ставляются с мировыми данными (Ц. Г. Акопян, А. А. Вартамян, А. К. Караханян, Дж. Минасян, Т. А. Сирунян и др.).

Полученные результаты в первую очередь подтвердили сложность строения земной коры и верхней мантии Малого Кавказа, позволили пересмотреть ряд положений классической геологии, дали возможность построить модели глубинного строения. Многие из них имеют важное практическое значение для сейсмораионирования и поисков месторождений полезных ископаемых.

Ряд результатов получен путем оригинальных исследований—определения глубины разломов по спектрам сейсмических волн, выделения сейсмогенных зон с учетом дифференцированности разломов, установления горизонтальных движений геоблоков по характеру потенциальных полей, определения глубины залегания и размеров магматических очагов по магнитным данным и др. Ведутся оригинальные теоретические работы по созданию эффективных алгоритмов решения прямых и обратных задач геофизики. Приоритет разработки ряда задач математической теории интерпретации геопотенциальных полей (учет сферичности Земли, решение некорректных задач и др.) принадлежит Институту геофизики АН УССР и ИГИС АН АрмССР.

Развитие теории и физических основ геофизических методов разведки месторождений полезных ископаемых. Предложена методика геофизических исследований рудных месторождений, разработаны подземные варианты естественного электрического поля вызванной поляризации, сверхдлинноволнового радиокипа. На новый научный уровень поднят метод блуждающих электрических токов. Разработаны комплексная методика изучения физических параметров и физико-геологической оценки основных типов рудных месторождений АрмССР, рациональная методика разведки рудных месторождений республики, метод скоростного акустического каротажа, методика анализа гетерогенных сред рентгенорадиометрическим методом, методика изучения электропроводности и магнитной проницаемости рудных объектов при работе методом переходных процессов. Развита теория электромагнитного каротажа в средах с цилиндрическими поверхностями раздела пород, методика подсчета запасов железорудных месторождений магнитометрическими данными, гравиметрический метод изучения геологического строения рудных месторождений. Разработана методика комплексных исследований параметров ВП, включающая их быстрые переходные процессы (С. М. Аветисян, Г. В. Арутюнян, С. В. Бадалян, Г. М. Ванцян, Г. О. Газарян, В. Б. Гамоян, З. В. Гарибян, В. М. Геворкян, М. Г. Геворкян, Д. С. Григорян, С. С. Казарян, А. Б. Немировский, Р. В. Овсепян, А. А. Тамразян, С. В. Фараджян, Ф. М. Фиданян и др.).

Теоретические разработки повышают поисковые и разведочные возможности электроразведочных методов, а результаты практического применения разработанных методов позволили решить задачи поисково-разведочного характера почти во всех изучаемых рудных месторождениях АрмССР. Оригинальность проведенных исследований заключается в том, что разработка новых и развитие старых разведочных методов велись с учетом подземных (шахтных) условий. В этом направлении институт является одним из ведущих в стране. Институту принадлежит приоритет в развитии комплекса подземных электроразведочных методов, а также метода блуждающих токов.

Исследование механизма и закономерностей развития и проявления эндо-и экзогенных геологических процессов. Разработана теория глубинной ползучести склонов, имеющая большое значение при прогнозировании возникновения и развития оползней; разработаны схемы приборов для испытания грунтов на прочность; изучены строение и динамика ряда оползневых районов в республике и за ее пределами: установлены связи между реологическими свойствами грунтов и глубинной ползучестью склонов с целью оценки инженерно-геологических условий территорий, приуроченных к горным и предгорным районам республики и предусмотренных под строительство гражданских и

промышленных сооружений, разработана методика комплексных геофизических исследований. Методами сейсмоакустики установлены критерии оценки составляющих полей напряжений в верхних частях земной коры, изучено глубинное строение карстовых пещер Ехегнадзорского района. В целях охраны геологической среды от воздействия различных геологических процессов (оползни, обвалы, сели и др.), наносящих колоссальный урон народному хозяйству республики, разрабатывается специальная методика геофизических наблюдений за динамикой развития геологической среды и ее компонентов во времени и пространстве, а также способы прогнозирования этих изменений, зависящих от природных и техногенных факторов (А. П. Аракелян, Г. О. Газарян, Р. К. Гаспарян, С. Р. Пайлеванян, Г. И. Тер-Степанян).

Приоритет в создании теории глубинной ползучести склонов принадлежит зав. лабораторией института члену-корр. АН АрмССР Г. И. Тер-Степаняну. Она имеет большое теоретическое и прикладное значение. Разработанная методика геофизических исследований по охране геологической среды будет использована при создании специальных геодинамических полигонов на территории республики. Эти исследования станут составной частью общей информационной системы «Литомониторинг Армянской ССР», создание которой предусмотрено до 2000 года.

Научное приборостроение. В ОКБ ИГИС АН АрмССР (1967—1976 гг.) организовано производство многомаятниковых сейсмометров ИГИС, сейсмоприемников балльности СБМ-1, инженерно-сейсмических осциллографов ИСО-2, гальванометров ГБ-Г, ГБ-IV, сейсмометров ВБП. ОКБ являлось единственным поставщиком целого ряда приборов (осциллографы ИСО-2М, гальванометры ГБ, сейсмометры ОСП и др.). В последующем ОКБ осуществляло разработку новых приборов: автоматический сейсмический электрографический осциллограф АСЭО-1; установка типа «СИАЗ», предназначенная для автоматического включения сигнала на аварийную установку реактора Армянской атомной электростанции; инженерно-сейсмический осциллограф, модернизированный и герметичный, марки ИСО-2МГ, сейсмометр малогабаритный СМ-3; автономная донная сейсмическая станция АДС-1 и др. ОКБ выпустило электроразведочный прибор блуждающих токов (С—01) и аппаратуру для ранней стадии вызванной поляризации РС ВП. Сейсмическая аппаратура производства Ленинаканского ОКБ дважды демонстрировалась на международных выставках (в Москве и Риме) и удостоилась внимания специалистов. В научных подразделениях института разрабатывались скважинный зонд СЗ-1, электронный имитатор, рентгенорадиометрический анализатор, аппаратуры по методу блуждающих токов, самоходный скважинный зонд, тарировочный механический стенд, одноканальная телеметрическая система, полевой измеритель физических свойств, однокомпонентный датчик ускорения, различные установки и др.

Внедрение научных результатов в производство. Составлены карта сейсмического районирования территории АрмССР в масштабе 1:2.500.000 (как составная часть общесоюзной карты), карта детального сейсмического районирования в масштабе 1:500.000 для отдельных регионов республики; даны рекомендации Госстрою АрмССР для планирования сейсмостойкого строительства в республике. Составлены карты сейсмического микрорайонирования (СМР) территории водохранилищ на реках Вохчи, Гехи, Воротан, Мармарик, Гер-Гер, Азат, Егвард, Чичхан, Ардон (Сев. Осетинская АССР) и др., переданы Армянскому отделению «Гидропроект» и внедрены в производство. Горьковскому отделению Института «Теплоэлектропроект» (ГОТЭП) переданы результаты исследований сейсмической опасности территории строительства Армянской атомной электростанции. Выполнены работы по сейсмическому микрорайонированию территорий городов Еревана, Ленинакана, Дилижана, Чаренцавана, Кафана, и поселков городского типа Масис и Арзни. Госстроем АрмССР утверждены карты СМР этих городов и переданы в проектные организации республики для практической

го использования. Выданы рекомендации также по нормированию взрывов в карьерах с учетом их сейсмозрывного воздействия.

Выполнены испытания моделей строительных конструкций различных типов гидротехнических сооружений (плотин и отдельных блоков атомных электростанций) на платформе ВП-100М и в натуре при сейсмозрывном воздействии. Нормативные документы внедрены в работу проектных и строительных организаций в качестве практических указаний по использованию антисейсмических мероприятий.

На горнорудных предприятиях республики внедрена разработанная институтом комплексная методика геофизической разведки рудных месторождений. Она способствовала повышению эффективности геологоразведочных работ по выявлению и прослеживанию неизвестных зон с промышленным содержанием искоемых элементов благородных, редких, цветных и черных металлов, установила перспективы развития этих месторождений в глубоких горизонтах и на флангах, снизила затраты на проведение горнопроходческих работ и определила направление дальнейших геологоразведочных работ на этих месторождениях.

Институтом на основании инженерно-геофизических изысканий научным, проектным и производственным организациям выдан ряд практических рекомендаций по уточнению перспективных участков для застройки городов, по решению отдельных вопросов инженерно-геологического характера для целей сейсмического микрорайонирования, а также по изучению горно-технических условий горных выработок гидротехнического и транспортного назначения.

В настоящее время лабораторно-экспериментальная база ИГИС АН АрмССР представлена основным корпусом с лабораторными помещениями, лабораторией по изучению физических свойств пород и руд, вычислительным центром с ЭВМ Минск-22, лабораторией моделирования с вибро-платформой ВП-100М, эластической платформой и прессовым хозяйством (МУ-50, УММ-100, «Шопер-МПП-20» и др.), 14-ю сейсмическими станциями, пятью геофизическими станциями, девятью инженерно-сейсмометрическими станциями на зданиях гор. Лениакана и девятью пунктами регистрации сильных землетрясений. Имеется ряд специализированных серийных электроразведочных, гравиметрических, сейсморазведочных станций и т. д.

По ряду направлений достижения ИГИС признаны в стране: палеомагнетизм, подземная рудная геофизика, количественная оценка сейсмической интенсивности, решение обратных задач гравиметрии и магнитометрии, сейсмостойкость атомных электростанций, изучение магнитных предвестников прогноза землетрясений, изучение глубинной ползучести оползней и другие.

В институте в настоящее время ведутся исследования по 23 темам, при этом все они выполняются или по общесоюзной программе, или же согласно координационным программам АН СССР. Помимо этого институт выполняет также работы согласно Постановлениям СМ Армянской ССР и другим директивным указаниям. Примерно 30% тем выполняются совместно с ИГи АН АрмССР и ЕГУ, ЕрПИ. Институт выполняет совместные темы с внереспубликанскими организациями—ГЕОХИ АН СССР, ИГ АН Груз. ССР, ИФЗ АН СССР. В порядке научного сотрудничества выполняются работы с ИГ АН Укр. ССР, ИФЗ АН СССР, ИГ АН Азерб. ССР и ИГ АН Груз. ССР, ИЗК СО АН СССР, ЗабНИИ МГ СССР, ИМ СО АН СССР.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии АН АрмССР, как головная организация по проблеме прогноза землетрясений, координирует деятельность следующих организаций по данной проблеме: ИГи АН АрмССР, СКБ НКГСПС АН АрмССР, СОКТИ АН АрмССР, ЕГУ, ЕрПИ, АрмНИИ ГЕОХИ АН СССР, АрмНИИОССС АЭС, Институт «АТЭП» Минэнерго СССР, АрмНИИСиА Госстроя АрмССР, Управление геологии АрмССР, АрмГИГИиС.

В библиотеке института насчитывается около 40 тысяч печатных единиц, в том числе порядка 10 тыс. единиц книг. Значительно улучшилась патентная работа в институте. За последние два года (1985—

1986 г.) получено 7 авторских свидетельств на изобретение. В институте работают 44 канд. наук и один член-корр. АН АрмССР. Ежегодный рост кандидатов наук составляет 3—5 человек. Сотрудниками института за период с 1981—1986 гг. опубликовано 37 монографий и 24 сборника статей.

Научные сотрудники института участвовали во многих научных совещаниях, сессиях, конференциях, симпозиумах, проводившихся в различных городах страны и выступали с докладами. Для чтения докладов и выступления с лекциями, а также для проведения совместных работ, обмена опытом и с целью ознакомления с методами работы зарубежных научных центров научные сотрудники ИГИС побывали в ГДР, ЧССР, Венгрии, Румынии, Польше, Болгарии, Югославии, Японии, Турции, Италии, Франции, Люксембурге, США, Англии.

За достигнутые успехи в развитии геофизики и инженерной сейсмологии и за подготовку высококвалифицированных кадров Указом Президиума Верховного Совета СССР от 13 марта 1969 года ИГИС АН АрмССР награжден Орденом Трудового Красного Знамени. Успехи института отмечены также дипломами торгово-промышленной палаты ВДНХ Армянской ССР. В 1976 году на базе Особого конструкторского бюро института создан второй в Ленинкане академический очаг науки—Специальный опытно-конструкторский технологический институт. В 1979 году на базе сейсмической сети института организована Опытно-методическая сейсмопрогностическая экспедиция на самостоятельном балансе. В 1981 г. в пос. Гарни на площадях Гарнийской геофизической обсерватории ИГИС АН АрмССР организовано Специальное конструкторское бюро по созданию наземно-космической геофизической сейсмопрогностической системы.

В настоящее время Институт геофизики и инженерной сейсмологии является самым крупным академическим учреждением, расположенным на «реальной» периферии (Академические институты, находящиеся в Аштаракском, Абовянском, Эчмиадзинском и др. районах, расположены в пределах агломерации г. Еревана).

Придерживаясь курса неуклонно повышать эффективность научно-исследовательских работ и ускорить внедрение их результатов в производство, Институт геофизики и инженерной сейсмологии достиг значительных результатов, имеющих важное теоретическое и практическое значение.

За пятью пятилетками существования института следует новая, двенадцатая пятилетка, в которой историческим документом «Основные направления экономического и социального развития СССР за 1986—1990 годы и на период до 2000 года» придается серьезное значение как совершенствованию методов прогнозирования погоды и других явлений природы, осуществлению комплексных мероприятий по борьбе со стихийными бедствиями, так и развитию передовых геофизических методов исследования недр.

Коллектив института полон решимости приложить все усилия для выполнения программ, намеченных историческими решениями XXVII съезда КПСС в области наук о Земле, способствуя тем самым научно-техническому прогрессу страны.

Ս. Վ. ԲԱԴՍՅԱՆ

ԵՐԿՐԱՅԻՋԻՎԱՅԻ ԵՎ ԻՆՃԵՆԵՐԱՅԻՆ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԱԲԱՆՈՒԹՅԱՆ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ
(ՀԻՄՆԱԳՐՄԱՆ 25-ԱՄՅԱԿԻ ԱՌԹԻՎ)

Ս. մ փ ո փ ու մ

Հողվածում բերված է Ինստիտուտի պատմության համառոտ շարադրանք, գիտական ուղղութիւնների զարգացման ընթացքը Ինստիտուտի գոյության 25 տարում: Ներկայացված են այն գիտական բնագավառները, որոնց

ուղղությամբ ինստիտուտը առաջատար տեղ է գրավում երկրում, ցույց է տրված առաջատար գիտնականների դերը հիմնարար գիտական ուղղությունների զարգացման գործում, համառոտակիրեն շարադրված են ինստիտուտի ձեռք բերած կարևորագույն գիտական նվաճումները և տեղեկություններ են բերված արտադրության մեջ գիտական արդյունքների ներդրման, գիտական կադրերի պատրաստման, լարորատոր-փորձարարական բազայի ստեղծման, գիտական կապերի զարգացման և, ընդհանրապես ինստիտուտի գիտակազմակերպչական գործունեության մասին: Ելնելով ՍՄԿԿ 27-րդ համագումարի որոշումներից, նշված են երկրաֆիզիկական և երկրաշարժաբանական գիտությունների զարգացման հիմնական տեղեկանքները:

S. V. BADALIAN

THE INSTITUTE OF GEOPHYSICS AND ENGINEERING SEISMOLOGY (TO THE 25th ANNIVERSARY OF FOUNDATION)

A b s t r a c t

The brief history of the Institute as well as the process of its activity different scientific branches development are brought in this paper. There are emphasized the scientific aspects which provide the leading role of the Institute in our country and the activity of scientists whose fundamental investigations are of a great interest. The general scientific achievements are represented as well as some information on the inculcation of scientific investigations results into the production spheres, the training of the scientific personnel, the arrangement of the experimental basis, the development of scientific relations and scientific-organizing activity on the whole is brought. Proceeding from the resolutions of the 27th Congress of CPSU the general tendencies of geophysical and seismological sciences development are pointed out.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1986 XXXIX, № 5, с. 11—17.

УДК:550.312:550.831

А. Х. БАГРАМЯН, А. М. АВETИСЯН, М. Б. МКРТЧЯН, К. А. ЗАКАРЯН

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕЛЕСЕЙСМИЧЕСКИХ Р-ВОЛН ПО ЗАПИСЯМ СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ АРМЯНСКОЙ ССР

В настоящей работе выявлены средние станционные поправки—систематические отклонения времен пробега продольных сейсмических волн от стандартного годографа Джеффриса-Буллена для сейсмических станций Армении от удаленных землетрясений из различных азимутов. В результате получения поправок установлено существование различия в значениях поправок для разных сейсмоактивных районов, построена схема скоростных аномалий в виде карты скоростных вариаций в верхней мантии.

Построена теоретическая модель, с помощью которой можно оценить эффективность метода выявления невязок.

Проблема точного определения координат гипоцентров тесно связана с изучением особенностей времен пробега сейсмических волн.

Применение электронно-вычислительных машин в сейсмической службе дало возможность помимо сведений о координатах гипоцентра получить сейсмические отклонения времен пробега первых вступлений продольных волн от стандартного осредненного годографа Джеффриса-Буллена, то есть среднестанционные невязки [10]. Невязки представляют собой интегральный эффект особенностей и свойств строения среды очаговых зон, трасс прохождения сейсмических лучей скоростных неоднородностей земной коры и верхней мантии под группой регистрации.

ուղղությամբ ինստիտուտը առաջատար տեղ է գրավում երկրում, ցույց է տրված առաջատար գիտնականների դերը հիմնարար գիտական ուղղությունների զարգացման գործում, համառոտակիրեն շարադրված են ինստիտուտի ձեռք բերած կարևորագույն գիտական նվաճումները և տեղեկություններ են բերված արտադրության մեջ գիտական արդյունքների ներդրման, գիտական կադրերի պատրաստման, լարորատոր-փորձարարական բազայի ստեղծման, գիտական կապերի զարգացման և, ընդհանրապես ինստիտուտի գիտակազմակերպչական գործունեության մասին: Ելնելով ՍՄԿԿ 27-րդ համագումարի որոշումներից, նշված են երկրաֆիզիկական և երկրաշարժաբանական գիտությունների զարգացման հիմնական տեղեկանքները:

S. V. BADALIAN

THE INSTITUTE OF GEOPHYSICS AND ENGINEERING SEISMOLOGY (TO THE 25th ANNIVERSARY OF FOUNDATION)

A b s t r a c t

The brief history of the Institute as well as the process of its activity different scientific branches development are brought in this paper. There are emphasized the scientific aspects which provide the leading role of the Institute in our country and the activity of scientists whose fundamental investigations are of a great interest. The general scientific achievements are represented as well as some information on the inculcation of scientific investigations results into the production spheres, the training of the scientific personnel, the arrangement of the experimental basis, the development of scientific relations and scientific-organizing activity on the whole is brought. Proceeding from the resolutions of the 27th Congress of CPSU the general tendencies of geophysical and seismological sciences development are pointed out.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1986 XXXIX, № 5, с. 11—17.

УДК:550.312:550.831

А. Х. БАГРАМЯН, А. М. АВETИcЯН, М. Б. МКРТЧЯН, К. А. ЗАКАРЯН

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕЛЕСЕЙСМИЧЕСКИХ Р-ВОЛН ПО ЗАПИСЯМ СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ АРМЯНСКОЙ ССР

В настоящей работе выявлены средние станционные поправки—систематические отклонения времен пробега продольных сейсмических волн от стандартного годографа Джеффриса-Буллена для сейсмических станций Армении от удаленных землетрясений из различных азимутов. В результате получения поправок установлено существование различия в значениях поправок для разных сейсмоактивных районов, построена схема скоростных аномалий в виде карты скоростных вариаций в верхней мантии.

Построена теоретическая модель, с помощью которой можно оценить эффективность метода выявления невязок.

Проблема точного определения координат гипоцентров тесно связана с изучением особенностей времен пробега сейсмических волн.

Применение электронно-вычислительных машин в сейсмической службе дало возможность помимо сведений о координатах гипоцентра получить сейсмические отклонения времен пробега первых вступлений продольных волн от стандартного осредненного годографа Джеффриса-Буллена, то есть среднестанционные невязки [10]. Невязки представляют собой интегральный эффект особенностей и свойств строения среды очаговых зон, трасс прохождения сейсмических лучей скоростных неоднородностей земной коры и верхней мантии под группой регистрации.

Задачей нашей работы является выявление стационарных невязок (поправок) для сейсмических станций АрмССР от землетрясений некоторых сейсмоактивных районов земного шара: Алеутских и Курильских островов, Индонезии, Средиземного моря.

Для исследования среднестанционных поправок нами выбраны следующие 12 сейсмических станций, охватывающих территорию Армянского нагорья: «Бавра», «Варденис», «Гарни», «Горис», «Ереван», «Каджаран», «Кармракар», «Кировабад», «Ленинакан», «Мецамор», «Нахичеван», «Степанаван».

Использовались данные около 500 землетрясений Алеутских и Курильских островов, Индонезии и Средиземного моря за период 1975—1981 гг. с $M > 5$ с различной глубиной очага в земной коре [9].

Поправки $f_k(t)$ вычислялись по следующей формуле:

$$f_k(t) = t_{0,95} - t(x_i, y_j), \quad (1)$$

где $t(x_i, y_j)$ — теоретическое значение времени пробега по годографу Джеффриса-Буллена [13], который в дальнейшем условно будем обозначать Д-Б; $t_{0,95}$ — время пробега волны P по сейсмограмме.

Величина f для i -той станции и j -того землетрясения получается в результате определения параметров эпицентра по специальной программе.

Отдельно для каждой станции вычислялись и строились кривые распределения поправок; средняя станционная поправка \bar{f} определялась как среднеарифметическая:

$$\bar{f} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n f_k, \quad (2)$$

где n — общее число наблюдений для данной станции.

Основные характеристики анализа поправок проводились в соответствии с распределением Стюдента [11]. Кривые распределения невязок времен пробега P-волн к годографу Д-Б для сейсмических станций АрмССР приводятся на рис. 1.

В табл. 1 приведены осредненные значения величины поправок по всем районам отдельно для каждой станции.

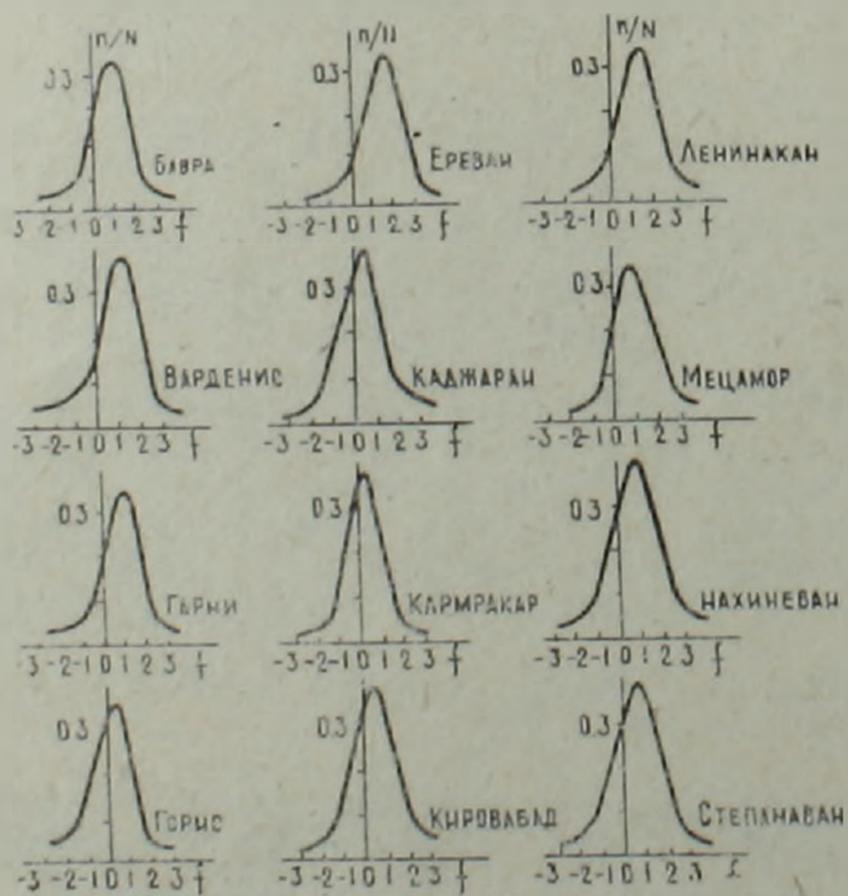


Рис. 1. Осредненные кривые распределения поправок по отдельным станциям для всех районов.

Осредненные величины поправок по всем районам

№ пп.	Станция	Число случаев	\bar{f}_c	Доверительный интервал $\pm s$	Эмпирическая дисперсия df	$\frac{n_{max}}{N}$
1	Бавра	207	0,87	0,13	1,19	0,36
2	Варденис	246	1,05	0,11	1,05	0,42
3	Гарни	187	0,92	0,13	1,09	0,38
4	Горис	333	0,2	0,08	0,9	0,37
5	Ереван	358	1,17	0,09	1,05	0,35
6	Каджаран	253	0,42	0,11	1,04	0,41
7	Кармракар	177	0,37	0,12	0,93	0,39
8	Кировабад	336	0,52	0,09	1,02	0,40
9	Ленинакан	291	1,3	0,1	1,0	0,36
10	Мецамор	244	0,82	0,11	1,09	0,38
11	Нахичеван	269	0,67	0,12	1,23	0,42
12	Степанаван	458	0,8	0,08	1,02	0,41

Это \bar{f} — среднестанционная поправка, N — число случаев, df — эмпирическая дисперсия, доверительный интервал, n_{max} — характеризующее максимальное число наблюдений вблизи моды.

Значение \bar{f} для каждой станции указывает на систематическое отклонение времени пробега сейсмических волн до данной станции по сравнению с годографом Д—Б.

В результате все рассмотренные нами станции имеют положительные поправки, то есть времена пробега Р-волн больше, следовательно, скорости ниже. Здесь тоже можно выделить группу станций, у которых средние поправки сравнительно небольшие (слабо положительные) и скорости времен пробега волн Р близки к теоретическим. Это станции «Горис», «Кармракар», «Каджаран», «Кировабад». Станции «Ереван», «Гарни», «Ленинакан», «Бавра», «Варденис», «Мецамор» имеют большие поправки по сравнению с теоретическим годографом.

По всей вероятности, такое поведение невязок связано со строением и состоянием земной коры и мантии в районе станции. На основе полученных невязок времен пробега Р-волн построена схема скоростных аномалий верхней мантии Армянского нагорья (рис. 2).

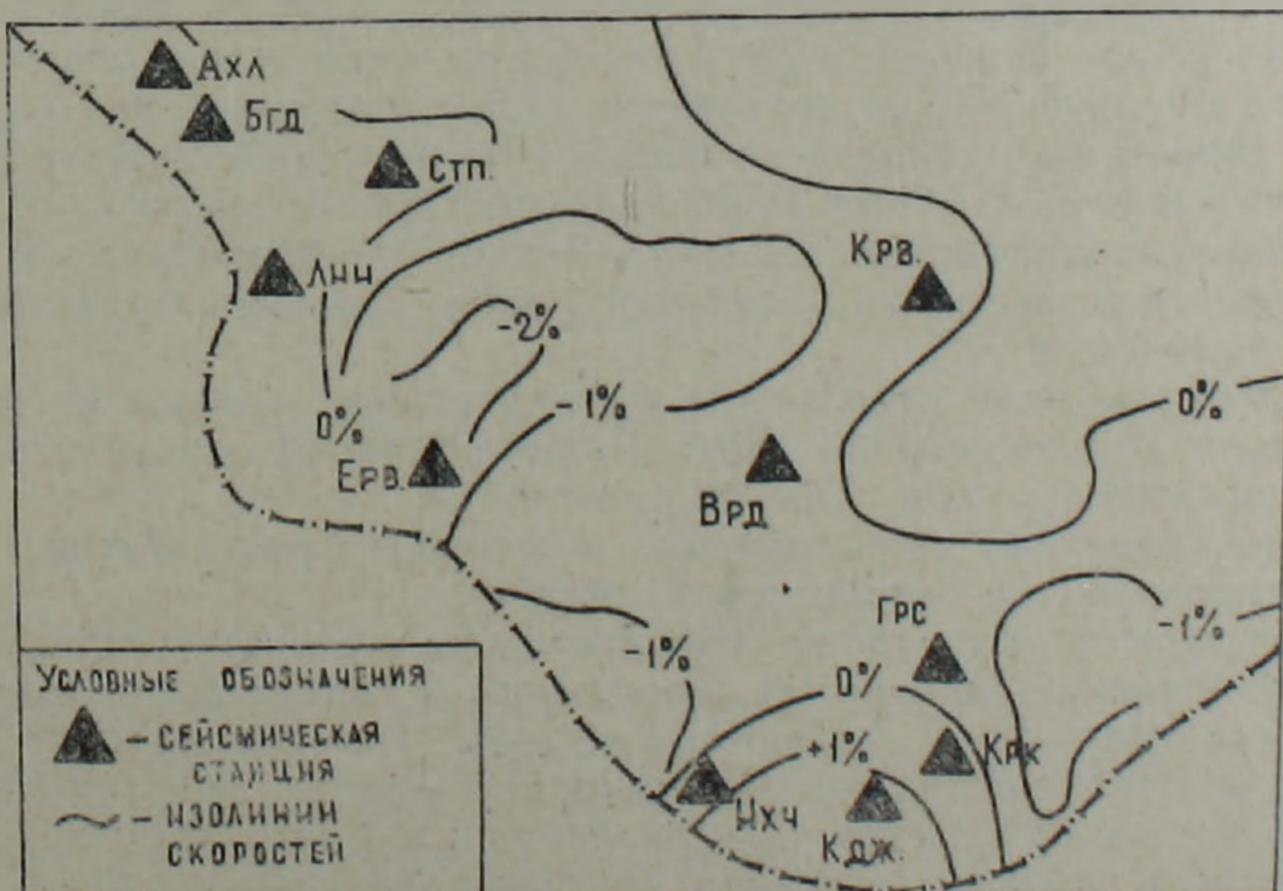


Рис. 2. Карта скоростных неоднородностей Р-волн в верхней мантии Армянского нагорья.

Построение карт скоростных вариаций в верхней мантии осуществлено графоаналитическим методом картирования неоднородностей, подробно описанным в [8] и развитым в [3, 7].

Эффективность выявления скоростных аномалий по кинематическим данным существенным образом зависит в основном от следующих факторов:

1. От точности измерений, вступлений Р-волн.
2. От систематических ошибок определений параметров очага.
3. От горизонтальных изменений мощности и скоростного разреза коры.

При методике, использованной в работе, влияние ошибок определений параметров очага устраняется.

После устранения эффекта мощности земной коры путем введения соответствующих поправок при априорных сведениях о строении коры под данной станцией [4], полученные невязки используются для выявления скоростных аномалий.

Процедура составления схемы скоростных неоднородностей в верхней мантии сводится к следующим положениям. Согласно принятой сферически симметричной модели строится сейсмический луч со средним эпицентральной расстоянием в данном азимутальном секторе, который, пересекая контактную поверхность, т. е. заданную нами глубину проецирования неоднородностей, дает горизонтальную протяженность—снос луча, вычисляемую по формуле из [6]. Таким образом, значения невязок δt_{ij} , сведенные к подошве коры, оказываются смещенными по горизонтали на расстоянии от станции, соответствующем сносу лучей. В результате этих процедур получаем числовое поле $\delta t(x, y)$, которое сглаживается в скользящем по плоскости квадрата. Сглаженные значения непрерывной функции $\delta t(x, y)$ приписываются к середине слоя на глубине h —глубине проецирования h , согласно формуле

$$\delta t(x, y)/t_0 = -\delta v(x, y)/v_0,$$

где t_0 и v_0 —время пробега и среднелучевая скорость в исходной модели слоя преобразовываются во флуктуации скоростей.

Карта аномалий времени пробега Р-волн построена методом сглаживания с подвижным квадратом со стороной в 50 км при шаге сглаживания в 50 км. Используя [14], где время пробега продольной волны в слое глубиной в 150 км составляет 31,6 с, получаем, что изменение средней скорости в данном слое на 1% создает невязку времени пробега величиной в 0,32 с для Р-волн. Исправленные среднеквадратические отклонения составляют 0,2 с для Р-волн, что позволяет построение карт скоростных вариаций в верхней мантии Кавказа с шагом проведения изолиний в 1%.

Полученные нами результаты положительных невязок времен пробега Р-волн, отраженные на карте, свидетельствуют о низкоскоростном характере этих волн в верхней мантии.

Нами проведено сопоставление полученных результатов с геолого-геофизической характеристикой региона.

Исследуемая территория, представленная сложнопостроенной системой альпийских складчатых сооружений, в структурном плане четко делится на следующие тектонические зоны: мегантиклинорий Малого Кавказа и Средне-Араксинский межгорный прогиб. Эти тектонические зоны расчленяются поперечными разломами и флексурами разной протяженности и глубины залегания, создавая тем самым сложную раздробленную структуру [5]. При сравнении тектонической схемы с картой скоростных неоднородностей наблюдается корреляционная связь между полученными нами среднестанционными невязками и геологическим строением земной коры в районе станции. Положительная невязка для сейсмических станций Армении, т. е. пониженные скорости продольных Р-волн по сравнению с географом Д—Б, по-видимому,

характеризуется интенсивным развитием новейшего вулканизма исследуемого региона, а в районах активных тектонических движений с неустойчивым геосинклинальным режимом, в пределах области молодого вулканизма, земная кора более раздроблена и насыщена магматическими породами, вследствие чего наблюдается низкая скорость прохождения сейсмических волн. В юго-восточной части Средне-Араксинского межгорного прогиба наблюдается некоторое повышение скорости пробега Р-волн по сравнению с северо-западной частью. Это объясняется наличием в этой области андезито-дацитовых формаций. По данным других авторов, здесь наблюдается уплотнение пород в недрах Земли, и скорости распространения волн сравнительно выше [2].

Проведено сопоставление распределения теплового потока на Малом Кавказе с результатами исследований [12]. Для исследуемой территории в целом наблюдается высокая корреляция между положительными значениями невязок времени пробега продольных волн, повышенными значениями теплового потока и низкоскоростным характером верхней мантии.

Обычно в распределении теплового потока отображаются особенности и свойства верхних этажей земной коры, но не исключена возможность проявления теплового режима и более глубоких слоев.

Нами была построена также в первом приближении теоретическая модель оценки эффективности методов распределения невязок. Оценка точности вышеуказанных методов оценивается с помощью численного моделирования очага, описанного в работе [1]. Как модель среды рассматривается очаг с точечным источником с любым заданным распределением скоростей и исследуется изменение времени пробега сейсмических волн с лучевым приближением. Одну из станций наблюдательной системы сейсмической сети выбираем как опорную и предполагаем, что между опорной и остальными станциями среда имеет блоковую структуру, т. е. в разных блоках имеем разные скорости.

Вычисление производится по следующей схеме.

Задаются координаты условных точек очага (φ, λ, h) и по формуле

$$\Delta_i = 2R \arcsin \sqrt{\frac{1 - \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos \Delta \lambda - \sin \varphi_1 \sin \varphi_2}{2}},$$

где R — радиус Земли, φ_1, φ_2 — широты, $\Delta \lambda$ — разность долготы, вычисляется расстояние Δi от очага до i -ой станции. В дальнейшем по теоретическому географу вычисляем времена пробега сейсмических волн до каждой i -ой станции по формуле

$$t_i(\Delta i) = \frac{1}{a} \ln(\omega + \sqrt{\omega^2 - 1}),$$

где

$$\omega = \frac{\Delta i^2 a^2 + b^2 + (b + ah)^2}{2b(b - ah)}$$

где a, b — компоненты скорости, h — глубины очага.

В дальнейшем для любой станции, отличной от опорной, вычисление производится по двум этапам: сначала вычисляем время до опорной станции, а потом от опорной до каждой i -ой станции. Время пробега до i -ой станции будет $t = t_{om} + t_i$.

Таким образом получаем совокупность данных, эквивалентную наблюдениям.

Следовательно, можно заключить, что:

1. Ряд сейсмических станций Армении имеет систематические отклонения времен пробега Р-волн от осредненного стандартного географа Джеффриса-Буллена.

2. Фактически существуют различия в значениях поправок для отдельных сейсмоактивных районов, выявлены станции, дающие отклонения от годографа Джеффриса-Буллена как в сторону сравнительно больших значений времен пробега, так и в сторону меньших значений.

3. Построена схема скоростных аномалий в виде карты скоростных вариаций в верхней мантии.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии АН Армянской ССР

Поступила 23.VI.1986.

Ա. Խ. ԲԱԴՐԱՄՅԱՆ, Ա. Մ. ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ, Մ. Բ. ՄԿՐՏՉՅԱՆ, Կ. Ա. ԶԱԿԱՐՅԱՆ
ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ՍԵՅՍՄԻԿ ԿԱՅԱՆՆԵՐԻ ԳՐԱՆՑԱԾ ՏԵԼԵՍԵՅՍՄԻԿ
P-ԱԼԻՔՆԵՐԻ ԿԻՆԵՄԱՏԻԿ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հայկական ՍՍՀ սեյսմիկ կայանների նկատմամբ տարբեր ազիմուտներ ունեցող հեռավոր երկրաշարժերի ալիքների գրանցման միջոցով որոշված են միջին կայանային ուղղումներ՝ երկայնակի երկրաշարժային ալիքի վաղի ժամանակի սիստեմատիկ շեղումներ Ջեֆրիսի-Բուլենի ստանդարտ հողոգրաֆից: Ստացված ուղղումների միջոցով տարբեր սեյսմաակտիվ շրջանների համար կառուցված է վերին պատշաճում արագությունների փոփոխման քարտեզը: Կառուցված տեսական մոդելը հնարավորություն է տալիս գնահատելու ուղղումների հայտնաբերման մեթոդի էֆեկտիվությունը:

A. KH. BAGHRAMIAN, A. M. AVETISIAN, M. B. MKERTCHIAN, K. A. ZAKARIAN

THE TELESEISMIC P—WAVES KINEMATIC PECULARITIES
ACCORDING TO THE ARMENIAN SSR SEISMIC
STATIONS RECORDS

A b s t r a c t

The mean station corrections i. e. systematic deviations of distant earthquakes with different azimuths longitudinal waves travel times from the Jeffreys-Bullen standard hodograph have been revealed. As a result of obtained corrections a difference between corrections values for various seismoactive regions has been established as well as a velocity anomalies scheme has been drawn up as a map of upper mantle velocity variations. A theoretical model has been compiled which allows to estimate the effectiveness of the method of misclosure revealing.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Аветисян А. М., Добровольский И. П. Об оценке эффективности методом определения координат гипоцентров землетрясений по теоретическим моделям.—ДАН АрмССР, 1982, т. 24, № 2, с. 91—93.
2. Асланян А. Г. Региональная геология Армянской ССР. Ереван: Изд. Айпетрат, 1958. 430 с.
3. Баграмян А. Х., Закарян К. А. Горизонтальные скоростные неоднородности верхней мантии Кавказа.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1982, № 6, с. 65—73.
4. Балавадзе Б. К. и др. Геофизическое исследование земной коры и верхней мантии в области Кавказа.—Геотектоника, 1966, № 3, с. 30—40.
5. Борисов Б. А. и др. Выделение сейсмоопасных зон в альпийской складчатой области. М.: Наука, 1975. 140 с.
6. Буллен К. Е. Введение в теоретическую сейсмологию. М.: Мир, 1966. 460 с.

7. Винник Л. П. и др. Скоростные аномалии верхней мантии Кавказа.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1978, № 7, с. 22—31.
8. Винник Л. П. и др. Количественный анализ скоростных неоднородностей верхней мантии Памиро-Гиндукуша.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1978, № 5, с. 3—16.
9. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный). Обнинск: Институт физики Земли АН СССР, ОМЭ, 1975—1981.
10. Славина Л. Б. Особенности времен пробега Р-волн для станций СССР от землетрясений Тихоокеанского сейсмического пояса. Автореф. дисс. на соискание уч. ст. канд. физ.-мат. наук. М.: 1970. ИФЗ, 20 с.
11. Смирнов И. В., Дукин-Барковский В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. М.: Изд. Наука, 1965. 511 с.
12. Тепловое поле Европы. М.: Мир, 1982. 376 с.
13. Jeffreys H. Seismological tables. Mon. Not R. A. S. 1939, 99.
14. Herrin E. At al seismological tables for P-waves. Bull. Seismolog. America 1968, 58, № 4.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1986, XXXIX, № 5, 17—22.

УДК 550.312:550.831

Ш. С. ОГАНИСЯН, А. О. ОГАНЕСЯН

ПОВТОРНЫЕ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ИЗУЧЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ В СЕЙСМОАКТИВНЫХ РАЙОНАХ АРМЯНСКОЙ ССР

Приводятся результаты комплексных геолого-геофизических и геодезических исследований на Зангезурском геодинамическом полигоне, указывающие на возможность использования данных о неприливых изменениях силы тяжести для изучения деформаций земной коры.

В свете современных представлений причины возникновения современных движений земной коры и изменений геофизических полей связаны с деформационными процессами, происходящими в земной коре и верхней мантии. В связи с этим, одной из задач, которые ставились при исследованиях неприливых изменений силы тяжести на территории Армянской ССР, являлось изучение деформационного состояния структур земной коры, особенно глубинных разломов, роль которых в формировании блокового строения, возникновении современных движений земной поверхности и землетрясений в земной коре безусловно велика.

К настоящему времени накоплен значительный материал по данным повторных гравиметрических измерений на Зангезурском геодинамическом полигоне. Настало время обобщения и подведения некоторых итогов с целью решения конкретных задач, направленных на изучение деформаций земной коры.

Территория Зангезурского геодинамического полигона представляет собой типичный горный район с сильно расчлененным рельефом. Она расположена на стыке двух крупных тектонических структур—Кафанского антиклинория и Ордубадского синклинория, разделенных Хуступ-Гиратахским разломом. В настоящее время на территории полигона заложено 50 долговременных гравиметрических пунктов (ДГП), расположенных на профилях Кафан-Каджаран и Зейва-Аджибаджи, секущих вкрест простирания и по простиранию Зангезурскую сейсмоактивную зону [1].

Изучение неприливых вариаций гравитационного поля на территории Зангезурского полигона ведется систематически, начиная с 1970 года. Высокоточные гравиметрические измерения проводились тремя приборами ГАГ-2. Частота опроса на полигоне—один раз в год.

Благодаря разработанной методике и приемам обработки точность ежегодных измерений достигла от ± 30 до $\pm 20 \cdot 10^{-8}$ м/с² [3]. Получено, что каждое межгодовое расхождение силы тяжести измерено при доверительном интервале $60 \cdot 10^{-8}$ м/с² с доверительной вероятностью от 0,95 до 0,997. Такая высокая точность позволяет утверждать, что

7. Винник Л. П. и др. Скоростные аномалии верхней мантии Кавказа.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1978, № 7, с. 22—31.
8. Винник Л. П. и др. Количественный анализ скоростных неоднородностей верхней мантии Памиро-Гиндукуша.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1978, № 5, с. 3—16.
9. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный). Обнинск: Институт физики Земли АН СССР, ОМЭ, 1975—1981.
10. Славина Л. Б. Особенности времен пробега Р-волн для станций СССР от землетрясений Тихоокеанского сейсмического пояса. Автореф. дисс. на соискание уч. ст. канд. физ.-мат. наук. М.: 1970. ИФЗ, 20 с.
11. Смирнов И. В., Дукин-Барковский В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. М.: Изд. Наука, 1965. 511 с.
12. Тепловое поле Европы. М.: Мир, 1982. 376 с.
13. Jeffreys H. Seismological tables. Mon. Not R. A. S. 1939, 99.
14. Herrin E. At al seismological tables for P-waves. Bull. Seismolog. America 1968, 58, № 4.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1986, XXXIX, № 5, 17—22.

УДК 550.312:550.831

Ш. С. ОГАНИСЯН, А. О. ОГАНЕСЯН

ПОВТОРНЫЕ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ С ЦЕЛЮ ИЗУЧЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ В СЕЙСМОАКТИВНЫХ РАЙОНАХ АРМЯНСКОЙ ССР

Приводятся результаты комплексных геолого-геофизических и геодезических исследований на Зангезурском геодинамическом полигоне, указывающие на возможность использования данных о неприливных изменениях силы тяжести для изучения деформаций земной коры.

В свете современных представлений причины возникновения современных движений земной коры и изменений геофизических полей связаны с деформационными процессами, происходящими в земной коре и верхней мантии. В связи с этим, одной из задач, которые ставились при исследованиях неприливных изменений силы тяжести на территории Армянской ССР, являлось изучение деформационного состояния структур земной коры, особенно глубинных разломов, роль которых в формировании блокового строения, возникновении современных движений земной поверхности и землетрясений в земной коре безусловно велика.

К настоящему времени накоплен значительный материал по данным повторных гравиметрических измерений на Зангезурском геодинамическом полигоне. Настало время обобщения и подведения некоторых итогов с целью решения конкретных задач, направленных на изучение деформаций земной коры.

Территория Зангезурского геодинамического полигона представляет собой типичный горный район с сильно расчлененным рельефом. Она расположена на стыке двух крупных тектонических структур—Кафанского антиклинория и Ордубадского синклинория, разделенных Хуступ-Гиратахским разломом. В настоящее время на территории полигона заложено 50 долговременных гравиметрических пунктов (ДГП), расположенных на профилях Кафан-Каджаран и Зейва-Аджибаджи, секущих вкрест простирания и по простиранию Зангезурскую сейсмоактивную зону [1].

Изучение неприливных вариаций гравитационного поля на территории Зангезурского полигона ведется систематически, начиная с 1970 года. Высокоточные гравиметрические измерения проводились тремя приборами ГАГ-2. Частота опроса на полигоне—один раз в год.

Благодаря разработанной методике и приемам обработки точность ежегодных измерений достигла от ± 30 до $\pm 20 \cdot 10^{-8}$ м/с² [3]. Получено, что каждое межгодовое расхождение силы тяжести измерено при доверительном интервале $60 \cdot 10^{-8}$ м/с² с доверительной вероятностью от 0,95 до 0,997. Такая высокая точность позволяет утверждать, что

полученные изменения между однотипными приращениями силы тяжести за разные годы являются не результатом метрических ошибок измерений, а действительными изменениями гравитационного поля за соответствующие промежутки времени. На полигоне получены материалы, свидетельствующие о взаимосвязи между неприливыми изменениями силы тяжести и современными деформационными процессами, происходящими в зоне Зангезурского глубинного разлома [4].

Проведенный комплексный анализ результатов выявленных изменений силы тяжести и современных вертикальных движений земной коры на территории полигона показывает, что их распределение, в основном, обусловлено распределением деформационных процессов.

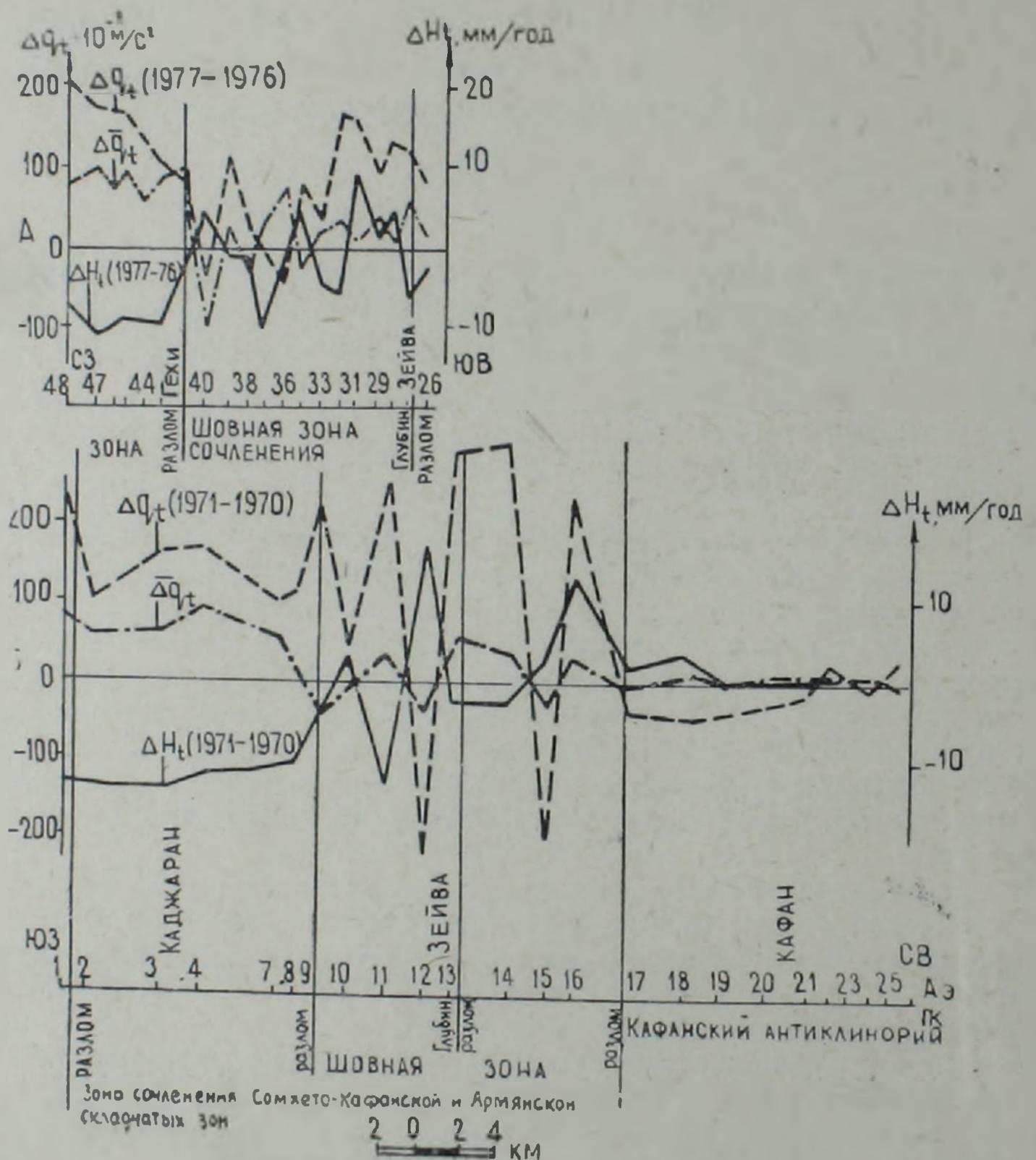


Рис. 1. Графики изменения силы тяжести и скорости современных вертикальных движений вдоль профилей: А) Зейва-Аджибаджи и Б) Кафан-Каджаран. Вертикальные линии—границы участков разных тектонических структур.

Сопоставление кривых Δg_t и ΔH_t (рис. 1) дает основание для отождествления их природы. Кривая ΔH_t довольно точно повторяет кривую Δg_t , но с противоположным знаком, т. е. наблюдается обратный тип соотношений между ними. Это свидетельствует о наличии корреляционной связи $\Delta g_t \approx -\Delta H_t$, отражающей какую-то общность деформационных процессов, обуславливающих как современные вертикальные движения земной коры, так и неприливые вариации силы тяжести.

Наблюдается определенная взаимосвязь и между аномальными распределениями Δg_t и ΔH_t с тектоническими элементами. Видно, что экстремумы кривых Δg_t и ΔH_t преимущественно тяготеют к тектоническим нарушениям.

Характер зависимости Δg_t от ΔH_t показал, что между этими параметрами существуют довольно высокие корреляционные соотношения с коэффициентом корреляции $r=0,8$. Однако изменения силы тяжести не могут объясняться величинами современных вертикальных движений, так как максимальные относительные изменения высот реперов (12 мм) могут вызвать изменение силы тяжести во времени на величину $4 \cdot 10^{-8} \text{ м/с}^2$ в год, в то время как действительное ее среднегодовое изменение в некоторых местах достигает до $80 \cdot 10^{-8} \text{ м/с}^2$. Следовательно, значительная доля процессов, с которыми связаны неприливные изменения силы тяжести, не сказывается на скорости современных вертикальных движений. Это свидетельствует о том, что изменения силы тяжести на Зангезурском полигоне имеют эндогенную природу. Этот факт объясняется также наблюдаемой корреляционной связью между неприливым изменением силы тяжести, локальной аномалией векового хода геомагнитного поля и сейсмичностью [5].

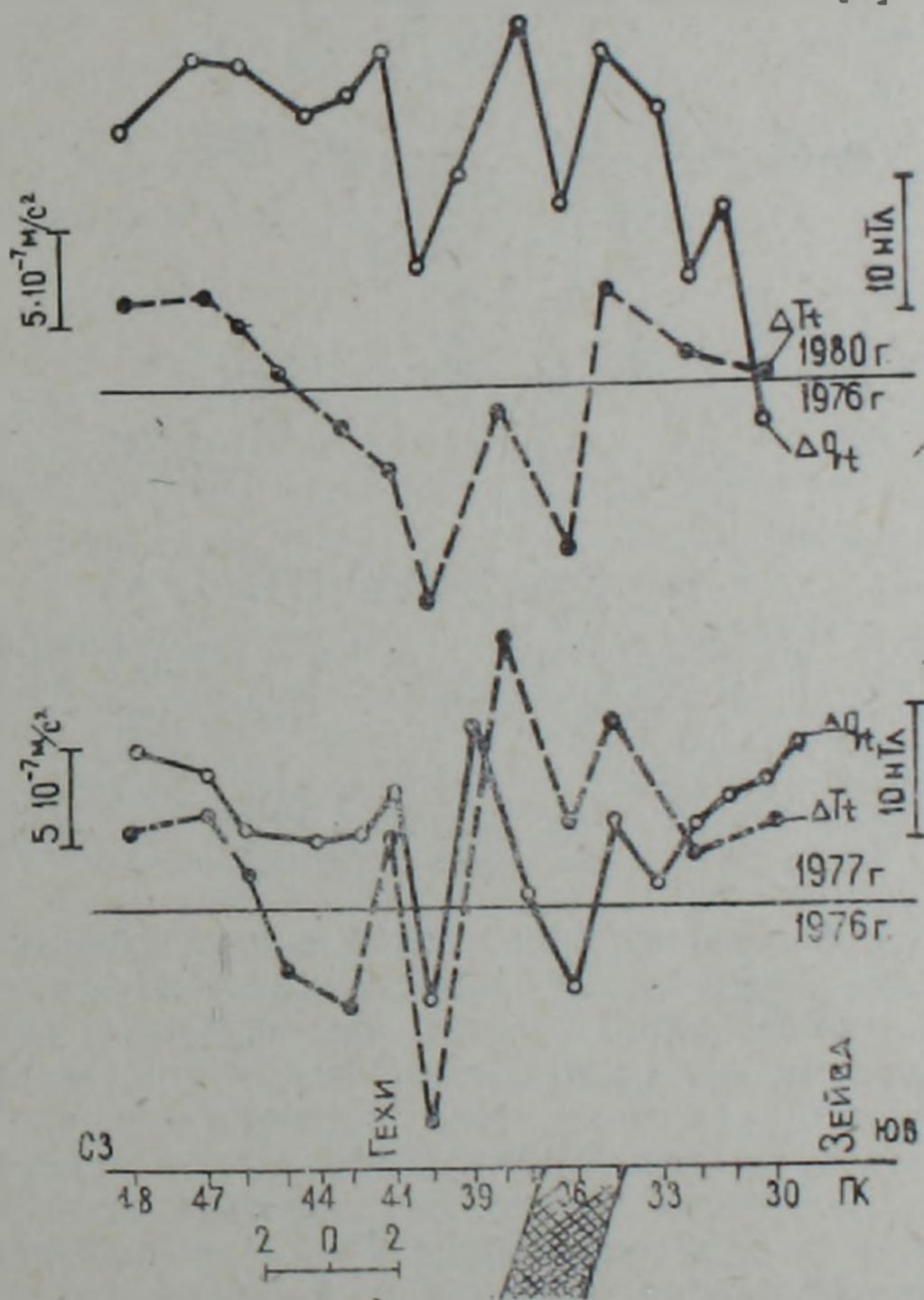


Рис. 2. Графики изменения силы тяжести и локальных аномалий геомагнитного поля (по данным С. Р. Оганесяна) по профилю Зейва-Аджибаджи за периоды 1977—1976, 1980—1976 гг.

На рис. 2 показаны кривые пространственно-временных распределений неприливных изменений силы тяжести и локальной аномалии векового хода геомагнитного поля по профилю Зейва-Аджибаджи. Как видно, кривые хорошо коррелируются. С увеличением силы тяжести соответственно увеличивается локальная аномалия векового хода геомагнитного поля, то есть наблюдается прямой тип соотношений. В зоне глубинного разлома кривые характеризуются наибольшей амплитудой изменений и контрастностью.

Для качественной интерпретации наблюдаемых изменений силы тяжести, связанной с деформационным процессом, происходящим в Зангезурской сейсмоактивной зоне, нами были сопоставлены данные о неприливных изменениях силы тяжести с компонентами деформаций земной поверхности (изгиб и наклон) по профилю Кафан-Каджаран (рис. 3)¹.

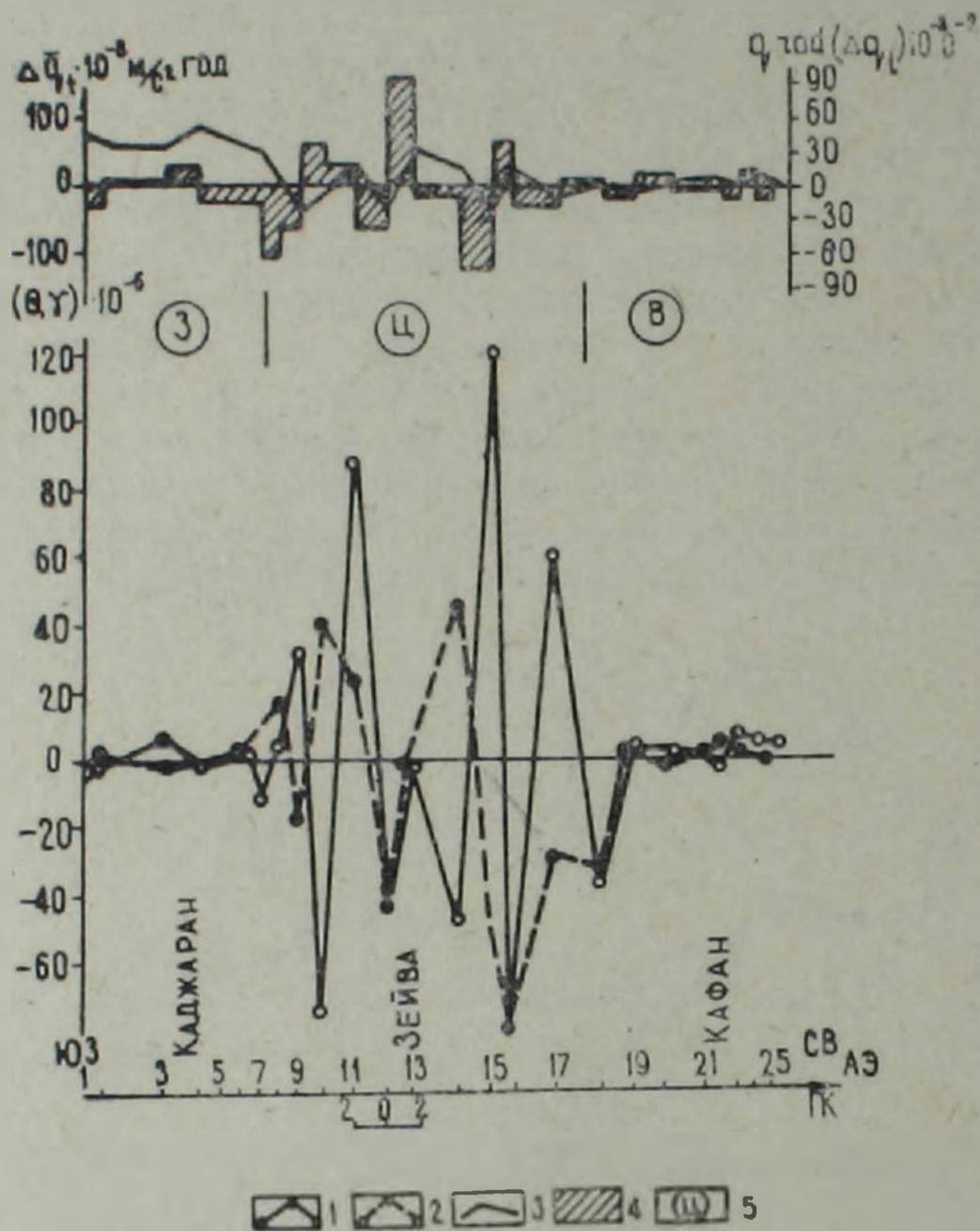


Рис. 3. Графики сопоставления данных о неприливных изменениях силы тяжести и компонентов деформаций по профилю Кафан-Каджаран: 1—изгиб, 2—наклон, 3—среднегодовые изменения силы тяжести, 4—горизонтальный градиент вариаций (10^{-8} м/с² на км), 5—выявляемые блоки; (З)—западный, (Ц)—центральный, (В)—восточный.

Совместный анализ представленных данных показал, что наиболее интенсивным деформациям подвержен центральный участок профиля от ПК—8 до ПК—18. При этом положительный градиент вариаций совпадает с отрицательным значением изгиба, а отрицательные значения градиента—положительным изгибом.

Следовательно, можно предположить, что в этих наблюдаемых соотношениях сказывается проявление характера современных деформационных процессов. В местах (рис. 3), где происходит сжатие, наблюдаются положительные значения неприливных вариаций силы тяжести с уменьшением скоростей СВДЗК и накопления отрицательного изгиба, а там, где происходит растяжение деформируемой среды, наблюдаются отрицательные значения вариаций с увеличением скоростей СВДЗК и накопления положительного изгиба.

Следовательно, причиной возникновения аномалий Δg_i и соответствующих им аномалий ΔH_i могут быть процессы уплотнения и разуплотнения. При уплотнении локальных объемов в земной коре происходит оседание слоев—опускание, а при разуплотнении—вспучивание слоев—поднятие.

¹ Компоненты деформаций были вычислены в Институте геологии и геофизики СО АН СССР по методике [2].

На основе совместного анализа динамических параметров Δg_i и ΔH_i составлена схема геодинамического районирования на территории Зангезурского полигона (рис. 4).

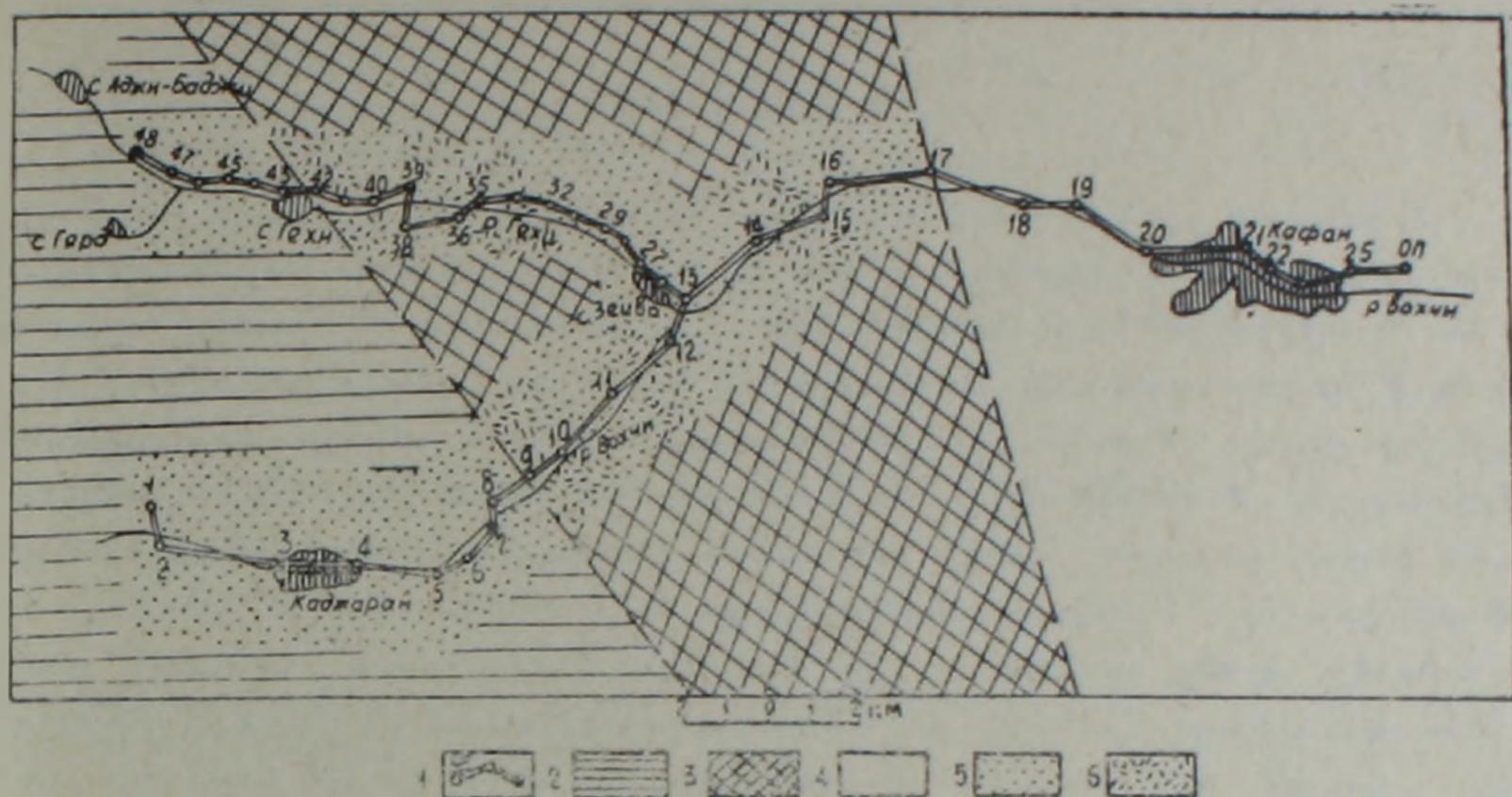


Рис. 4. Схема геодинамического районирования на территории Зангезурского полигона: 1—профили полигона и пункты наблюдений, 2—стабильный активный блок, 3—нестабильный активный блок, 4—пассивный блок, 5—зоны сжатия, 6—зоны растяжения.

На схеме по пространственно-временной характеристике Δg_i и ΔH_i выделены три блока разной геодинамической активности, а также по типу соотношений Δg_i и ΔH_i и их знаку внутри блоков локализованы и выделены участки сжатия и растяжения. В западной части полигона (Гярд-Каджаран) выделен стабильно активный блок, который характеризуется систематическими увеличениями силы тяжести с опусканием земной поверхности и слабым накоплением наклона и изгиба и является зоной сжатия. Центральный блок, шириной 12 км, характеризуется интенсивными знакопеременными аномалиями изменений силы тяжести и высот, а также интенсивными знакопеременными накоплениями компонентов деформаций (наклона и изгиба), совпадая по простиранию с шовной зоной [1], т. е. с зоной Зангезурского глубинного разлома. Внутри блока выделяются участки шириной 2—3 км с чередованием зон сжатия и растяжения. Последний, III пассивный блок выделяется в восточной части территории полигона и характеризуется незначительными изменениями силы тяжести и высот. По простиранию этот блок совпадает с Кафанским антиклинорием и является недеформируемым.

Таким образом, приведенные результаты свидетельствуют, что данные о неприливных изменениях силы тяжести в комплексе с другими геолого-геофизическими материалами целесообразно использовать для исследования деформаций земной коры и решения некоторых вопросов, в частности, для выделения геодинамически активных (мобильных) зон земной коры.

Ордена Трудового Красного Знамени
Институт геофизики и инженерной
сейсмологии АН Армянской ССР

Поступила 23.VI. 1986.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ՍԵՅՍՄԱԱԿՏԻՎ ՇՐՋԱՆՆԵՐՈՒՄ ԵՐԿՐԱԿԵՂԵՎԻ
ԳԵՖՈՐՄԱՑԻԱՆԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՄԱՆ ՆՊԱՏԱԿՈՎ ԿԱՏԱՐՎԱԾ ԿՐԿՆՎՈՂ,
ԳՐԱՎԻՄԵՏՐԻԿ ՉԱՓՈՒՄՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հոդվածում բերված են Հանգեղուրի երկրադինամիկ փորձադաշտում կատարված համալիր երկրաբանական, երկրաֆիզիկական և հարթաչափական ուսումնասիրությունների արդյունքները: Համատեղման եզանակով որոշակի կապ է հաստատված մեկ տասնամյակից ավելի ժամանակի ընթացքում կրկրնվող բարձր ճշտության գրավիմետրիկ դիտարկումների արդյունքների, երկրակեղևի ժամանակակից ուղղահայաց շարժումների, երկրամագնիսական դաշտի դարավոր քայլի տեղական անոմալիայի, սեյսմիկության, դեֆորմացիաների և երկրակառույցների միջև: Առանձնացվել են անոմալ տեղամասեր, որոնք համընկնում են Հանգեղուրի խորքային բեկվածքի գոտու հետ: Վերոհիշյալ համալիր դինամիկ պարամետրերի համատեղ վերլուծության հիման վրա կաղմված է Հանգեղուրի փորձադաշտի երկրադինամիկ շրջանացման սխեման: Առաջին անգամը լինելով որակական հիմքով ցույց է տրված բարձր ճշտության գրավիմետրիայի օգտագործման հնարավորությունը երկրակեղևում կատարվող դեֆորմացիոն երևույթների ուսումնասիրման բնագավառում:

Sh. H. HOVHANNISIAN, H. H. HOVHANNISIAN

RECURRENT GRAVIMETRIC MEASUREMENTS FOR STUDYING THE
EARTH'S CRUST DEFORMATIONS IN SEISMOACTIVE
REGIONS OF THE ARMENIAN SSR

Abstract

The results of complex geological-geophysical and geodetic investigations in the Zangueoor geodynamical testing ground have been given. By comparing the data of more than ten-years' set of recurrent high-precise gravimetric measurements with the Earth's crust contemporary vertical movements the geomagnetic field century variety local anomaly, the seismicity, the deformations and the geological structures a connection a between them has been stated. Some anomalous areas have been revealed, which coincide with the Zangueoor deep fault zone.

On the basis of the parameters complex analysis a scheme of the Zangueoor testing ground geodynamical zoning has been compiled.

For the first time on the qualitative basis it is shown the possibility of high-precise gravimetry applying for studying the deformation processes in the Earth's crust.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аноян П. Г. Геотектонические условия возникновения и проявления Загезурских землетрясений 1968 года.—В кн.: Результаты комплексного изучения Загезурского землетрясения. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1973, с. 7—21.
2. Есиков И. П. Тектонические аспекты анализа современных движений земной поверхности.—Тр. Института геологии и геофизики СО АН СССР, Новосибирск, 1979, вып. 426, 180 с.

3. Оганесян А. О. Методика и результаты исследований неприливных вариаций силы тяжести на Зангезурском геодинамическом полигоне.—В кн.: Повторные гравиметрические наблюдения. М.: Изд. ВНИИГеофизики, 1979, с. 14—21.
4. Оганисян Ш. С., Оганесян А. О., Бабаджанян А. Г. Опыт выделения активных зон глубинных разломов на Зангезурском полигоне.—В кн.: Современные движения земной коры на геодинамических полигонах. М.: Изд. Радио и связь, 1981, с. 99—103.
5. Оганисян Ш. С., Оганесян А. О., Оганесян Л. Б. Совместный анализ геофизических и геодезических данных при изучении современной динамики земной коры на территории Армении.—В кн.: Комплексные геодинамические полигоны. М.: Изд. Наука, 1984, с. 71—74.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле. XXXIX, 1986, № 5, 23—29.

УДК:551.22:550.83.(479 25)

А. Г. БАБАДЖАНИЯН

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ СЕВАНСКОЙ И ВЕДИНСКОЙ ОФИОЛИТОВЫХ ЗОН АРМЯНСКОЙ ССР ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАНЫМ

В работе рассматриваются особенности строения и границы распространения Севанской и Вединской офиолитовых зон. Показано, что они располагаются в зонах глубинных разломов, которые в верхних слоях земной коры выражаются системами линейных блоков более высокого порядка. Оценены глубины залегания верхних и нижних кромок интрузивных массивов на северо-восточном побережье оз. Севан.

Одной из интересных и актуальных проблем современной геологической науки является проблема «офиолитов»—их возраст, происхождение и структурное положение в земной коре. От решения этой проблемы во многом зависит установление общих закономерностей развития земной коры, выяснение причин тектогенеза, магматизма, метаморфизма, эндогенного оруденения и др. [9, 14].

Исследование офиолитов актуально и для практики, так как с ними связаны месторождения хрома, платины, железа, никеля, марганца, ртути и др.

На территории Армянской ССР известны два пояса развития пород офиолитовой ассоциации: Севано-Амасийский и Вединский¹. Оба пояса продолжают далее на территории Азербайджанской ССР, Ирана, Турции, примыкая к обширной петрогенической провинции ультраосновных и основных пород—Малая Азия, Балканы, Альпы [1].

Многочисленные обобщения результатов геохимических, петрографических, региональных геологических и тектонических исследований офиолитовых поясов Малого Кавказа привели к возникновению различных гипотез об их происхождении и глубинном строении. Не останавливаясь на сравнительном анализе существующих схем, отметим, что специальных комплексных геолого-геофизических исследований офиолитовых поясов не проводилось, кроме сейсмологических со станциями «Земля» [11, 12]. А ведь, как указывает А. А. Габриелян [9], территория Армении служит одним из исследовательских полигонов для решения проблемы «офиолитов».

Полученные в последние годы новые данные по глубинному строению центральной части территории Армянской ССР [4, 5, 6, 7 и др.], позволяют более детально рассматривать особенности строения и границы распространения Севанской и Вединской офиолитовых зон, а также оценить глубины залегания (мощность—?) верхних и нижних кромок интрузивных массивов.

¹ В последние годы А. Т. Асланян и М. А. Сатнан в структуре Малого Кавказа выделяют третью—Зангезурскую офиолитовую зону [2].

3. Оганесян А. О. Методика и результаты исследований неприливных вариаций силы тяжести на Зангезурском геодинамическом полигоне.—В кн.: Повторные гравиметрические наблюдения. М.: Изд. ВНИИГеофизики, 1979, с. 14—21.
4. Оганисян Ш. С., Оганесян А. О., Бабаджанян А. Г. Опыт выделения активных зон глубинных разломов на Зангезурском полигоне.—В кн.: Современные движения земной коры на геодинамических полигонах. М.: Изд. Радио и связь, 1981, с. 99—103.
5. Оганисян Ш. С., Оганесян А. О., Оганесян Л. Б. Совместный анализ геофизических и геодезических данных при изучении современной динамики земной коры на территории Армении.—В кн.: Комплексные геодинамические полигоны. М.: Изд. Наука, 1984, с. 71—74.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле. XXXIX, 1986, № 5, 23—29.

УДК:551.22:550.83.(479 25)

А. Г. БАБАДЖАНИЯН

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ СЕВАНСКОЙ И ВЕДИНСКОЙ ОФИОЛИТОВЫХ ЗОН АРМЯНСКОЙ ССР ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАНЫМ

В работе рассматриваются особенности строения и границы распространения Севанской и Вединской офиолитовых зон. Показано, что они располагаются в зонах глубинных разломов, которые в верхних слоях земной коры выражаются системами линейных блоков более высокого порядка. Оценены глубины залегания верхних и нижних кромок интрузивных массивов на северо-восточном побережье оз. Севан.

Одной из интересных и актуальных проблем современной геологической науки является проблема «офиолитов»—их возраст, происхождение и структурное положение в земной коре. От решения этой проблемы во многом зависит установление общих закономерностей развития земной коры, выяснение причин тектогенеза, магматизма, метаморфизма, эндогенного оруденения и др. [9, 14].

Исследование офиолитов актуально и для практики, так как с ними связаны месторождения хрома, платины, железа, никеля, марганца, ртути и др.

На территории Армянской ССР известны два пояса развития пород офиолитовой ассоциации: Севано-Амасийский и Вединский¹. Оба пояса продолжают далее на территории Азербайджанской ССР, Ирана, Турции, примыкая к обширной петрогенической провинции ультраосновных и основных пород—Малая Азия, Балканы, Альпы [1].

Многочисленные обобщения результатов геохимических, петрографических, региональных геологических и тектонических исследований офиолитовых поясов Малого Кавказа привели к возникновению различных гипотез об их происхождении и глубинном строении. Не останавливаясь на сравнительном анализе существующих схем, отметим, что специальных комплексных геолого-геофизических исследований офиолитовых поясов не проводилось, кроме сейсмологических со станциями «Земля» [11, 12]. А ведь, как указывает А. А. Габриелян [9], территория Армении служит одним из исследовательских полигонов для решения проблемы «офиолитов».

Полученные в последние годы новые данные по глубинному строению центральной части территории Армянской ССР [4, 5, 6, 7 и др.], позволяют более детально рассматривать особенности строения и границы распространения Севанской и Вединской офиолитовых зон, а также оценить глубины залегания (мощность—?) верхних и нижних кромок интрузивных массивов.

¹ В последние годы А. Т. Асланян и М. А. Сатнан в структуре Малого Кавказа выделяют третью—Зангезурскую офиолитовую зону [2].

Сопоставляя всю совокупность обнажений основных и ультраосновных пород офиолитовой ассоциации с наблюдаемым гравитационным полем центральной части АрмССР, можно заключить, что они как в пределах Севано-Амасийского, так и Вединского поясов приурочены к зонам относительно высоких градиентов силы тяжести. Ранее такое пространственное соотношение отмечалось А. А. Габриеляном и Л. К. Татевосян [8].

На картах остаточных аномалий $\Delta g_{\text{ост.}}$ (0—5 км) и $\Delta g_{\text{ост.}}$ (5—10 км) указанные градиентные зоны Δg преобразуются в линейные зоны положительных аномалий, протяженностью около 100 км, шириной порядка 10—15 км и интенсивностью от 40 до 150 мкм/с². Так, вдоль побережья Большого Севана, непосредственно над обнажениями на карте $\Delta g_{\text{ост.}}$ (0—5 км) наблюдаются локальные аномалии интенсивностью 80—150 мкм/с², а вдоль побережья Малого Севана, где известен лишь небольшой выход в районе с. Тохлуджа, интенсивность аномалий уменьшается до 50—60 мкм/с². Интенсивность аномалий над обнажениями Вединского пояса составляет 60—70 мкм/с² [5].

По результатам аэромагнитных съемок, Севанская офиолитовая зона характеризуется линейными локальными положительными аномалиями ΔT , интенсивность которых убывает по направлению от Б. Севана к М. Севану, а Вединская зона—слабоотрицательным магнитным полем.

Сейсмические разрезы на участках пересечения офиолитовых зон характеризуются полным или почти полным отсутствием границ обмена по всей глубине земной коры и насыщены субвертикальными глубинными разломами, амплитудой в несколько километров и активными в сейсмическом отношении [10, 11].

На основании комплексного анализа и обобщения данных геолого-геофизических исследований в совокупности с результатами количественной интерпретации вдоль региональных профилей (построение гравитационных моделей) для центральной части территории АрмССР составлены схемы блокового строения на различных глубинах земной коры. При этом показано, что исследуемая территория характеризуется гетерогенным строением верхней части земной коры, выражающимся в том, что системами разломов различных простираний и глубины заложения она расчленяется на блоки различного порядка. Устанавливается уменьшение количества блоков по глубине [5, 6].

Рассмотрим прежде всего схему строения контактной поверхности (поверхность «фундамента»), выявленной в слое 0—5 км. Как видно из рис. 1, исследуемая территория системой взаимопересекающихся разломов подразделяется на различные блоки с площадями от 200 до 500 кв. км. Амплитуды смещения по разломам составляют от 1 до 4 км.

Необходимо отметить, что контактная поверхность, выделенная при ее средней глубине 500 м ниже уровня моря, характеризуется большим интервалом изменения глубины залегания от 0,1 до 6,2 км, поэтому не может иметь везде один и тот же геологический смысл. Отметим также, что под поверхностью фундамента, выделенной по данным станций «Земля», подразумевается первая обменная граница между осадочными и кристаллическими породами [11].

Исходя из геологической природы и глубины залегания контактной поверхности, в пределах исследуемой территории можно выделить:

а) районы, где контактная поверхность соответствует поверхности кембрий-докембрийских отложений и залегает на глубинах 0,1—0,2 км (сс. Арзакан, Раздан) и 0,5—1,5 км (сс. Тазагюх, Паракар и др.) от дневной поверхности;

б) районы глубокого (более 4 км) залегания поверхности фундамента (с. Фонтан, Гегамское вулканическое нагорье, акватория оз. Севан и др.);

в) районы, где контактная поверхность может быть отождествлена с поверхностью интрузий различного состава и возраста, имеющих плотность, близкую к плотности фундамента. Таким примером, в пер-

вую очередь, может служить северо-восточное побережье оз. Севан, где в районе обнажений пород офиолитовой ассоциации (побережье Б. Севана) глубина контактной поверхности составляет 0,1—0,2 км, а в погребенной части (побережье М. Севана)—1,3 км. Другими примерами являются районы сс. Карчахпюр и Капутан.

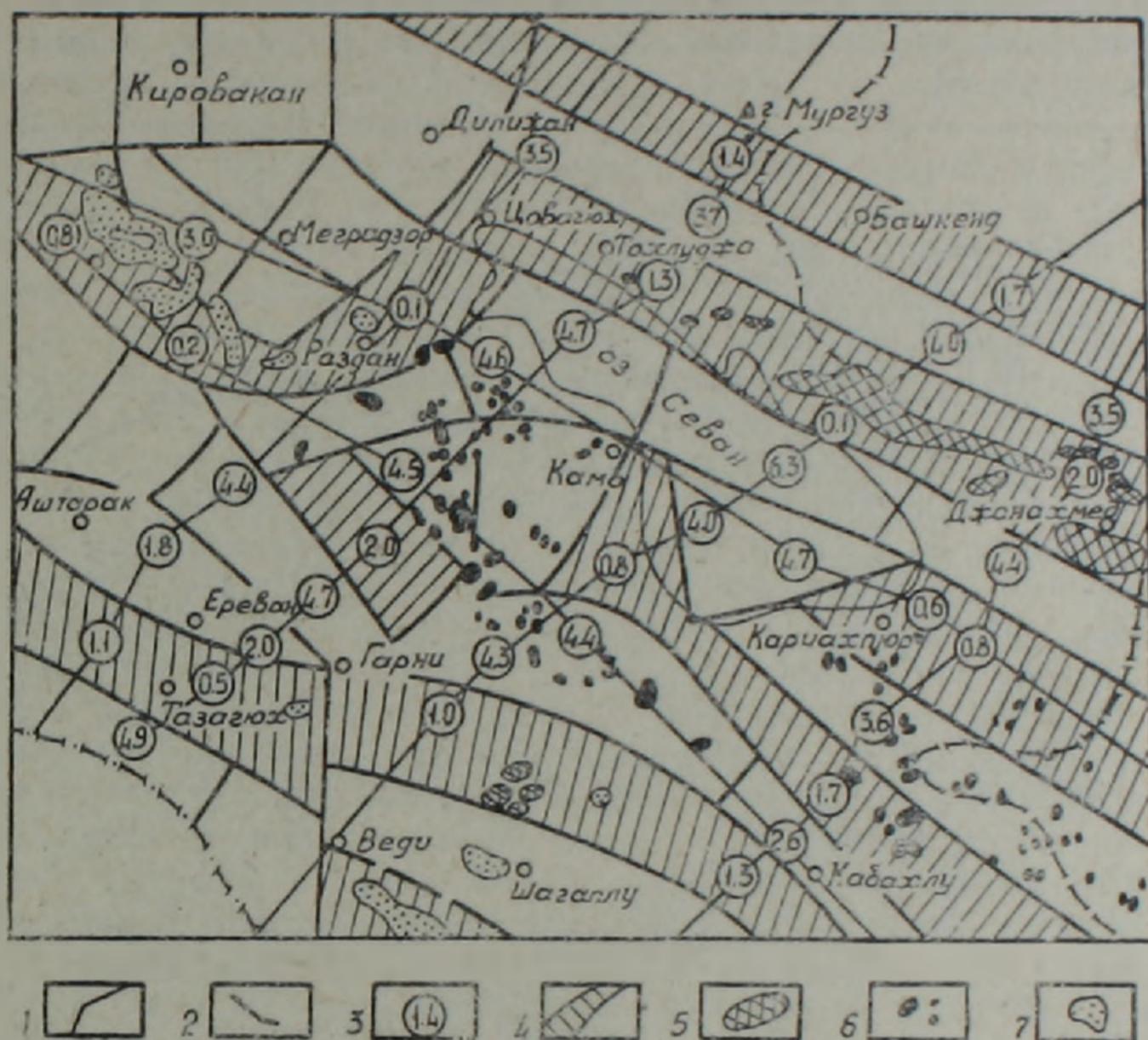


Рис. 1. Схема блокового строения поверхности «Ф». 1—интерпретационные профили; 2—разломы в осадочном чехле; 3—средняя глубина залегания первой контактной поверхности; 4—районы поднятия контактной поверхности; 5—выходы пород офиолитовой ассоциации; 6—вулканические аппараты; 7—выходы палеозойских пород.

Как видно из рис. 1, массивы основных и ультраосновных пород Севанской и Вединской офиолитовых зон заключены в линейных блоках, характеризующихся поднятиями первой контактной поверхности.

При рассмотрении схемы блокового строения второй контактной поверхности, выявленной при ее средней глубине 7 км, исследуемая территория подразделяется на блоки с площадями от 500 до 1000 и более кв. км (рис. 2). При этом выделяются относительно приподнятые (Меградзорский, Тохлуджинский, Джанахмедский, Варденисский, Шагаплинский и др.) и опущенные (Б. Севанский, М. Севанский, Спитакасарский и др.) блоки.

Как видно из рис. 2, породы офиолитовой ассоциации Севанской и Вединской зон заключены в Джанахмедский, Тохлуджинский и Шагаплинский относительно приподнятые линейные блоки. Юго-западными и северо-западными ограничениями этих блоков для Севанской зоны являются Севанский продольный и Мургуз-Башкендский, а Вединской зоны—Агавнадзор-Эчмиадзинский и Кабахлу-Аштаракский парные параллельные разломы.

Из вышесказанного следует, что для обеих офиолитовых зон характерны поднятия двух верхних контактных поверхностей. Это обстоятельство, а также данные скв. № 2 Дилижан (глубина 1200 м) указывают на то, что Севанская зона не продолжается в северо-западном направлении при переходе от Тохлуджинского блока к Дилижанскому, характеризующемуся опусканием верхних контактных поверхностей.

Пограничной зоной между обнаженной и погребенной частями Севанской зоны является Севанский поперечный разлом (северо-восточный отрезок Арарат-Севанского глубинного разлома по А. А. Габриеляну и С. А. Пирузяну), являющийся также существенной границей контрастных современных вертикальных движений земной коры вдоль западного побережья оз. Севан, развития меловых и эоценовых пород и сейсмичности на восточном побережье, распределении донных осадков и т. д. [4, 6].

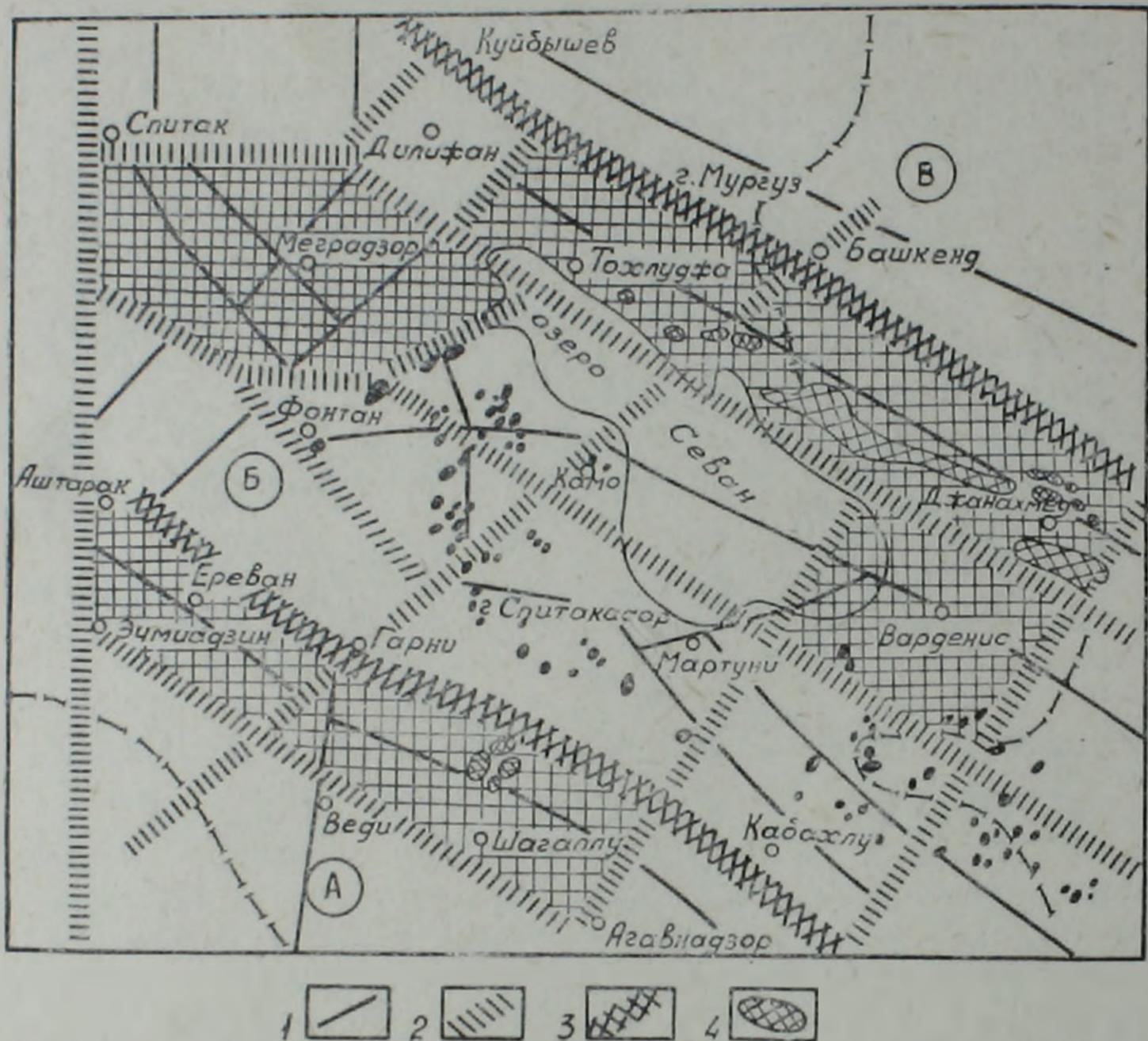


Рис. 2. Схема блокового строения верхней части земной коры центральной Армении. Мегаблоки: А—Среднеараксинский; Б—Центральный; В—Алаверди-Иджеванский. Разломы: 1—в осадочном чехле; 2—в слое 5—10 км; 3—достигающие глубин 20 и более км; 4—приподнятые блоки 2-ой контактной поверхности.

Вопрос распространения пород офиолитовой ассоциации Вединского пояса за пределами Шагаплинского блока требует дальнейших более детальных исследований, т. к., во-первых, остаточное поле здесь достаточно осложнено влиянием среднепалеозойских и мезозойских пород, а во-вторых, согласно буровым данным по скважинам Маркара-5, Кармрашен-15, Лукашин-4, Неджерлу-12 и др., на глубинах от 1750 до 2800 м под отложениями неогена, эоцена и палеоцена-данния вскрыты образования габбро-диабазового комплекса офиолитовой серии [3]. Не исключается, что Арарат-Севанский глубинный разлом может являться и границей между обнаженной и погребенной частями Вединского офиолитового пояса.

При последующем анализе блокового строения на более глубоких уровнях и, в частности, на глубинах 15—20 км выясняется, что исследуемая территория подразделяется на 3 крупных мегаблока—Среднеараксинский, Центральный и Алаверди-Иджеванский. По характеру сочленения с сопредельными относительно приподнятыми мегаблоками Центральный мегаблок представляет собой грабенообразное опускание земной коры.

Как видно из рис. 2, границами этих мегаблоков являются разломы, прослеживаемые вдоль линий сс. Кабахлу-Гарни-Аштарак и с Башкенд-гора Мургуз-с. Куйбышев.

Кабахлу-Аштаракский разлом северо-западного простирания расположен в зоне относительно высоких градиентов гравитационного и магнитного полей. Глубина заложения указанного разлома, по данным Δg , более 20 км [6], а станций «Земля»—около 50 км [12]. Этот разлом пространственно совпадает с границей распространения неоген-четвертичных вулканогенных и меловых образований, а также является границей раздела между приподнятой областью поверхности фундамента (Ехегнадзор-Тазагюхская зона) и его опущенной областью (Джермук-Фонтанская зона).

Башкенд-Куйбышевский разлом северо-западного простирания также расположен в зоне градиентов гравитационного и магнитного полей. Глубина заложения этого разлома, по данным Δg и станций «Земля», оценивается более 20 км.

При сопоставлении схемы блокового строения верхней части земной коры со схемой разломов Армянской ССР [10, рис. 28] можно заключить, что область, заключенная между Башкенд-Куйбышевским и Севанским продольным параллельными разломами, пространственно совпадает с зоной Базум-Севанского глубинного разлома, проявленного на поверхности системой разнохарактерных разрывных нарушений шириной 10—15 км, и охватывает Севанскую офиолитовую зону.

Относительно Кабахлу-Аштаракского глубинного разлома можно отметить, что он вместе с Агавнадзор-Эчмиадзинским параллельным разломом в юго-западной части исследуемой территории соответствует зоне Ереванского глубинного разлома, который по А. А. Габриеляну [10] ограничивает Паракар-Ениинджинское погребенное горстовое поднятие; в центральной части своего простирания охватывает массивы Вединской офиолитовой зоны (Шагаплинский блок), а в юго-восточной части зоны является границей резкого погружения поверхности фундамента.

Таким образом, из вышесказанного можно заключить, что районы развития пород Севанской и Вединской офиолитовых зон расположены на границах крупных мегаблоков земной коры—зонах глубинных разломов. Последние в верхних слоях земной коры выражаются системами линейных блоков более высокого порядка.

Для оценки вероятной глубины залегания нижних и верхних кромок массивов основных и ультраосновных пород были выполнены специальные полевые исследования гравитационного и магнитного полей по профилям, секущим вкрест простирания Караиман-Зодский, Шишкаинский, Джил-Сатанахачский, Шоржинский и др. массивы Севанской зоны Севано-Амасийского офиолитового пояса. В результате количественной интерпретации гравиметрических данных глубина залегания нижних кромок обнаженных тел Севанской зоны оценивается величиной порядка 5,0—5,5 км от дневной поверхности, а верхних кромок погребенных массивов—0,3—1,0 км [5]. Аналогичные данные были получены при расчетах по магнитным аномалиям глубин залегания нижних кромок габброндов в офиолитовых поясах Прибайкалья и Забайкалья, согласно которым их значения колеблются от сотен метров до 5—7 км [13].

Институт геофизики и инженерной сейсмологии АН Армянской ССР

Поступила 23.VI. 1986

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՈՋ ՆԵՎԱՆԻ ԵՎ ՎԵԴԻՈՒ ՕՖԻՈԼԻՏԱՅԻՆ ԳՈՏԻՆԵՐԻ ԿԱՌՈՒՅՎԱԾՔԻ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐՆ ԸՍՏ ՆՐԿՐԱՑԻՋԻԿԱԿԱՆ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ

Ա մ փ ո փ ու մ

Երկրաբանա-երկրաֆիզիկական տվյալների համալիր վերլուծության հիման վրա Հայաստանի բնատարածքի կենտրոնական մասի համար կազմված են բեկորային կառուցվածքի սխեմաները երկրակեղևի տարբեր խորությունների համար: Հաստատվում է բլոկների թվի նվազումն ըստ խորության:

Յույց է տրված, որ Սևանի և Վեդու գոտիների օֆիոլիտային համակցությունների ապարների զարգացման շրջանները տեղադրված են երկրակեղևի վերին շերտերում ավելի բարձր կարգի զծային բեկորների համակարգերով արտահայտված խորքային խզումների գոտիներում:

Սևանի գոտու մերկացած օֆիոլիտային զանգվածների ստորին եզրաշերտի տեղադրման խորությունը գնահատվում է 5,0—5,5 կմ կարգի մեծությամբ, իսկ շմերկացող մարմինների վերին եզրաշերտերինը՝ 0,3—1,0 կմ:

H. G. BABADJANIAN

THE STRUCTURE PECULIARITIES OF THE ARMENIAN SSR SEVAN AND VEDI OPHIOLITE ZONES ACCORDING TO THE GEOPHYSICAL DATA

Abstract

On the basis of geological-geophysical data complex analysis for the central part of the Armenian SSR territory the Earth's crust different depths block structure schemes have been compiled. A decrease of blocks quantity with depth is established.

It has been shown the ophiolite association rocks development areas to be located in the deep fault zones which are expressed by the higher order linear blocks in the upper layers of the Earth's crust.

The depths of the Sevan zone exposed ophiolite massifs lower edges are about 5,0—5,5 km and the upper parts of covered bodies are at depths of 0,3—1,0 km.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абовян С. Б. Мафит-ультрамафитовые интрузивные комплексы офиолитовых поясов Армянской ССР. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1981, 306 с.
2. Асланян А. Г., Сатян М. А. Загезурский офиолитовый пояс.—ДАН АрмССР, 1977, № 4, с. 220—226.
3. Арутюнян А. Р. Особенности блокового строения и структурного плана поверхности эпибайкальского основания центральной и северо-западной частей Армянской ССР.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1976, № 3, с. 11—23.
4. Бабаджанян А. Г. Некоторые данные о разломной тектонике бассейна оз. Севан по геофизическим и геодезическим исследованиям.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1977, № 6, с. 18—25.
5. Бабаджанян А. Г. Результаты геофизических исследований массивов основных и ультраосновных пород Присеванской офиолитовой зоны (Малый Кавказ).—Геофизический журнал, 1981, т. 3, № 6, с. 40—49.
6. Бабаджанян А. Г., Оганесян С. М., Оганесян Л. Б. Возможности гравиметрии при изучении строения земной коры на территории Армянской ССР.—В кн.: Геологическое истолкование потенциальных полей. Киев: Наукова думка, 1983, с. 10—16.
7. Бабаджанян А. Г., Оганесян С. М. Гравитационная модель земной коры центральной части территории Армении.—В кн.: Геофизические поля и строение земной коры Закавказья. М.: Наука, 1985, с. 89—96.
8. Габриелян А. А., Татевосян Л. К. Схема геолого-геофизического районирования

- Армянской ССР и смежных частей Антикавказа.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1966, т. 19, № 1—2, с. 21—33.
9. Габриелян А. А. Развитие геологических наук в Армянской ССР за 60 лет.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1983, № 3, с. 3—22.
 10. Габриелян А. А., Саркисян О. А., Симонян Г. П. Сейсмоструктура Армянской ССР. Ереван: Изд. Ереванского госуниверситета, 1981. 284 с.
 11. Егоркина Г. В., Соколова И. А., Егорова Л. М. Глубинное строение ультрабазитовых поясов Армении.—Советская геология, 1976, № 3, с. 80—91.
 12. Егоркина Г. В., Халевин Н. И. Глубинное строение офиолитовых поясов Армении и Урала по геофизическим данным.—В кн.: Глубинное строение и геофизические особенности структур земной коры и верхней мантии. М.: Наука, 1977, с. 62—69.
 13. Менакер Г. И. Офиолитовые пояса Прибайкалья и Забайкалья и их положение в структуре земной коры (по геофизическим данным).—ДАН СССР, 1979, т. 245, № 1, с. 188—191.
 14. Пейве А. В., Богданов Н. А., Книппер А. Л., Перфильев А. С. Офиолиты: современное состояние и задачи исследования.—Геотектоника, 1977, № 6, с. 4—14.

Известия АН АрмССР. Науки о Земле, 1986, XXXIX, № 5, с. 29—35.

УДК:551.243:550.83

Э. М. МИКАЕЛЯН

ВЫДЕЛЕНИЕ ШИРОТНЫХ И МЕРИДИОНАЛЬНЫХ РАЗЛОМОВ КАВКАЗА ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Применяя методику изучения разломных структур геолого-геофизическими методами [10], выделены четыре взаимно-ортогональные системы разломов. В данной статье рассматривается лишь система, состоящая из широтных и меридиональных разломов. Эта система образует сеть выдержанных по простиранию и интервалу между ними разломов. Предполагается их доальпийский возраст.

Общеизвестно, что качество прогноза как металлогенических, так и сейсмических процессов, происходящих в недрах Земли, во многом зависит от точности определения таких характеристик разломных структур, как их местоположение, протяженность, глубина, ширина, время заложения, их дальнейшее поведение и т. д.

Известно, что нет единого мнения между исследователями Кавказа даже о местоположении крупных разломов, что связано со сложным геологическим строением региона [2, 3, 4, 5, 9].

В создавшейся ситуации куда важнее определить закономерности в пространственном расположении разломов, нежели подтвердить правоту проведения разлома одним исследователем, или отрицать другого.

С этой целью для выделения разломов Кавказа была применена методика изучения разломных структур геолого-геофизическими методами, предложенная К. Ф. Тяпкиным [10]. Выбор этой методики объясняется следующими обстоятельствами:

1. Покрытость большей части исследуемой территории мощным слоем неоген-четвертичных отложений приводит к необходимости применения геофизических методов, которые в таких условиях более эффективны.

2. При этой методике, в основном, оперируем едиными гравитационными и магнитными полями, что позволяет рассматривать весь исследуемый регион с единых позиций, с однородным материалом и с одинаковой детальностью.

3. Эта методика широко и успешно применялась в разных регионах [7, 10]. Она основана на выделении таких индикаторов (критериев) разломов, которые очевидны и не вызывают сомнений.

Исходными материалами при выделении разломных структур Кавказа служили гравиметрическая карта Кавказа и карты аномальных магнитных полей ΔT и ΔZ в 1:1000000 масштабе. Помимо этих карт использованы также тектоническая карта Кавказа в том же масштабе [9] и схема речной сети.

Разломные структуры выделялись в три этапа: а) выявление индикаторов разломных структур в гравитационном и магнитном полях и

- Армянской ССР и смежных частей Антикавказа.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1966, т. 19, № 1—2, с. 21—33.
9. Габриелян А. А. Развитие геологических наук в Армянской ССР за 60 лет.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1983, № 3, с. 3—22.
 10. Габриелян А. А., Саркисян О. А., Симонян Г. П. Сейсмоструктура Армянской ССР. Ереван: Изд. Ереванского госуниверситета, 1981. 284 с.
 11. Егоркина Г. В., Соколова И. А., Егорова Л. М. Глубинное строение ультрабазитовых поясов Армении.—Советская геология, 1976, № 3, с. 80—91.
 12. Егоркина Г. В., Халевин Н. И. Глубинное строение офиолитовых поясов Армении и Урала по геофизическим данным.—В кн.: Глубинное строение и геофизические особенности структур земной коры и верхней мантии. М.: Наука, 1977, с. 62—69.
 13. Менакер Г. И. Офиолитовые пояса Прибайкалья и Забайкалья и их положение в структуре земной коры (по геофизическим данным).—ДАН СССР, 1979, т. 245, № 1, с. 188—191.
 14. Пейве А. В., Богданов Н. А., Книппер А. Л., Перфильев А. С. Офиолиты: современное состояние и задачи исследования.—Геотектоника, 1977, № 6, с. 4—14.

Известия АН АрмССР. Науки о Земле, 1986, XXXIX, № 5, с. 29—35.

УДК:551.243:550.83

Э. М. МИКАЕЛЯН

ВЫДЕЛЕНИЕ ШИРОТНЫХ И МЕРИДИОНАЛЬНЫХ РАЗЛОМОВ КАВКАЗА ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Применяя методику изучения разломных структур геолого-геофизическими методами [10], выделены четыре взаимно-ортогональные системы разломов. В данной статье рассматривается лишь система, состоящая из широтных и меридиональных разломов. Эта система образует сеть выдержанных по простиранию и интервалу между ними разломов. Предполагается их доальпийский возраст.

Общеизвестно, что качество прогноза как металлогенических, так и сейсмических процессов, происходящих в недрах Земли, во многом зависит от точности определения таких характеристик разломных структур, как их местоположение, протяженность, глубина, ширина, время заложения, их дальнейшее поведение и т. д.

Известно, что нет единого мнения между исследователями Кавказа даже о местоположении крупных разломов, что связано со сложным геологическим строением региона [2, 3, 4, 5, 9].

В создавшейся ситуации куда важнее определить закономерности в пространственном расположении разломов, нежели подтвердить правоту проведения разлома одним исследователем, или отрицать другого.

С этой целью для выделения разломов Кавказа была применена методика изучения разломных структур геолого-геофизическими методами, предложенная К. Ф. Тяпкиным [10]. Выбор этой методики объясняется следующими обстоятельствами:

1. Покрытость большей части исследуемой территории мощным слоем неоген-четвертичных отложений приводит к необходимости применения геофизических методов, которые в таких условиях более эффективны.

2. При этой методике, в основном, оперируем едиными гравитационными и магнитными полями, что позволяет рассматривать весь исследуемый регион с единых позиций, с однородным материалом и с одинаковой детальностью.

3. Эта методика широко и успешно применялась в разных регионах [7, 10]. Она основана на выделении таких индикаторов (критериев) разломов, которые очевидны и не вызывают сомнений.

Исходными материалами при выделении разломных структур Кавказа служили гравиметрическая карта Кавказа и карты аномальных магнитных полей ΔT и ΔZ в 1:1000000 масштабе. Помимо этих карт использованы также тектоническая карта Кавказа в том же масштабе [9] и схема речной сети.

Разломные структуры выделялись в три этапа: а) выявление индикаторов разломных структур в гравитационном и магнитном полях и

по речной сети; б) объединение индикаторов во фрагменты разломов; в) объединение фрагментов разломов в единые структуры.

Опыт изучения разломных структур по физическим полям свидетельствует о том, что существуют три обобщенные группы их индикаторов:

1. Ступени в уровнях гравимагнитных полей, которые соответствуют границам блоков.

2. Линейные локальные гравитационные и магнитные аномалии, соответствующие вновь образованным линейным полям разломных структур.

3. Линейные границы областей с разным рисунком изолиний или с нарушением корреляции аномалий, соответствующие границам блоков и, в частности, фиксирующие подвижки вдоль них.

Кроме них, как дополнительные индикаторы разломных структур, проявляемые в современном рельефе, выделялись спрямленные участки речной сети.

Самым сложным в выявлении пространственного расположения и в ориентировке индикаторов разломных структур являлся учет взаимного наложения полей, соответствующего влиянию разных по времени тектонических актов. Это приводило к тому, что нарушалась их прямолинейность, и они по частям получали ложные характеристики. Во избежание последнего, индикаторы разломных структур выделялись отдельно для каждой системы. Количество и азимутальные характеристики систем были получены в результате статистического анализа всех индикаторов разломных структур аномальных гравитационного и магнитного полей. При этом больший вес давался линейным градиентам полей по сравнению с остальными индикаторами. Распределив все выделенные индикаторы разломов по азимутам простираний с интервалом 5° выявились господствующие взаимно-ортогональные пары разломов. Эти направления соответствовали азимутам простираний 0° и 270° , 35° и 305° , 45° и 315° , 77° и 347° . Для каждой из перечисленных пар азимутов простирания были составлены схемы расположения разломов этих же направлений.

В данной работе рассматривается лишь одна система разломов, состоящая из разломов меридионального (азимут 0°) и широтного (азимут 270°) направлений.

За ширину изучаемого фрагмента разлома принимали зону максимальной концентрации индикаторов разломов, за пределами которой изменения практически не ощутимы ни в полях, ни в геологических особенностях. При этом учитывался тот факт, что преобразовывая в карту линейных элементов и получая упрощенную картину, теряли много информации, в частности, интенсивность аномалий. Поэтому при определении ширины разломной структуры пользовались одновременно и исходными картами для учета интенсивности аномалий.

Далее единой осевой линией объединяли выделенные фрагменты разлома данного направления.

На рис. 1. приводится пример выделения меридионального разлома на одном из участков исследуемого региона.

Придерживаясь такой последовательности выделения разломов, для всей исследуемой территории была составлена карта расположения разломов с азимутами простираний 0° и 270° (рис. 2).

Как видно из рис. 2, разломы широтного простирания в физических полях выделяются четче, нежели меридиональные. Однако между разломами как широтного, так и меридионального простираний намечается выдержанность интервалов (около 65—75 км), а все разломы этих азимутов простираний образуют сеть разломов.

Наблюдаются видимые смещения по простиранию—«трансформность» разломов, что, вероятно, является результатом взаимного пересечения с разломами других систем.

Наблюдается неодинаковая выраженность разломов в физических полях по всей протяженности («фрагментарность»). Обычно эти

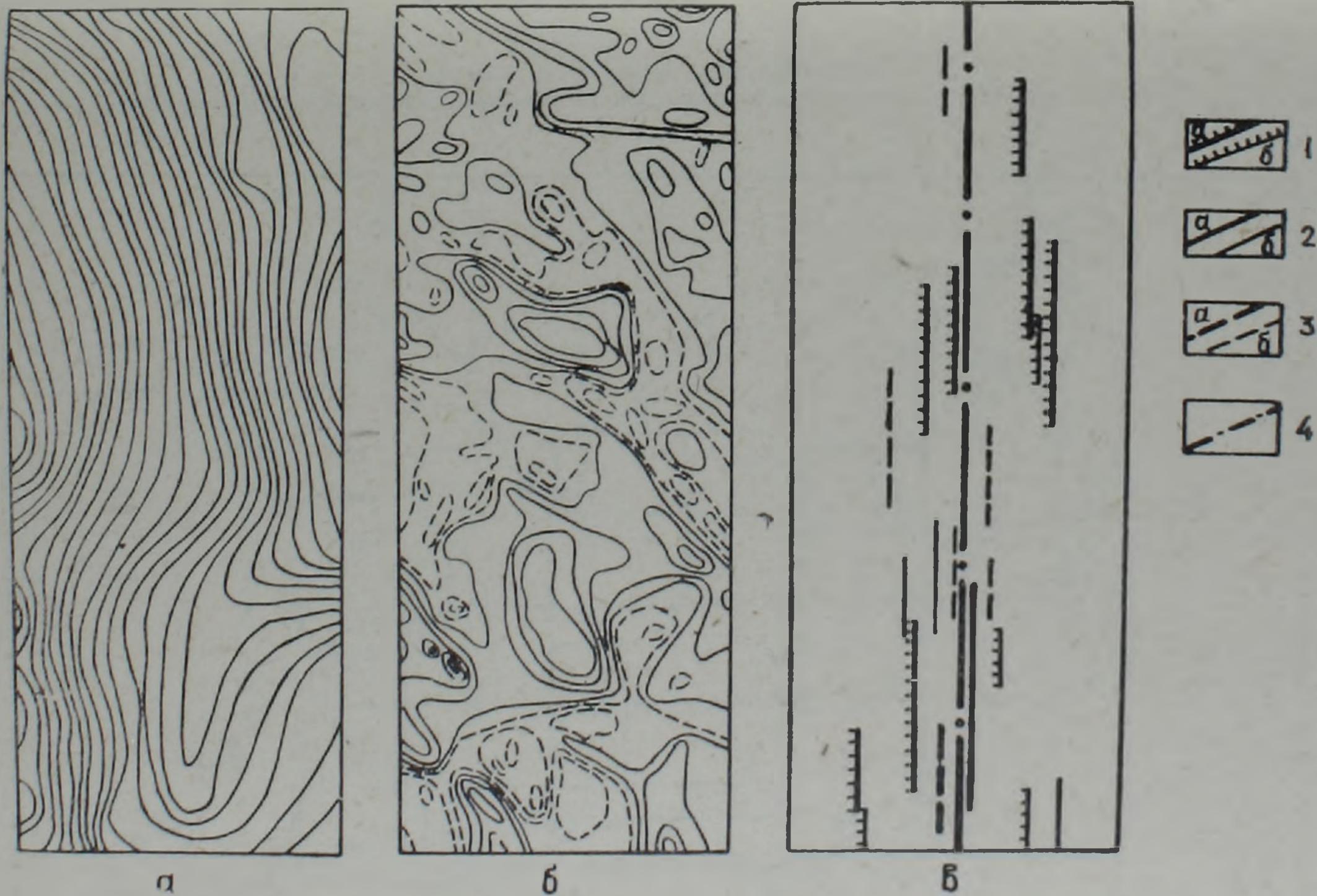


Рис. 1. Пример выделения разлома с азимутом простираения 0° . а—изоаномалии гравитационного поля, б—изолинии магнитного поля, в—выделенная разломная структура. Условные обозначения: 1—ступени: а—гравитационного и б—магнитного полей; 2—линейные аномалии: а—гравитационного и б—магнитного полей; 3—границы областей с различным рисунком изолиний и нарушения корреляции аномалий: а—гравитационного поля, б—магнитного, 4—осевая линия разлома.

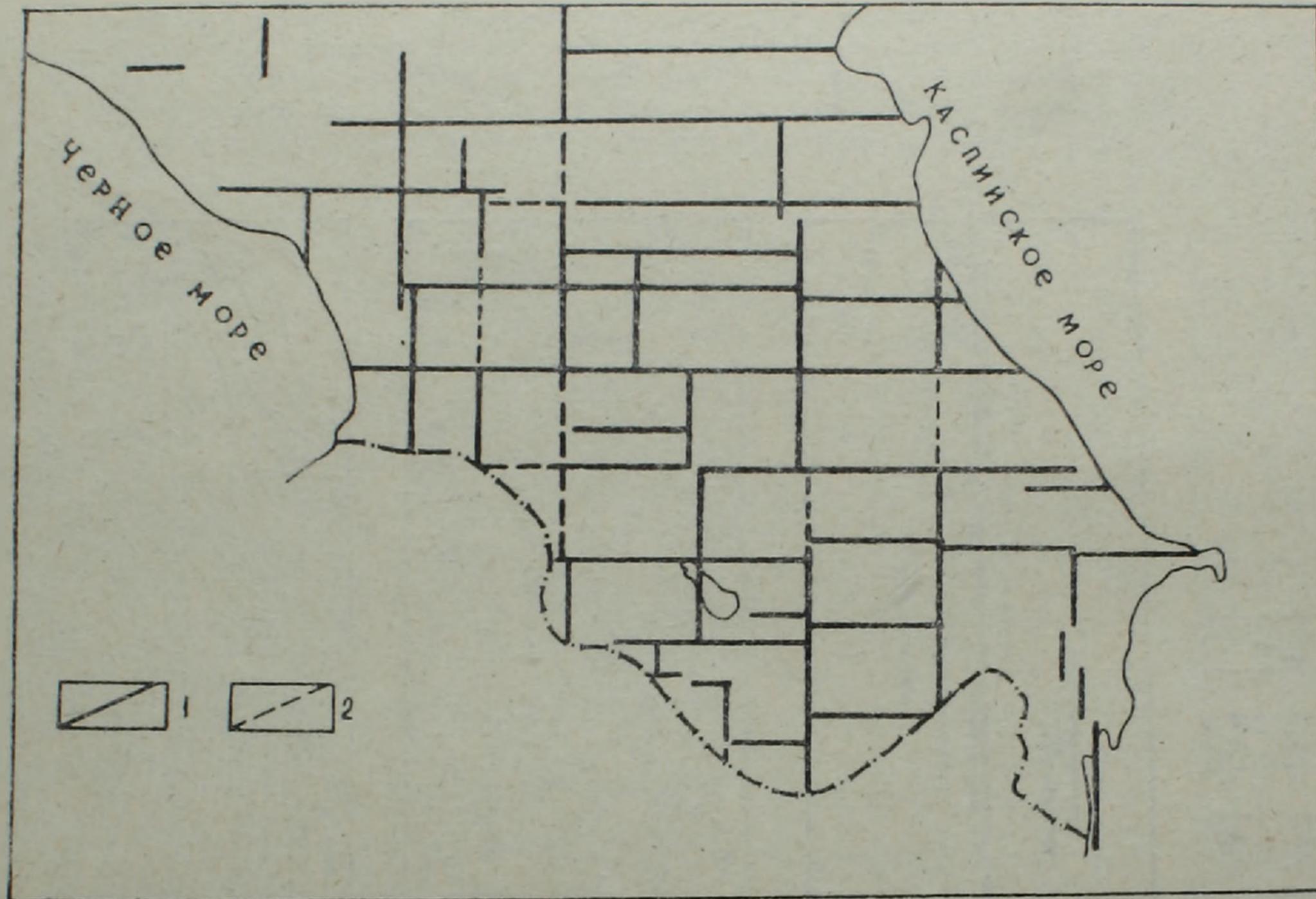


Рис. 2. Схема широтных и меридиональных разломов Кавказа. 1—разломы установленные, 2—разломы предполагаемые.

участки заполнены индикаторами разломов других направлений, что авторами работы [10] объясняется наложением нескольких систем разломов друг на друга, образованных разрядками, разными по времени тектонических активизаций Земли.

Согласно [10] системы разломов отмеченных выше азимутов простираний имеют древнее заложение и являются результатом прошедшей одной разрядки накопившихся внутри Земли напряжений. Значит к альпийскому этапу развития Кавказа данная сеть разломов (кстати, не единственная) уже существовала. Об этом свидетельствует и факт наличия фрагментов унаследованных широтных и меридиональных разломов в ныне существующих разломах, относящихся к альпийскому циклу развития Кавказа (рис. 3).

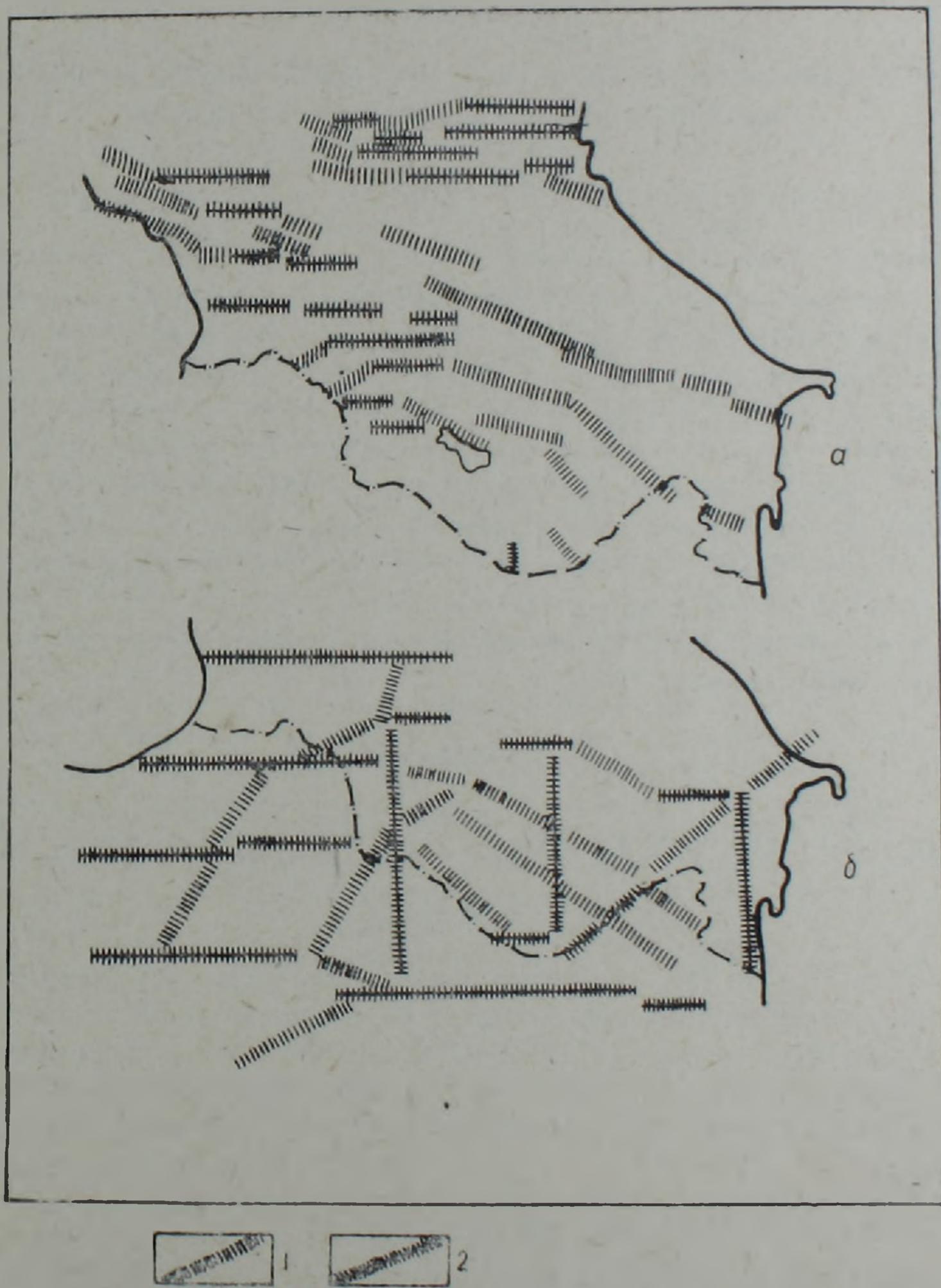


Рис. 3. Примеры наличия фрагментов широтных и меридиональных разломов на схемах выкопированных: а—из технической карты Кавказа [9], б—из схемы тектонических разломов, определенных по отраженным и преломленным волнам [8]. 1—разломы, выделенные авторами [9] и [8], 2—фрагменты широтных и меридиональных разломов.

Следует особо отметить, что в пределах исследуемого региона, наличие разломов широтного и меридионального простираний было отмечено и раньше, в работах [1, 6].

Таким образом, можно заключить, что в формировании современного тектонического облика Кавказа определенную роль сыграли выделенные на рис. 2 широтные и меридиональные разломы.

Институт геофизики и
инженерной сейсмологии
АН АрмССР

Поступила 2.VI.1986.

Է. Մ. ՄԻԿԱԵԼՅԱՆ

ԿՈՎԿԱՍԻ ԼԱՅՆԱԿԻ ԵՎ ՄԻՋՕՐԵԱԿԱՆԻ ՈՒՂՂՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐՈՎ ԲԵԿՎԱԾՔՆԵՐԻ
ԱՆՋԱՏՈՒՄՆ ԸՍՏ ԵՐԿՐԱՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ

Ա մ փ ո փ ու մ

Ելնելով Կովկասի բնատարածքի անոմալ գրավիտացիոն և մագնիսական դաշտերում բեկվածքների ինդիկատորների տեղաբաշխման ուղղութիւններից, առանձնացված են նրանց, հետևաբար և բեկվածքների գերակշռող փոխուղղահայաց շորս ուղղութիւններ: Հողվածում քննարկվում են դրանցից միայն լայնակի և միջօրեականի ուղղութիւններ ունեցողները, որոնք կազմում են իրարից մոտավորապես հավասարահեռ բեկվածքների ցանց: Քանի որ այդ ուղղութիւններով բեկվածքների հատվածներ դիտվում են ալպիական հասակ ունեցող բեկվածքներում, ապա, համաձայն [10], ենթադրվում է առաջինների մինչալպիական հասակը: Այսինքն, ալպիական ժալքավորման ժամանակ բեկվածքների այդ ցանցն արդեն գոյութիւն է ունեցել և նրա որոշ հատվածներ «ժառանգվել են» ալպիական հասակի բեկվածքների գոյանալու ընթացքում:

E. M. MIKAELIAN

REVEALING OF THE CAUCASUS LATITUDINAL AND
MERIDIONAL FAULTS ACCORDING TO THE GEOPHYSICAL DATA

Abstract

According to the Caucasus territory anomalous gravitational and magnetic fields complex analysis there have been revealed four mutually orthogonal fault systems. This paper is devoted only to latitudinal and meridional faults, which make up a network of faults with persistent strikes and definite distances between them. Their pre-Alpine age is assumed.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асланян А. Т. История тектонического развития Тавро-Кавказской области. Ереван: Изд. АН АрмССР. 1984. 161 с.
2. Варданянц А. А. Тектоническая карта Кавказа в масштабе 1:1000000. Труды ВСЕГЕИ, Л.: 1955, нов. сер., т. 10, с. 21—25.
3. Габриелян А. А. Очерк сейсмотектоники Кавказа и сопредельных стран.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1977, № 4—5, с. 27—41.
4. Карта разломов территории СССР и сопредельных стран масштаба 1:1000000. Под ред. А. В. Сидоренко, М.: ГУГК. 1980.
5. Милановский Е. Е., Хаин В. Е. Геологическое строение Кавказа. М.: Изд. МГУ, 1963. 357 с.

6. Низаретян С. Н. Геофизическая характеристика субширотных глубин разломов на территории Армянской ССР.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1981, № 5, с. 21—30.
7. Пьянков В. Я. Особенности разломной тектоники Центрального Донбасса по геофизическим данным. Дисс. на соискание уч. степени канд. геол.-мин. наук. Днепропетровск: ДГИ 1977. 171 с.
8. Сихарулидзе Д. И., Тутберидзе И. П., Баграмян А. Х. и др. Строение, напряженно-деформированное состояние и условия сейсмичности литосферы Малого Кавказа. Тбилиси: Изд. Мецниереба, 1983. 122 с.
9. Тектоническая карта Кавказа, М:1000000. Гл. ред. Гамкрелидзе. Тбилиси: Межведомствен. тектонич. комитет, 1974.
10. Тяпкин К. Ф., Кивелюк Т. Т. Изучение разломных структур геолого-геофизическими методами. М.: Наука, 1982. 240 с.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1986, XXXIX, № 5, 35—40.

УДК 550.831

С. М. ОГАНЕСЯН, А. Г. МАНУКЯН, М. Г. ОГАНЕСЯН

ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ГРАВИМЕТРИИ И МАГНИТОМЕТРИИ

В статье приведены основные результаты, полученные в вычислительном центре ИГИС АН АрмССР за 1981—1985 гг. при разработке методов обработки данных гравиметрии и магнитометрии, применяемых при построении трехмерных геофизических моделей земной коры. Изложены теория и алгоритм двойственного метода нахождения регуляризованного решения линейных и нелинейных некорректных задач геофизики. В основе двойственного метода использование параметрического модифицированного функционала Лагранжа. Разработаны эффективные численные методы решения прямых задач гравиметрии и магнитометрии, учитывающие шарообразность Земли. В результате несложных преобразований задача сводится к вычислению двойных интегралов со слабой особенностью, для численного вычисления которых применяются кубатурные формулы, полученные от декартовых произведений квадратур типа Гаусса-Лежандра.

Изучение глубинного строения земной коры и верхней мантии и структур, перспективных для поисков полезных ископаемых, по данным гравимагнитометрических наблюдений в сложных или крупных регионах необходимо проводить в трехмерном варианте. Переход к трехмерному моделированию среды и поля является актуальной проблемой [14].

Одним из важных вопросов этой проблемы является разработка теоретических и технологических основ эффективных алгоритмов решений трехмерных прямых и обратных задач гравиметрии и магнитометрии (П и ОЗГ и М) и учет сферичности Земли [1, 2, 5, 9].

Пусть ОЗГ и М сформулированы в виде линейных или нелинейных операторных уравнений первого рода

$$Ax = b \text{ или } Fx = b, \quad (1)$$

где A и F — операторы решения ПЗГ или М, $x \in H_1$ — искомый элемент, $b \in H_2$ — наблюдаемый элемент, H_1 и H_2 — гильбертовы пространства.

Известно [15, 10], что задачи (1) в общем случае некорректно поставлены. Теоретические вопросы некорректных задач геофизики достаточно хорошо разработаны и предложены регулярные методы их решения: 1) вариационный способ Тихонова (ВСТ) и его модификации [10, 15] и 2) итерационные [4, 12].

Приведенные регулярные методы в равной степени применимы к двумерным и трехмерным задачам. Однако реализованы они в основном для решения двумерных обратных задач. Это связано с тем, что численное решение трехмерных ОЗГ и М ВСТ и итерационными методами даже на самых мощных современных ЭВМ исключительно сложно или просто невозможно.

6. Низаретян С. Н. Геофизическая характеристика субширотных глубин разломов на территории Армянской ССР.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1981, № 5, с. 21—30.
7. Пьянков В. Я. Особенности разломной тектоники Центрального Донбасса по геофизическим данным. Дисс. на соискание уч. степени канд. геол.-мин. наук. Днепропетровск: ДГИ 1977. 171 с.
8. Сихарулидзе Д. И., Тутберидзе И. П., Баграмян А. Х. и др. Строение, напряженно-деформированное состояние и условия сейсмичности литосферы Малого Кавказа. Тбилиси: Изд. Мецниереба, 1983. 122 с.
9. Тектоническая карта Кавказа, М:1000000. Гл. ред. Гамкрелидзе. Тбилиси: Межведомствен. тектонич. комитет, 1974.
10. Тяпкин К. Ф., Кивелюк Т. Т. Изучение разломных структур геолого-геофизическими методами. М.: Наука, 1982. 240 с.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1986, XXXIX, № 5, 35—40.

УДК 550.831

С. М. ОГАНЕСЯН, А. Г. МАНУКЯН, М. Г. ОГАНЕСЯН

ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ГРАВИМЕТРИИ И МАГНИТОМЕТРИИ

В статье приведены основные результаты, полученные в вычислительном центре ИГИС АН АрмССР за 1981—1985 гг. при разработке методов обработки данных гравиметрии и магнитометрии, применяемых при построении трехмерных геофизических моделей земной коры. Изложены теория и алгоритм двойственного метода нахождения регуляризованного решения линейных и нелинейных некорректных задач геофизики. В основе двойственного метода использование параметрического модифицированного функционала Лагранжа. Разработаны эффективные численные методы решения прямых задач гравиметрии и магнитометрии, учитывающие шарообразность Земли. В результате несложных преобразований задача сводится к вычислению двойных интегралов со слабой особенностью, для численного вычисления которых применяются кубатурные формулы, полученные от декартовых произведений квадратур типа Гаусса-Лежандра.

Изучение глубинного строения земной коры и верхней мантии и структур, перспективных для поисков полезных ископаемых, по данным гравимагнитометрических наблюдений в сложных или крупных регионах необходимо проводить в трехмерном варианте. Переход к трехмерному моделированию среды и поля является актуальной проблемой [14].

Одним из важных вопросов этой проблемы является разработка теоретических и технологических основ эффективных алгоритмов решений трехмерных прямых и обратных задач гравиметрии и магнитометрии (П и ОЗГ и М) и учет сферичности Земли [1, 2, 5, 9].

Пусть ОЗГ и М сформулированы в виде линейных или нелинейных операторных уравнений первого рода

$$Ax = b \text{ или } Fx = b, \quad (1)$$

где A и F — операторы решения ПЗГ или М, $x \in H_1$ — искомый элемент, $b \in H_2$ — наблюдаемый элемент, H_1 и H_2 — гильбертовы пространства.

Известно [15, 10], что задачи (1) в общем случае некорректно поставлены. Теоретические вопросы некорректных задач геофизики достаточно хорошо разработаны и предложены регулярные методы их решения: 1) вариационный способ Тихонова (ВСТ) и его модификации [10, 15] и 2) итерационные [4, 12].

Приведенные регулярные методы в равной степени применимы к двумерным и трехмерным задачам. Однако реализованы они в основном для решения двумерных обратных задач. Это связано с тем, что численное решение трехмерных ОЗГ и М ВСТ и итерационными методами даже на самых мощных современных ЭВМ исключительно сложно или просто невозможно.

Поэтому в работах [9, 5] разработаны двойственные варианты ВСТ и модифицированного метода Гаусса-Ньютона (ДВ ВСТ и ММГН) решения задач (1).

Пусть x^* нормальное решение уравнения $Ax=b$. Известно, что в качестве приближения к элементу x^* в ВСТ берется единственный элемент x^α , минимизирующий функционал [15].

$$T^\alpha[x] = \|Ax - b\|_{H_2}^2 + \alpha \|x\|_{H_1}^2, \alpha > 0, \quad (2)$$

а в ММГН [4, 12]

$$x_{n+1} = x_n - (A^*A + \alpha_n E_1)^{-1} A^* (Ax_n - b) \quad (3)$$

при согласовании значений параметров α и n с уровнем помехи наблюдаемой величины b , где E_1 — единичный оператор в H_1 , A^* — оператор, сопряженный к A .

Идея ДВ ВСТ нахождения приближенного решения задачи (1) заключается в следующем [9, 5]. Элемент x^α находится не из уравнения Эйлера для функционала (2)

$$A^*Ax + \alpha x = A^*b, \quad (4)$$

а из системы уравнений Эйлера

$$\begin{cases} x = A^*\varphi \\ Ax + \alpha\varphi = b \end{cases} \quad (5)$$

для параметрического модифицированного функционала Лагранжа

$$L^\alpha[x, \varphi] = \frac{1}{2} \|x\|_{H_1}^2 - (Ax - b, \varphi) - \frac{1}{2} \alpha \|\varphi\|_{H_2}^2, \alpha > 0. \quad (7)$$

Подставляя равенство (5) в (6), получим уравнение

$$AA^*\varphi + \alpha\varphi = b \quad (8)$$

для определения элемента $\varphi^\alpha = (AA^* + \alpha E_2)^{-1}b$. Покажем, что элемент $A^*\varphi^\alpha$ совпадает с x^α . Действительно, умножив равенство (8) при $\varphi = \varphi^\alpha$ слева на A^* получим

$$A^*AA^*\varphi^\alpha + \alpha A^*\varphi^\alpha = A^*b. \quad (9)$$

т. е. $x^\alpha = A^*\varphi^\alpha$.

Таким образом нахождение элемента x^α в ДВ ВСТ состоит из трех этапов [9]: 1) определения φ^α из уравнения (8); 2) вычисления x^α по формуле $x^\alpha = A^*\varphi^\alpha$; 3) выборе параметра регуляризации α по некоторому критерию [15].

В практических задачах геофизики наблюдаемая величина b задана на некоторой поверхности Q , которая имеет размерность, равную двум. Поэтому структура оператора A^* такова, что в уравнении (8) неизвестная функция φ фактически всегда имеет размерность на единицу меньше размерности функции x исходного уравнения (1). При определении x^α по формуле (5) происходит «расширение» размерности решения φ^α двойственной задачи до размерности x^α т. е. в ДВ ВСТ при помощи декомпозиции исходной задачи по две подзадачи (8) и (5) удается уменьшить размерность решаемой задачи на единицу. Этим определяется большое практическое удобство двойственных методов при их реализации на ЭВМ [9].

Замечание. Двойственный метод обобщает способ оптимальных решений А. И. Кобрунова [1], а также весьма популярный за рубежом метод Бейкуса-Гильберта.

Из уравнений (4) и (8) имеем: $x^\alpha = (A^*A + \alpha E_2)^{-1}A^*b = A^*(AA^* + \alpha E_2)^{-1}b$, т. е. [5]

$$(A^*A + \alpha E_1)^{-1}A^* = A^*(AA^* + \alpha E_2)^{-1}. \quad (10)$$

Операторное равенство (10) и более общее равенство

$$A^*g(AA^*) = g(A^*A)A^*, \quad (11)$$

где $g(t)$ — непрерывная ограниченная функция на $]0\infty[$, позволяют конструировать двойственные варианты многих итерационных методов [5]. В частности ДВ ММГН для задач (1) записываются следующим образом:

$$\varphi_{n+1} = \varphi_n - (AA^* + \alpha^n E_2)^{-1}(AA^*\varphi_n - b), \quad (12)$$

$$x_{n+1} = A^*\varphi_{n+1}, \quad x_0 = A^*\varphi_0, \quad n = 0, 1, 2, \dots; \quad (13)$$

$$\varphi_{n+1} = (F^1(x_n)F^{1*}(x_n) + \alpha_n E_2)^{-1}(Fx_n - b),$$

$$x_{n+1} = x_n - F^{1*}(x_n)\varphi_{n+1}, \quad n = 0, 1, 2, \dots,$$

где $F^1(x)$ — производная Фреше оператора F .

В зависимости от конкретного вида стабилизатора $\Omega(x)$ в функционале Тихонова получаются семейства РА для решения задач (1), которые обладают различными помехоустойчивыми свойствами. Выбор конструкции стабилизатора является специфической для каждой задачи и существенно зависит от качественных свойств искомого решения. В работе [6] для решения трехмерных линейной ОЗГ и нелинейной обратной задачи о контактной поверхности в качестве условного стабилизатора выбран функционал энергии деформации тонкой изогнутой пластинки на упругом основании с использованием дополнительной информации типа краевых условий.

Приемами методов конечных элементов и конечных разностей построены матричные аппроксимации интегральных и дифференциальных операторов, входящих в соответствующие уравнения Эйлера. Используя полученные конечномерные аналоги операторов, построены эффективные алгоритмы решения трехмерных линейных и нелинейных ОЗГ и М двойственными вариантами ВСТ и ММГН.

При построении региональных гравитационных и магнитных моделей земной коры и верхней мантии применение вышеописанных алгоритмов наталкивается на технические трудности, связанные с отсутствием эффективных программ решения ПЗГ и М с учетом сферичности Земли [2, 11, 13].

Математическая постановка ПЗГ и М с учетом сферичности Земли удобно осуществляется в геоцентрической сферической системе координат. Это позволяет в алгоритмах решения прямых и обратных задач использовать географические координаты [2, 13].

В геоцентрической сферической системе координат (r, φ, λ) выделим сферический прямоугольный параллелепипед, т. е. тело, ограниченное сферическими координатными поверхностями $\varphi_1, \varphi_2, \lambda_1, \lambda_2, r_1, r_2$. Относительно плотности тела сделаем предположение, что она изменяется по глубине по линейному закону

$$\sigma(r) = \sigma + k(r_2 - r), \quad (15)$$

где σ — постоянная плотность, k — коэффициент, характеризующий изменение плотности по направлению r ; r_2 — координата верхней поверхности тела.

Гравитационный потенциал сферического прямоугольного параллелепипеда на произвольную внешнюю точку $(R, \varphi_0, \lambda_0)$ описывается соотношением

$$V(R, \varphi_0, \lambda_0) = G \int_{r_1}^{r_2} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{\delta(r)r^3 \sin \varphi \, d\varphi \, d\lambda \, dr}{p} \quad (16)$$

где G — гравитационная постоянная, $p^2 = R^2 + r^2 - 2Rr \cos \omega$; $\cos \omega = \cos \varphi_0 \cos \varphi + \sin \varphi_0 \sin \varphi \cos(\lambda_0 - \lambda)$.

Магнитный потенциал намагниченного сферического прямоугольного параллелепипеда, имеющего вектор намагниченности $\mu = (l, \varphi^*, \lambda^*)$, выражается формулой

$$T(R, \varphi_0, \lambda_0) = \int_{r_1}^{r_2} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \frac{l(\varphi, \lambda) r^2}{p^3} (R \cos \alpha - r \cos \beta) \sin \varphi d\varphi d\lambda dr, \quad (17)$$

где $\cos \alpha = \cos \varphi^* \cos \varphi_0 + \sin \varphi^* \sin \varphi_0 \cos (\lambda^* - \lambda_0)$; $\cos \beta = \cos \varphi^* \cos \varphi + \sin \varphi^* \sin \varphi \cos (\lambda^* - \lambda)$.

Формулы (16), (17) для потенциалов, первых и вторых производных гравитационного потенциала $V_R, V_\varphi, V_\lambda, V_{R\varphi}, \dots, V_{\lambda\lambda}$ и компонентов вектора напряженности магнитного поля $T_R, T_\varphi, T_\lambda$ можно представить в виде сумм интегралов следующего вида:

$$W(R, \varphi_0, \lambda_0) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} E(\varphi, \lambda) F_n^m(\varphi, \lambda) d\varphi d\lambda, \quad (18)$$

где

$$F_n^m(\varphi, \lambda) = \int_{r_1}^{r_2} \frac{r^m}{p^n} dr, \quad m = 0, 1, 2, \dots; \quad n = 2i + 1, \quad i = 0, 1, 2, \dots \quad (19)$$

Интегралы (19) вычисляются аналитически [11, 13], двойные интегралы (18) — нет. Для их приближенного вычисления обратимся к кубатурным формулам.

Известно [11, 13], что решение рассматриваемой задачи относится к числу довольно трудных. Следовательно, кубатурная формула, по которой необходимо вычислить значения $W(R, \varphi_0, \lambda_0)$, должна иметь максимальную алгебраическую степень точности и, одновременно, минимальное количество узлов интегрирования. Алгебраическая точность кубатурной формулы находится в прямой связи с гармоническими моментами гравитационного поля, для определения которого она применяется. Отсюда следует, что для решения задачи (18) самыми целесообразными являются кубатурные формулы, полученные от декартовых произведений квадратур типа Гаусса-Лежандра [2, 11]. Они при n узлах интегрирования имеют алгебраическую степень точности, равной $2n-1$.

Вычисления значений $W(R, \varphi_0, \lambda_0)$ существенно зависят от порядка производной гравитационного или магнитного потенциалов, горизонтальных размеров тела, глубины его погружения и положения точек $(R, \varphi_0, \lambda_0)$.

В некоторых экстремальных случаях может оказаться, что в рамках имеющихся кубатурных формул поставленная задача не решается с необходимой точностью. Возникает вопрос организации сходящегося кубатурного процесса. В работе [2] приведено описание разработанного оптимального кубатурного процесса, минимизирующего по времени вычисление значения двойного интеграла со слабой особенностью с необходимой точностью.

Как показывают практические расчеты, вычислительный процесс весьма устойчив при любых значениях φ и λ , что очень важно, при небольших глубинах погружения тела.

Разработанные теоретические вопросы и эффективные численные методы решений прямых и обратных задач гравиметрии и магнитометрии позволяют конструировать алгоритмы для построения трехмер-

ных геофизических моделей земной коры и верхней мантии, а также структур, перспективных для поисков месторождений нефти и газа, полезных ископаемых.

Ордена Трудового Красного Знамени
Институт геофизики и инженерной
сейсмологии АН АрмССР

Поступила 23.VI. 1986.

Ս. Մ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ա. Դ. ՄԱՆՈՒԿՅԱՆ, Մ. Գ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ .

**ԿՐԱՎԻՉԱՓԱԿԱՆ ԵՎ ՄԱԳՆԻՍԱԶԱՓԱԿԱՆ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՄՇԱԿՄԱՆ
ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏ ՄԵԹՈՒՆԵՐ**

Ա մ փ ո փ ու մ

Հոդվածում բերված են ՀՍՍՀ ԳԱ ԵԻՍԻ Հաշվողական կենտրոնում 1981—1985 թթ. ընթացքում երկրակեղևի եռաչափ երկրաֆիզիկական մոդելի կառուցման համար նախատեսված գրավիչափական և մագնիսաչափական տվյալների մշակման մեթոդների ուղղությամբ ստացված հիմնական արդյունքները: Տրված է երկրաֆիզիկական անկոոեկտորեն դրված գծային և ոչ գծային խնդիրների երկակի մեթոդով կանոնավոր լուծում գտնելու տեսության և ալգորիթմների շարադրանքը: Երկակի մեթոդի հիմքում ընկած է Հագրանժի ձևափոխված սլարամետրիկ ֆունկցիոնալի կիրառումը: Գրավիմետրիայի և մագնիսաչափության ուղիղ խնդիրների լուծման համար մշակված են արդյունավետ թվային մեթոդներ, որոնք հաշվի են առնում Երկրի գնդաձևությունը: Ոչ բարդ ձևափոխությունների շնորհիվ խնդիրը բերվում է թույլ եզակիություն ունեցող կրկնակի ինտեգրալների հաշվմանը, որոնց թվային հաշվարկման համար կիրառվում են Գաուս-Լեժանդրի տիպի քառակուսացումների դեկարտյան արտադրյալներից ստացված խորանարդացված բանաձևեր:

S. M. HOVHANNISIAN, A. G. MANUKIAN, M. G. HOVHANNISIAN

**EFFECTIVE METHODS OF PROCESSING THE GRAVIMETRIC
AND MAGNETOMETRIC DATA**

A b s t r a c t

In the paper there are given the general results obtained at the Computing centre of the Institute of Geophysics and Engineering seismology of the Academy of Sciences of the Armenian SSR for 1981—1985 while working out the effective methods for processing the gravimetric and magnetometric data, being used for the Earth's crust three—dimensional geophysical model compiling.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Кобрунов А. И. К вопросу об интерпретации аномальных гравитационных полей методом оптимизации (трехмерная задача).—Изв. АН СССР. Физика Земли, 1979, № 10, с. 67—76.
2. Манукян А. Г. Решение прямых и обратных задач гравиметрии и магнитометрии на шарообразных планетах. Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. канд. физ.-мат. наук. Киев: ИГ АН УССР, 1985, 23 с.
3. Оганесян С. М. Решение обратной задачи гравиметрии в классе $L_2(S)$ распределения плотностей.—ДАН УССР, 1981, сер. Б, № 6, с. 39—43.
4. Оганесян С. М. Решение обратных задач гравиметрии итерационными методами.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1981, т. 34, № 5, с. 68—74.

5. Оганесян С. М. Решение линейных некорректных задач гравиметрии двойственным методом.—ДАН УССР, 1982, сер. Б, № 9, с. 13—18.
6. Оганесян С. М. Решение трехмерной обратной задачи о контактной поверхности при помощи некоторых многомерных стабилизирующих функционалов.—В кн.: Тезисы докладов научно-технической конференции молодых геофизиков Закавказья. Ленинакан: 1983, с. 5—6.
7. Оганесян С. М. Обратная задача теории потенциала в пространстве $L_p(S)$.—В кн.: Теория и методы решения некорректно поставленных задач и их приложения. Саратов: Изд. СУ, 1985, с. 112—113.
8. Оганесян С. М., Старостенко В. И. Тела нулевого внешнего гравитационного потенциала: о забытых работах и современном состоянии теории.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1985, № 3, с. 49—62.
9. Оганесян С. М., Старостенко В. И., Оганесян М. Г. Двойственный метод решения линейных некорректных задач геофизики.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1984, № 6, с. 64—78.
10. Старостенко В. И. Устойчивые численные методы в задачах гравиметрии. Киев: Наукова Думка, 1978. 228 с.
11. Старостенко В. И., Манукян А. Г. Решение прямой задачи гравиметрии на шарообразной Земле.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1983, № 12, с. 34—49.
12. Старостенко В. М., Оганесян С. М. Регуляризирующие итерационные процессы.—В кн.: Методы решения некорректных задач и их приложения. Новосибирск: Изд. ВЦ СО АН СССР, 1982, с. 119—128.
13. Старостенко В. И., Манукян А. Г., Заворотько А. М. Построение плотностных моделей крупных структур планет.—ДАН СССР, 1983, сер. Б, № 5, с. 21—24.
14. Страхов В. Н., Гольдшмидт В. И., Калинина Т. Б., Старостенко В. И. Состояние и перспективы развития в СССР теории интерпретации гравитационных и магнитных аномалий.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1982, № 5, с. 11—30.
15. Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1979, 288 с.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1986, XXXIX, № 5, 40—47.

УДК 550.344.37

Э. Г. ГЕДАКЯН, Г. В. САРГСЯН, Х. В. КИРАКОСЯН, Е. П. ТОНОЯН

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ ТЕРРИТОРИИ АРМЯНСКОЙ ССР

Сделана попытка выделения предвестников землетрясений по сейсмическому затиханию, изменению отношения скоростей объемных волн, параметров электротеллурических и магнитных полей.

Исследуемый район является одним из сейсмоактивных участков Кавказа, где сила ожидаемых землетрясений достигает 8 баллов.

Густая сеть сейсмических станций и проведение с 1981 года стационарных режимных геомагнитных и электротеллурических наблюдений позволяют обоснованно заниматься выделением предвестников землетрясений.

За период стационарных наблюдений произошел ряд землетрясений с энергетическим классом величиной до 11,5.

При рассмотрении расположения очагов землетрясений и последовательности их возникновения во времени выявилась определенная закономерность миграции этих землетрясений в юго-восточном направлении.

Определение динамических параметров очагов землетрясений показало некоторую приуроченность простирания плоскостей разрывов в очагах землетрясений с СЗ на ЮВ. Исходя из этого, для рассмотрения пространственно-временного графика распределения землетрясений, происходящих в вышеуказанный период наблюдений, была выбрана условная геометрическая ось с началом отсчета от гор. Ахалкалаки и направлением на ЮВ, протяженностью 80 км. Рассматривалось пространственно-временное распределение эпицентров землетрясений, начиная с представительного для изучаемого района энергетического класса $K=7$ с точностью определения координат ± 5 км.

Эпицентры землетрясений, происходящих на площади, ограниченной шириной 15 км по обеим сторонам условно выбранной геометри-

5. Оганесян С. М. Решение линейных некорректных задач гравиметрии двойственным методом.—ДАН УССР, 1982, сер. Б, № 9, с. 13—18.
6. Оганесян С. М. Решение трехмерной обратной задачи о контактной поверхности при помощи некоторых многомерных стабилизирующих функционалов.—В кн.: Тезисы докладов научно-технической конференции молодых геофизиков Закавказья. Ленинакан: 1983, с. 5—6.
7. Оганесян С. М. Обратная задача теории потенциала в пространстве $L_p(S)$.—В кн.: Теория и методы решения некорректно поставленных задач и их приложения. Саратов: Изд. СУ, 1985, с. 112—113.
8. Оганесян С. М., Старостенко В. И. Тела нулевого внешнего гравитационного потенциала: о забытых работах и современном состоянии теории.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1985, № 3, с. 49—62.
9. Оганесян С. М., Старостенко В. И., Оганесян М. Г. Двойственный метод решения линейных некорректных задач геофизики.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1984, № 6, с. 64—78.
10. Старостенко В. И. Устойчивые численные методы в задачах гравиметрии. Киев: Наукова Думка, 1978. 228 с.
11. Старостенко В. И., Манукян А. Г. Решение прямой задачи гравиметрии на шарообразной Земле.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1983, № 12, с. 34—49.
12. Старостенко В. М., Оганесян С. М. Регуляризирующие итерационные процессы.—В кн.: Методы решения некорректных задач и их приложения. Новосибирск: Изд. ВЦ СО АН СССР, 1982, с. 119—128.
13. Старостенко В. И., Манукян А. Г., Заворотько А. М. Построение плотностных моделей крупных структур планет.—ДАН СССР, 1983, сер. Б, № 5, с. 21—24.
14. Страхов В. Н., Гольдшмидт В. И., Калинина Т. Б., Старостенко В. И. Состояние и перспективы развития в СССР теории интерпретации гравитационных и магнитных аномалий.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1982, № 5, с. 11—30.
15. Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1979, 288 с.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1986, XXXIX, № 5, 40—47.

УДК 550.344.37

Э. Г. ГЕДАКЯН, Г. В. САРГСЯН, Х. В. КИРАКОСЯН, Е. П. ТОНОЯН

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ ТЕРРИТОРИИ АРМЯНСКОЙ ССР

Сделана попытка выделения предвестников землетрясений по сейсмическому затиханию, изменению отношения скоростей объемных волн, параметров электротеллурических и магнитных полей.

Исследуемый район является одним из сейсмоактивных участков Кавказа, где сила ожидаемых землетрясений достигает 8 баллов.

Густая сеть сейсмических станций и проведение с 1981 года стационарных режимных геомагнитных и электротеллурических наблюдений позволяют обоснованно заниматься выделением предвестников землетрясений.

За период стационарных наблюдений произошел ряд землетрясений с энергетическим классом величиной до 11,5.

При рассмотрении расположения очагов землетрясений и последовательности их возникновения во времени выявилась определенная закономерность миграции этих землетрясений в юго-восточном направлении.

Определение динамических параметров очагов землетрясений показало некоторую приуроченность простирания плоскостей разрывов в очагах землетрясений с СЗ на ЮВ. Исходя из этого, для рассмотрения пространственно-временного графика распределения землетрясений, происходящих в вышеуказанный период наблюдений, была выбрана условная геометрическая ось с началом отсчета от гор. Ахалкалаки и направлением на ЮВ, протяженностью 80 км. Рассматривалось пространственно-временное распределение эпицентров землетрясений, начиная с представительного для изучаемого района энергетического класса $K=7$ с точностью определения координат ± 5 км.

Эпицентры землетрясений, происходящих на площади, ограниченной шириной 15 км по обеим сторонам условно выбранной геометри-

ческой оси, проектировались на плоскость, проходящую через ось перпендикулярно земной поверхности. При этом линейные размеры очага не учитывались и обозначения энергетических классов приняты условно. За начало отсчета временного распределения землетрясений был принят июль месяц 1980 г.

Как видно из рис. 1, формирование области сейсмического затишья для землетрясения 1.02.1981 г. с $K=11,0$ началось с сентября 1980 года и длилось около 4-х месяцев. По мере формирования области затишья увеличивались ее линейные размеры, образуя так называемую «бухту» размером порядка 20 км. Информативными для этого землетрясения оказались землетрясения с энергетическим классом $K=7-8$. Образование «бухты» показано на графике штриховыми линиями.

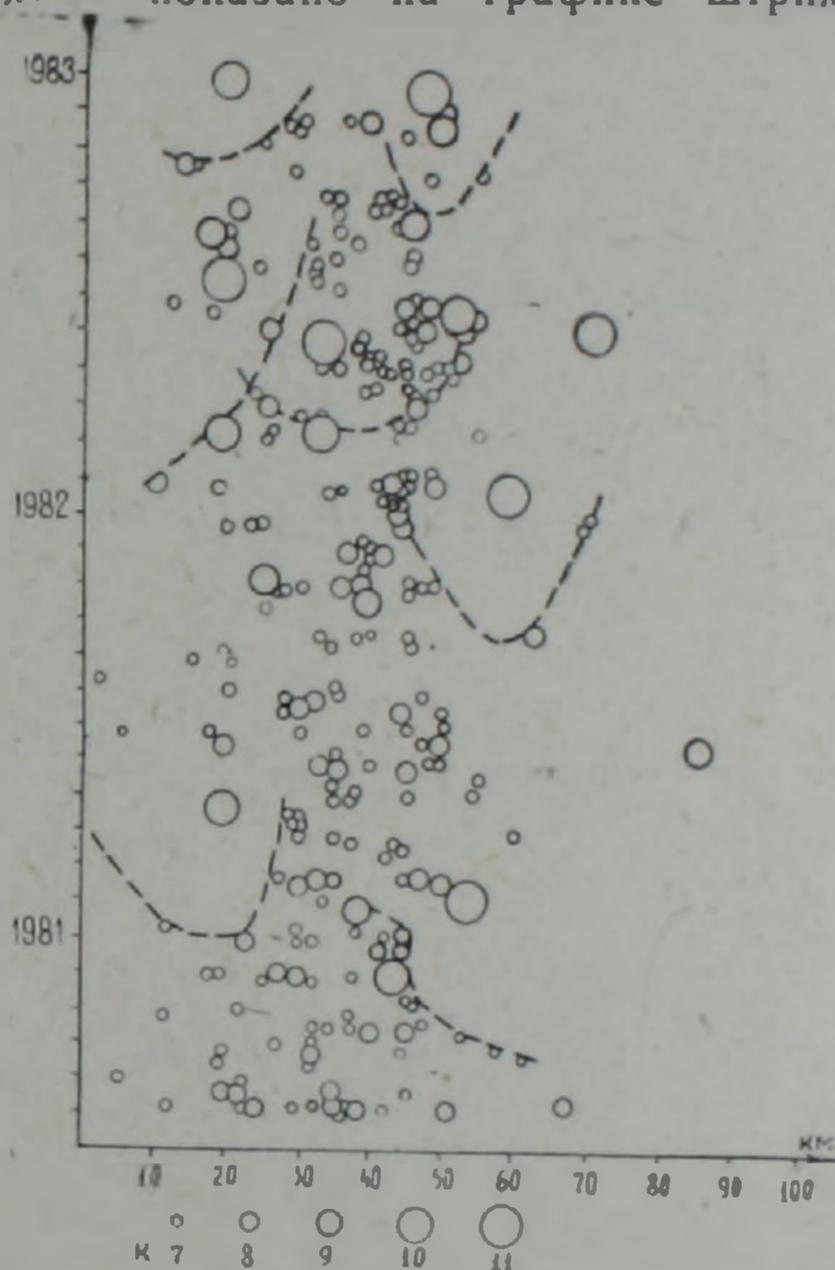


Рис. 1. График границ областей запрета перед землетрясениями $K=11$.

Уже к завершающему этапу образовавшейся области затишья к землетрясению 1-го февраля 1981 года в противоположной стороне выбранного направления начался процесс образования области сейсмического затишья к землетрясению 16 апреля 1981 г. В начальной стадии его линейные размеры составляли 15 км, увеличиваясь по мере накопления упругих деформационных напряжений до 30 км к моменту возникновения землетрясения. Период подготовки данного землетрясения также составляет 4 месяца. После относительной разрядки всей зоны с сентября 1981 года начался процесс образования «бухты» на юго-восточной части изучаемой территории, длившийся около 4-х месяцев до возникновения землетрясения 17 января 1982 года с $K=11,2$. Линейные размеры образовавшейся «бухты» также составляли 15 км в начальной стадии и около 25 км к моменту возникновения. На графике изменений сейсмического «фона» (рис. 2e) с января 1982 года наблюдается активизация сейсмичности района. В связи с этим увеличиваются значения суммарной высвобожденной энергии изучаемой площади (рис. 2d).

За этот период изменяется также уровень электротеллурического поля (ЭТП). Изменение ЭТП особенно велико на приемных установках ориентированных В—З. Регистрируемые напряжения ЭТП с августа

до конца ноября (до начала сейсмической активизации) представляют собой относительно спокойные вариации с небольшой амплитудой (рис. 2б, в).

На рис. 2г приведено изменение отношения скоростей волн V_p/V_s . Как видно из графика, уменьшение V_p/V_s от среднего значения—1,7 сопровождается землетрясением 17 января 1982 года. Перед этим землетрясением с 20—25 декабря 1981 года наблюдается резкое изменение напряженности ЭТП (рис. 2б, в). В отношении осадков и изменения температуры январь 1982 года, по данным Степанаванской метеостанции, был достаточно стабильным (рис. 2а).

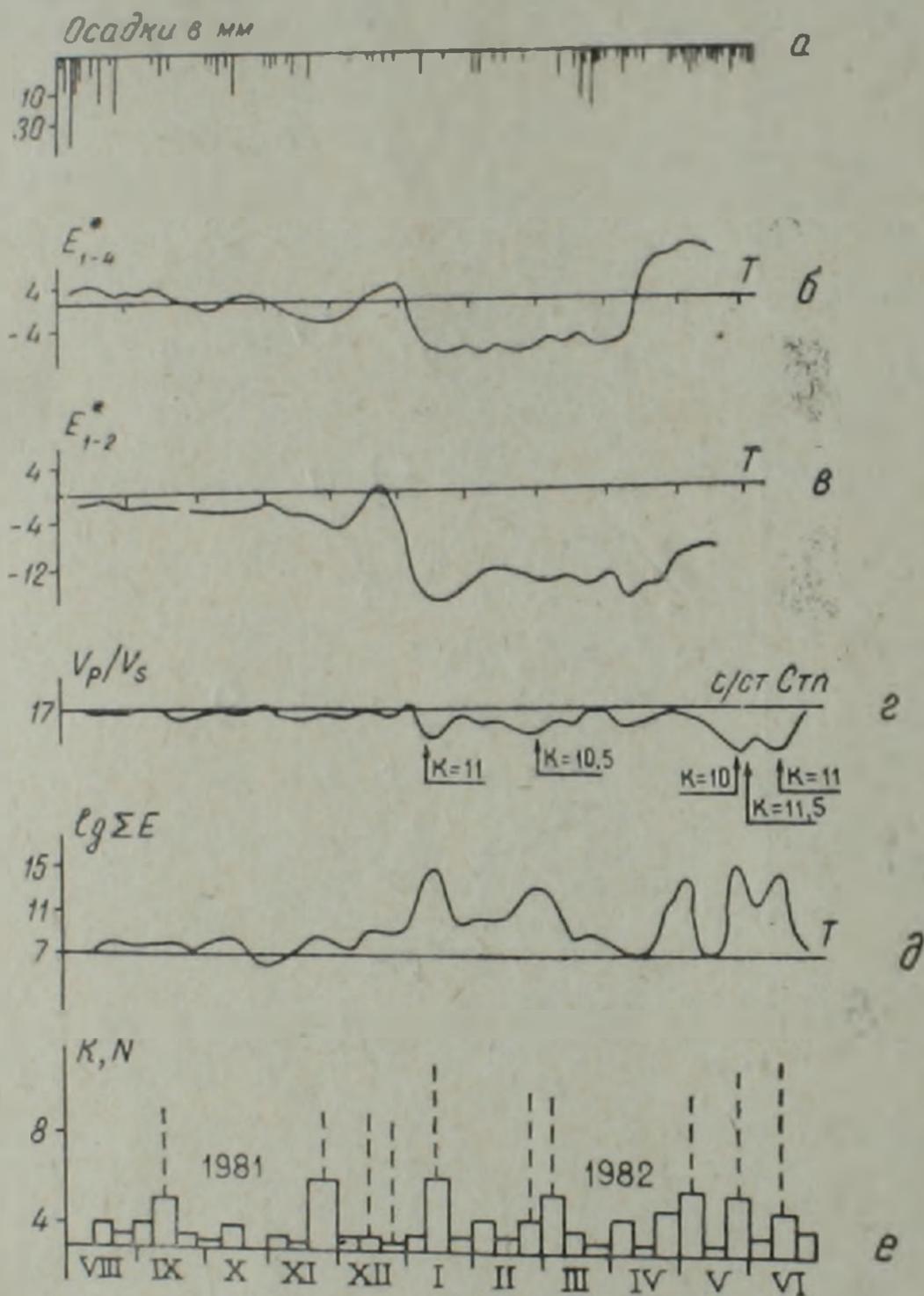


Рис. 2. Временные изменения геофизических параметров: а) атмосферные осадки по метеорологической станции «Гюлакарак», б, в) напряженности ЭТП на измерительных установках, г) отношение скоростей V_p/V_s по с/станции «Степанаван», д) суммарная высвобожденная энергия $\lg \Sigma E$ о изучаемого района, е) ожидаемое распределение числа землетрясений от $K \geq 6$.

При дальнейшем изучении временного распределения сейсмичности в период возникновения землетрясений с энергетическими классами 10,5 и 11,5 были выявлены характерные временные «бухты» образования сейсмического затишья к землетрясениям 1 мая 1982 года с $K=11,5$, 14 июля с $K=11,0$, 1 декабря 1982 года с $K=11,2$, 16 декабря 1982 г. с $K=10,0$ (рис. 3).

За вышеотмеченный период наблюдается также увеличение значений суммарной высвобожденной энергии ΣE от изучаемой площади (рис. 2д), увеличение значений ЭТП на обеих измерительных установках (рис. 2б, в) и изменение V_p/V_s до землетрясений (рис. 2).

Исходя из выделенных закономерностей краткосрочных снижений сейсмической активности перед землетрясениями с $K=10,5$ и $K=11,5$

была применена методика выделения пространственных областей сейсмических затиший перед этими землетрясениями.

Инструментальные статистические данные о землетрясениях северо-западной части Армянской ССР позволяют рассматривать изучаемый район с целью выделения областей дефицитов и запретов в период подготовки землетрясений с энергетическим классом $K=11$ [1, 6].

На рис. 3 приведены карты эпицентров с 1.08.1980 г. по 1.02.1981 г. и с 11.06.1981 г. по 17.01.1982 г., с выделением на них областей запретов, предвещающих основные землетрясения с энергетическими классами $K=11$. Условными знаками отмечены зоны дефицита и запрета.

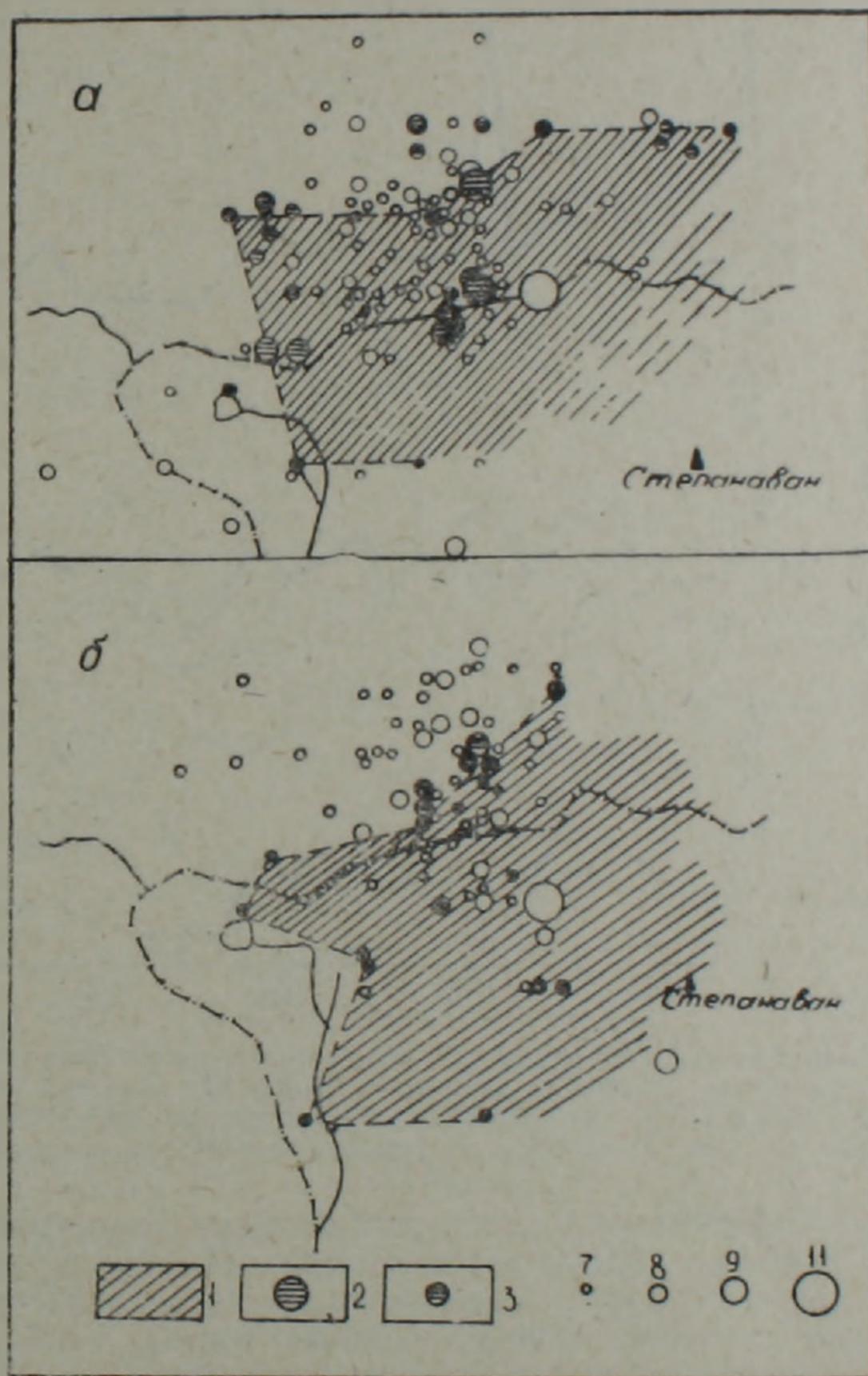


Рис. 3. Карты эпицентров землетрясений северо-западной части Армянской ССР с 1.08.1980 по 1.02.1981 гг. и с 11.06.1981 по 17.01.1982 гг.

Как видно из рис. 3, во всех случаях возникновения землетрясений энергетического класса 11 в изучаемом районе четко выделяются зоны запрета землетрясений с довольно устойчивым периодом от 20 до 30 дней.

Период возникновения дефицита землетрясений по отношению к среднему долговременному значению—устойчивая величина и составляет 20—28 дней за исключением землетрясения 1 февраля 1981 года, где наблюдается дефицит в количестве $K=7$ и $K=10$ в течение 2,5 месяцев.

Аномальные изменения электромагнитного поля (ЭМП) в связи с сейсмическими событиями могут произойти вследствие изменения проводимости горных пород под влиянием различных физических факторов (трещинообразование, изменение режима грунтовых вод, изменение температуры и давления, электрокинетические эффекты и т. д.). Тогда при воздействии внешних переменных электромагнитных полей по ме-

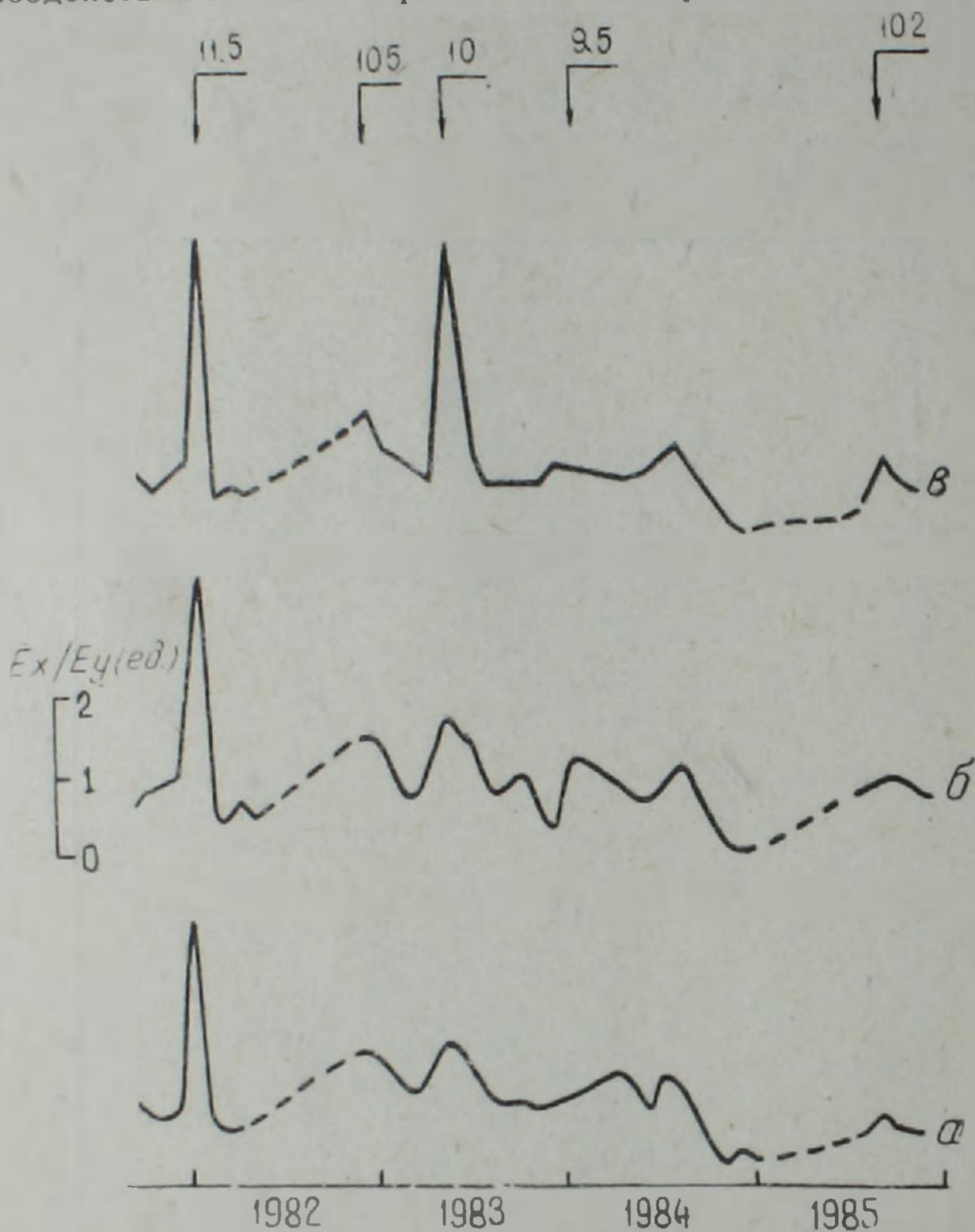


Рис. 4. Временной ход отношения компонентов E_x E_y электротеллурического поля. I—кривая изменения суммарных значений E_x , E_y от всех выбранных периодов, II—для периодов 60 мин. III—для периодов 120 мин. Стрелками, обозначены моменты землетрясений.

ре изменения проводимости в очаге готовящегося землетрясения будут наблюдаться временные флуктуации внутренней индуцированной части ЭМП. Исходя из этих предпосылок, авторами сделана попытка изучить временные особенности индукционных частей ЭМП по данным стационарных наблюдений электротеллурического (ЭТП) 1981—1985 гг. и геомагнитного (ГМП) полей в северо-западной части территории АрмССР. Данные обрабатывались по следующей методике:

1. Выделялись бухтообразные вариации ГМП с периодами 10, 20, 30, 40, 50, 60, 90, 120 минут.
2. Рассчитывались коэффициенты $A = \Delta Z / \Delta H$, $B = \Delta Z / \Delta D$ (где ΔZ , ΔH , ΔD —амплитудные значения компонентов Z , H , D ГМП) отдельно для всех указанных периодов, вычислялись амплитуда $C = \sqrt{A^2 + B^2}$ и фаза $\Phi = \arctg A/B$ вектора Визе [7] и рассматривалось изменение этих параметров во времени.

3. Выделялись амплитуды компонентов E_x , E_y ЭТП в период их экстремальных изменений (с 5-ти часов до 14—00).

4. Вычислялось отношение амплитуд E_x/E_y , экстремальные значения которых приходятся в одни и те же часы, при длительности про-

текания 60, 120 минут и средние от всех периодов с одного часа до 8-и часов. Исследуются временные изменения отношения E_x/E_y , фазовые смещения $\varphi = \arctg E_x/E_y$ и значения полного вектора $A = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$ ЭТП.

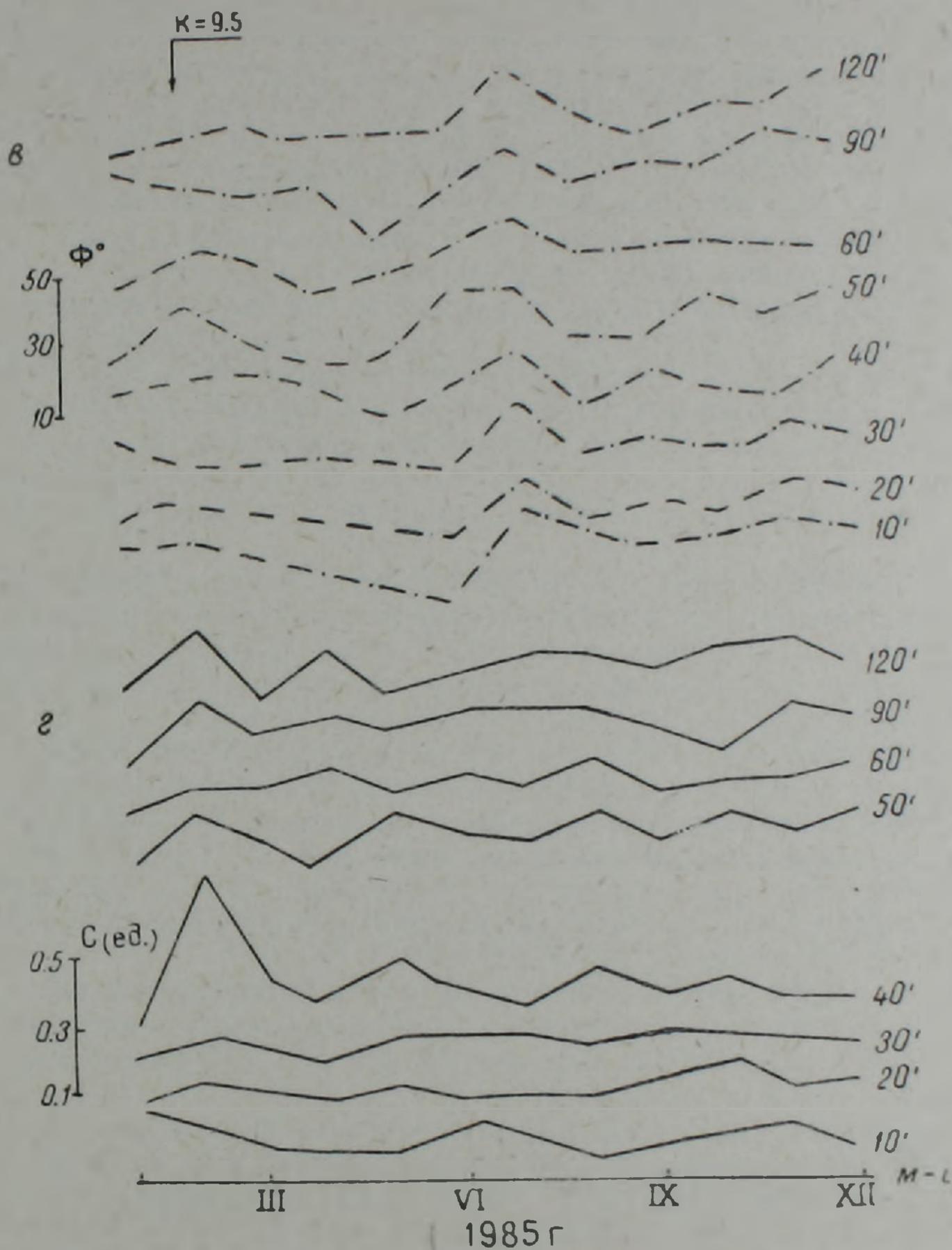


Рис. 5. Временные изменения параметров ЭТП и ГМП. а) изменения направления φ полного вектора ЭТП, б) изменения амплитуды A полного вектора ЭТП, в) изменения направления φ вектора Визе, г) изменения амплитуды C вектора Визе.

Такой методический подход дает возможность исключать изменения, связанные с внешними источниками, и рассматривать сейсмогенные вариации не только как скалярные изменения, но и как векторные.

Временные изменения исследуемых параметров, осредненные по месяцам, приведены на рис. 4 и 5. На рис. 4 приводятся временные изменения отношений компонентов E_x и E_y ЭТП по среднемесячным значениям за период с августа 1981 г. по август 1985 г. Изменения отношений компонентов ЭТП в основном варьируют в пределах среднеквадратичной ошибки. Наблюдаются аномальные изменения во времени, совпадающие с сейсмическими событиями. Эти аномалии для периодов 60 мин и 120 мин в основном различаются по амплитуде, что, видимо, обусловлено вертикальными неоднородностями геоэлектрического разреза. Изменения параметра C (рис. 5а) для периодов бухт

10, 20, 30 минут незначительны и, видимо, обусловлены неоднородным протеканием бухтообразных вариаций. Начиная с периодов $T \geq 40$ минут, изменение параметра носит индивидуальный характер, за исключением февраля месяца. За тот же месяц аномально меняется и параметр Φ для периодов 50 и 60 мин. Эти изменения превышают уровень среднеквадратических ошибок в 2—3 раза и во времени совпадают с местным землетрясением с $K=9,5$ (расстояние от эпицентра до пункта наблюдений составляет 20 км). Аномальные изменения значения угла Φ между составляющими H и D ГМП (рис. 5а, пунктирные линии) в июле месяце, выделяемые во все периоды, во времени совпадают с землетрясениями $K=9$ и $K=9,5$, удаленными от пункта наблюдений на 20 и 22 км, соответственно. На рис. 5б представлены графики временных изменений величины полного вектора A ЭТП и значения его склонения (фазы) для соответствующих периодов. Наблюдаемое аномальное изменение в августе во времени совпадает с землетрясениями с $K=9,5$ и $K=10,2$ с расстоянием от пункта наблюдений 47 и 54 км соответственно. Изменения параметров ЭТП сопоставляются с землетрясениями в радиусе 60 км с энергетическим классом $K \geq 9$, что обусловлено закономерностью проявления аномальных изменений ЭТП в зависимости от эпицентрального расстояния и класса [2, 3]. Здесь учтен опыт таких исследований для территории АрмССР [4].

Предложенная методика представляется перспективной как для понимания механизма влияния сейсмотектонических процессов на электрические и магнитные поля, так и для прогноза землетрясений в целом, особенно для такого сложного в геолого-тектоническом отношении района, каким является территория Армянской ССР.

Аномальные изменения амплитуды и направления вектора электромагнитного поля во времени, совпадающем с сейсмическими событиями, превышают фоновый уровень в среднем в 2,5, реже в 3 раза.

Время проявления аномальных изменений ЭТП перед сейсмическими событиями, как показывают полученные данные, составляет от 2 до 15 дней в зависимости от эпицентрального расстояния и энергетической характеристики землетрясения.

Изучение временных рядов параметров электромагнитного поля с помощью отношения компонентов дает возможность исключать влияние внешнего источника и выделять изменения, приуроченные к определенным глубинам земной коры.

Полученные результаты по сейсмологическим данным на северо-западе АрмССР показывают, что с его высокой сейсмической активностью, наличием инструментальных данных основных параметров землетрясений с энергетическим классом $K \geq 7$, с довольно высокой точностью определения эпицентров, перспективно применение методики выделения областей сейсмического затишья и отношения скоростей объемных волн V_p/V_s к землетрясениям с энергетическим классом $K \geq 11$, с целью выявления предвестников землетрясений.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии АН Армянской ССР

Поступила 23.VI. 1986.

Է. Գ. ԳՅՈՒՍՎՅԱՆ, Հ. Վ. ՍՍԻԳՍՅԱՆ, Խ. Վ. ԿԻՐԱԿՈՍՅԱՆ, Ե. Պ. ՏՈՆՈՅԱՆ

ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԵՐԻ ԵՐԿՐԱՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՆԱԽԱՆՇԱՆՆԵՐԻ ԲԱՑԱՀԱՅՏՄԱՆ
ՈՐՈՇ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐ ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԲՆԱՏՍՐԱԾՔԻ ՀՅՈՒՄԻՍ-ԱՐԵՎՄՏՅԱՆ
ՄԱՍՈՒՄ

Ա մ ֆ ո ֆ ու մ

Հողիվածում ներկայացված տվյալները ցույց են տալիս, որ Հայկական ՍՍՀ բնատարածքի հյուսիս-արևմտյան մասում $K \geq 11$ կարգի երկրաշարժերի համար երկրաշարժարանական նախանշանների գոնաներ բացահայտելու

նպատակով կարելի է կիրառել սեյսմիկ անդորրի մեթոդիկան: Այն ժամանակահատվածը, որի ընթացքում այդ զոնաներում երկրաշարժեր չեն գրանցվում, կազմում է 20—30 օր: Երկայնակի և լայնակի ալիքների արագությունների հարաբերության V_p/V_s անոմալիաները դիտվում են երկրաշարժից 12—20 օր առաջ:

Էլեկտրական և մագնիսական դաշտերի ժամանակային փոփոխությունները առաջարկվում է ներկայացնել նոր մեթոդիկայով, որը հնարավորություն է ընձեռնում առանձնացնելու այդ դաշտերի մակածված մասի փոփոխական վեկտորական և սկալյար բաղադրիչները, ինչպես նաև խուսափելու այն անոմալ փոփոխություններից, որոնք կապված են իոնոսֆերային էլեկտրաճաճանիսական դաշտի փոփոխությունների հետ:

E. G. GUEODAKIAN, H. V. SARGSIAN, Kh. V. KIRAKOSIAN, E. P. TONOYAN

SOME INVESTIGATION RESULTS OF THE EARTHQUAKES GEOPHYSICAL PRECURSORS IN THE NW PART OF THE ARMENIAN SSR TERRITORY

A b s t r a c t

The obtained data show the possibility of applying the seismic gap method for seismological precursors zones revealing of the earthquakes of $K \geq 11$ energetic class.

The time period during which the earthquakes do not occur in this area is about 20—30 days. The V_p/V_s ratio anomalies usually appear some 12—20 days before an earthquake.

It is suggested to represent the temporal variations of electrical and magnetic fields by a new method, which allow to separate the variable vectorial and scalar components of the induced part of those fields as well as to avoid of such anomalous changes, which are connected with the ionospheric electromagnetic field variations.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов С. Д. Акустические наблюдения процессов разрушения горных пород. М.: Наука, 1964. 215 с.
2. Добровольский И. П. Механика подготовки тектонического землетрясения. М.: Изд. ИФЗ АН СССР, 1984, 188 с.
3. Зубков С. И. О зависимости времени возникновения и радиуса зоны проявления электротеллурического предвестника от энергии землетрясения.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1983, № 4, с. 101—106.
4. Киракосян Х. В. Изменение параметров электротеллурического поля при сейсмических событиях.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1985, т. 38, № 6, с. 76—80.
5. Нерсесов И. Л. и др. Особенности пространственного распределения сейсмического фона.—В кн.: Поиски предвестников землетрясений на прогностических полигонах. М.: Наука, 1974, с. 44—45.
6. Нерсесов И. Л. и др. Эффект сейсмического затишья при больших землетрясениях.—В кн.: Исследования по физике землетрясений. М.: Наука, 1976, с. 149—168.
7. Wiese H. Geomagnetische Tiefentellurie. Geomagn. Inst. Potsdam: Abh. № 36 Akadem.-Verlag, 1965 p. 71.

С. В. БАДАЛЯН, З. В. ГАРИБЯН, В. М. ГЕВОРКЯН, А. А. ТАМРАЗЯН, Ф. М. ФИДАНЯН, Р. В. ОВСЕПЯН, М. Г. ГЕВОРКЯН, Г. В. АРУТЮНЯН

НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ПОДЗЕМНОЙ ГЕОФИЗИКИ

В статье освещаются научные достижения в области подземной рудной геофизики и представляются результаты, полученные в этой области за последние годы.

Геофизическая разведка в рудниках знаменует собою начало весьма необходимого и важного этапа геофизических исследований. Опыт показал, что рациональное сочетание наземных, скважинных и шахтно-рудничных геофизических исследований способствует повышению информативности разведки.

Исследованы специфические особенности постановки геофизических методов в подземных горных выработках. В результате установлено: наличие электрических помех исключает возможность проведения электроразведочных исследований в подземных горных выработках (кроме метода БТ); шахтно-рудничное оборудование, являясь источником устойчивых аномалий, влияет на результаты наблюдений ряда электроразведочных методов. Влияние горной выработки определяется ее диаметром, размерами установки наблюдений и геологическим строением среды. При больших разносах питающей линии (методы постоянного тока) оно сводится к минимуму. Рельеф дневной поверхности влияет на результаты подземных исследований лишь при близповерхностных наблюдениях. Влажность выработки изменяет интенсивность аномалий от геологических объектов, а в отдельных случаях приводит к ложным аномалиям.

На основе этих исследований разработаны: подземные варианты методов естественного электрического поля (ЕП); блуждающих токов (БТ); вызванной поляризации (ВП); сверхдлинноволнового варианта радиокип (СДВР); методика анализа гетерогенных сред рентгенорадиометрическим методом; усовершенствована методика применения гравиразведки, электрической корреляции (ЭК) и пьезометода (ПЭМ) на рудниках. Разработаны комплексная методика и аппаратура для изучения физических свойств пород и руд. Дана оценка постановки подземного аналога того или иного геофизического метода, указаны их возможности, особенности подземных наблюдений и их преимущества. Выявлена количественная связь между физическими параметрами и геологическими факторами для основных типов рудных месторождений Армянской ССР. Рекомендована методика подземных наблюдений и рассмотрены принципы комплексирования геофизических методов применительно к основным типам рудных месторождений АрмССР на различных стадиях их изучения. Дана количественная оценка геолого-экономической эффективности геофизических методов и установлен оптимальный геофизический комплекс на соответствующих стадиях разведки рудных месторождений.

При предварительной разведке круг задач, решаемых подземными вариантами методов ВП, сопротивлений и гравиразведки, сводится к прослеживанию рудоконтролирующих контактов различных литологических разностей, кварц-карбонатных сульфидных тел на флангах и в глубоких горизонтах до полного их выклинивания, к прослеживанию рудоконтролирующих разломов, нарушений, даек и зон дробления. При детальной разведке решение геологоразведочных задач базировалось преимущественно на использовании методов ВП, сопротивлений, БТ, ЭК, ПЭМ для изучения межвыработочного и околорудничного пространства в целях выявления рудных тел, пропущенных при предварительной разведке. В задачу детальной разведки входили: а) выявление и прослеживание массивных, прожилково-вкрапленных, жильных, гнездообразных зон оруденения между выработками (скважинами) на одном горизонте и между горизонтами; б) корреляция

(увязка) рудных подсечений между горизонтами и выработками (скважинами) [1].

Ниже представляются новые результаты по усовершенствованию разработанных подземных вариантов геофизических методов.

Метод ВП. Исследования методом вызванной поляризации проводились для решения методических задач разведочного характера, связанных с увеличением его эффективной отдачи. Проведенные исследования показали, что металлическое оборудование, которым оснащены горные выработки, создает вторичное поле поляризации, по своей величине вполне соизмеримое с полем геологических объектов, которое учитывалось с помощью ряда технических приемов. Для разделения сигналов вторичного поля вызванной поляризации изучены поляризуемость, скорость спада и производные по логарифму времени быстрых переходных процессов ВП в интервале времени 0,2—20 мс в импульсе поляризующего тока и в его паузе. На основе натурно-модельных и подземных работ во временной области выделены интервалы, на которых вторичное поле поляризации металлической оснастки горных выработок проявляется наиболее четко. Учитывая в изучаемом диапазоне указанные интервалы, качественно решается вопрос о привроченности аномалий поляризуемости к вызывающим их объектам [2]. С целью выяснения разрешающей способности различных установок при изучении временных и переходных характеристик ранней стадии ВП проведены исследования также в подземных выработках. В результате получено, что установка с вынесенными приемными электродами, при нахождении их и питающих электродов в одной плоскости с транспортной колеей, наиболее четко регистрирует характер изменения поля ранней стадии ВП. Установкой срединного градиента, при нахождении одного питающего электрода вне зоны воздействия рельсов, получают стабильные данные вне зависимости от изменения расстояния приемной линии от колеи. Проведение геофизических исследований на флангах месторождений и предлагаемых перспективных участках показало высокую эффективность и разрешающую способность применения комплексных параметров вызванной поляризации. Они позволили с достаточной достоверностью и экспрессно выделить участки для проведения последующего этапа геолого-геофизических исследований.

Метод электрической корреляции (МЭК). Изучена зависимость характера распределения поля заряда от расстояния между рудными подсечениями, отношения проводимостей пород и руд, а также размеров и формы рудного тела. Подземные работы методом электрической корреляции сопровождались изучением удельного электрического сопротивления пород и руд по всей протяженности горных выработок с использованием параметрических зондирований. Изучено влияние рельсов путем проведения наблюдений градиента потенциала по подошве и по стенкам выработки. Установлено, что их влияние на том же горизонте незначительно, если рельсы не имеют гальванической связи с профилем наблюдения и максимально удалены от зарядного электрода. Влияние рельсов зависит также от сопротивления их контакта и значительно при сложной сети горных выработок и наличии заметной увлажненности. Показано, что МЭК в зависимости от типа рудных месторождений эффективен при корреляции рудных подсечений на расстояниях до 150—200 м. Метод применялся также для прослеживания тектонических нарушений и зон минерализованных пород. Определяются элементы залегания и размеры рудных тел.

Метод гравиразведки. Подземная гравиразведка применяется с целью выявления «слепых» рудных тел и уточнения геологического строения месторождений. Разработана методика наблюдений и интерпретации подземной гравиразведки при сложных геологических условиях. Предложен новый способ введения поправок рельефа дневной поверхности при подземных гравиметрических измерениях [5]. Для рудных месторождений АрмССР составлены физико-геологические модели и разработана методика выделения слабых гравиметрических аномалий, соизмеримых по величине с искажениями, вносимыми ме-

щающими факторами. Установлено, что наименьшая зависимость погрешности измерений значений плотности образцов достигается при их массе от 0,2 до 0,4 кг. Выявлены рудные залежи в около- и межвыработочном пространстве, определены их морфология, размеры, пространственное положение. На основе анализа имеющихся геолого-геофизических методов определены критерии интерпретации гравиметрических аномалий, обусловленных полиметаллическими, железорудными, медноколчеданными и кварц-сульфидными рудами, в условиях сильно расчлененного рельефа местности.

Пьезоэлектрический метод. Разработана методика подземных пьезоэлектрических наблюдений на стадии разведки и эксплуатации кварц-сульфидных и полиметаллических месторождений АрмССР. Определены пьезоактивности и виды пьезотекстур, слагающих кварцеворудные тела и выполнены полевые эксперименты на месторождениях. Установлено, что значение пьезоэффекта образцов руд для кварц-сульфидных месторождений варьирует в пределах от 0,5 до 3% относительно пьезомодуля эталонного монокристалла кварца X среза, пьезомодуль которого составляет $d = 2,310^{-12} \text{ Кл/н}$. У образцов рудных тел полиметаллических месторождений имеет место более высокий разброс значений пьезоактивности 0,5—5%, что говорит о неоднородности распределения основных пьезоактивных минералов кварца и сфалерита. Преобладающие текстуры кварца здесь имеют симметрию 2·m, 4·m и m·3:m, что свидетельствует о более высокой степени упорядоченности текстур. Показано, что в течение рабочего дня горно-промышленных предприятий в подземных горных выработках встречаются промышленные электрические помехи, осложняющие интерпретацию наблюдений ПЭМ. Они, в большинстве случаев, характеризуются определенной периодичностью с преобладающими частотами 0,05—2,0 кГц. Интенсивность помех достигает 0,2—0,4 мВ/м [3]. Основные рудные тела этих месторождений представлены дробленной кварцевой жилой со значительным количеством сульфидов, мощность которых достигает от 0,2 до 5 м в раздувах. При подземных наблюдениях для выделения таких структур опробованы различные варианты наблюдений и наиболее оптимальной признана система продольного профилирования с линиями 30—40 м, при мощности взрывчатых веществ 200—400 г.

Рентгенорадиометрический метод. Разработаны теоретические основы применения рентгенорадиометрического метода (РРМ) с целью элементного экспрессного анализа гетерогенных руд в условиях естественного залегания. На основе полученных теоретических результатов даны физические обоснования и оценка эффективности различных способов реализации рентгенорадиометрического опробования (РРО) руд в естественном залегании. Установлена зависимость между интенсивностью характеристического рентгеновского излучения определяемого элемента и его линейным запасом. Выяснено, что при анализе руд в условиях естественного залегания с увеличением эффективного атомного номера вмещающей среды аномалии РРО возрастают, а при анализе порошковых проб—наоборот, уменьшаются. Это определяет принципиальное отличие гетерогенных сред от гомогенных при РРО. Исследованы формы аномалий для различных конструкций и размеров применяемых зондов. Доказано, что площадь аномалии РРО связана с линейным запасом определяемого элемента как при исследовании одиночных рудных прожилков, так и в случае рудных зон, представленных переслаивающимися пропластками руды и пустой породы. При этом площадь аномалий над пластом фиксированной мощности с постоянной концентрацией определяемого элемента не зависит от конструкции зонда и для всех типов зондов одинакова. Это позволило разработать методику и способы количественной интерпретации данных РРО геологических объектов жилообразного и пластообразного типа. Предложены конкретные приемы нахождения положения и мощности пласта по форме аномалий и определения линейного запаса и концентрации анализируемого элемента по их площади.

Метод расчета энергии рудообразования. В последние годы получили развитие новые методы для оценки прогнозных запасов полезных компонентов месторождений и рудных тел. Для этой цели применялся метод расчета энергии рудообразования, основанный на исследовании термодинамических закономерностей [4]. Используются теоретические закономерности «объем-содержание», «запас-содержание». На их основе выведена связь распределения запаса металла от объема руды в зависимости от различных классов содержания и коэффициента концентрации металла. Они были использованы для оценки полноты выявления запасов меди на одном из месторождений Северной Армении. Было оценено количество невыявленных ресурсов по разнице между разведанными запасами меди и рассчитанными по теоретическим формулам. Указанный метод был применен для оценки прогнозных запасов и отдельных рудных тел и теоретически вычислено среднее содержание меди в руде. Относительные погрешности теоретически рассчитанных данных по отношению к фактическим—объему руды, запасам меди и среднему содержанию, составили соответственно +0,5; +5,4; +4,7. Таким образом, указанный метод оценки запасов руд с достаточной достоверностью может использоваться для первоначального прогноза запасов месторождений и отдельных рудных тел, что будет способствовать более рациональной организации геолого-геофизических исследований.

Электроразведочная аппаратура. Разработана полевая многоканальная геофизическая аппаратура для исследований методами вызванной поляризации, блуждающих токов, сопротивлений и естественного электрического поля. Разработан многоканальный шахтно-рудничный измеритель вызванной поляризации. Принципиальным отличием от аналогичной зарубежной и отечественной аппаратуры является использование одного усилителя постоянного тока с оперативной памятью. Это позволило создать универсальную портативную аппаратуру.

В этой статье не представляются новые разработки по методу блуждающих токов, ибо этому вопросу посвящена специальная статья в настоящем номере журнала.

В «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года» придается большое значение ускорению внедрения прогрессивных методов поисков и разведки полезных ископаемых, повышению уровня научного обоснования прогнозов и геолого-экономической оценки месторождений полезных ископаемых, более широкому и эффективному использованию геофизических и геохимических методов исследований. В свете решений XXVII съезда КПСС в целях повышения результативности геологоразведочных работ на рудных месторождениях республики предлагается значительно усилить исследования по разработке и усовершенствованию новых геофизических методов и их рациональному сочетанию, а также аппаратуры и техники.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии АН Армянской ССР

Поступила 23.06.1986

Ս. Վ. ԲԱԴՍՅԱՆ, Զ. Վ. ՂԱՐԻՅԱՆ, Վ. Մ. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ, Ա. Ա. ԹԱՄՐԱԶՅԱՆ
Յ. Մ. ՅԻԴԱՆՅԱՆ, Ռ. Վ. ՀՂՎՍԵՓՅԱՆ, Մ. Հ. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ, Հ. Վ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

ՆՈՐ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԱՏՈՐԵՐԿՐՅԱ ԵՐԿՐԱՅԻԶԻԿԱՅԻ ԲՆԱԳԱՎԱՌՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հողվածում բերված են ստորերկրյա լեռնային փորվածքներում երկրաֆիզիկական մեթոդների կիրառման հնարավորությունները երկրաբանական բարդ պայմաններում հետախուզական խնդիրներ լուծելու ժամանակ: Ներ-

կայացված են երկրաֆիզիկական ինչպես առանձին մեթոդների, այնպես էլ հանքավայրերի հետախուզման տարբեր էտապներում նրանց օպտիմալ համալիրի տեսական և փորձարարական-մեթոդական մշակումները: Գնահատված են ստորերկրյա սլայմաններում երկրաֆիզիկական դիտարկումների վրա ազդող խանգարիչ գործոնները և նշված են նրանց ազդեցությունը հաշվի առնելու եղանակներն ու մեթոդները: Միաժամանակ հողվածում բերված են վերջին հնգամյակում երկրաֆիզիկական մեթոդների ստորգետնյա տարրերակների վերաբերյալ ստացված տեսական և մեթոդական հետազոտությունների նոր արդյունքները, որոնց օգտագործումը զգալիորեն նպաստում է երկրաբանա-հետախուզական խնդիրների լուծման արդյունավետության բարձրացմանը:

S. V. BADALIAN, Z. V. GHARIBIAN, V. M. GUEVORKIAN, A. A. TAMRAZIAN, F. M. FIDANIAN, R. V. HOVSEPIAN, M. H. GUEVORKIAN, H. V. HARUTIUNIAN

NEW INVESTIGATIONS IN THE FIELD OF UNDERGROUND GEOPHYSICS

A b s t r a c t

In the paper there are given the possibilities of applying the geophysical methods while solving geological prospecting problems under complex geological conditions during underground mine working. Theoretical and experimental methodological studies are represented, which concern both certain methods and their optimal complex during various stages of a deposit geological prospecting. The interfering factors are estimated during underground geophysical observations and the methods of their influence calculation are pointed out. Simultaneously in the paper there are given new results of theoretical and methodological investigations obtained during the last five years and concerning the underground varieties of geophysical methods, applying of which increases the effectiveness of geological prospecting problems solving.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бадалян С. В., Газирян Г. О., Гамоян В. Б., Геворкян В. М., Геворкян М. Г., Казарян С. С., Овсепян Р. В., Тамразян А. А., Фиданян Ф. М. Развитие методов рудной геофизики и решение задач геологической разведки.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1981, № 5, с. 47—58.
2. Бадалян С. В., Гарибян З. В., Комаров В. А. Исследование методом ВП в различных временных режимах в подземных горных выработках.—В кн.: Материалы Всесоюзного совещания по поляризационным электроразведочным методам. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1985, с. 49—50.
3. Геворкян В. М., Селезнев Л. Д. Возможности пьезоэлектрического метода при разведке кварц-полиметаллических месторождений жильного типа.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1985, т. 38, № 2, с. 59—65.
4. Сафронов Н. И., Мещеряков С. С., Иванов Н. П. Энергия рудообразования и полезных ископаемых. Л.: Изд. Недра, 1978, с. 46—56.
5. Фиданян Ф. М., Гаспарян В. С., Бадалян Г. С. К вопросу о введении поправок за влияние рельефа дневной поверхности на подземные измерения с гравиметром.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1984, № 6, с. 72—79.

В. Б. ГАМОЯН, А. З. ЧИЛИНГАРЯН, Ф. С. УНУСЯН, Е. М. ЛУЛЕЧЯН,
Р. В. ОВСЕПЯН

ВЛИЯНИЕ АЛЛЮВИАЛЬНО-ДЕЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И ВЫСОКООМНЫХ ЛАВОВЫХ ПОКРОВОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ МЕТОДОМ БЛУЖДАЮЩИХ ТОКОВ

В статье рассмотрено искажение нормальных и аномальных полей блуждающих токов аллювиально-делювиальными и лавовыми отложениями. Представлены результаты теоретических, лабораторно-модельных и полевых исследований в виде математических формул, карт и графиков. Установлена зависимость влияния приповерхностных проводящих и высокоомных отложений от их мощности и удельного электрического сопротивления. Результаты проведенных исследований служат повышению эффективности метода БТ при поисках и разведке рудных месторождений.

На рудных месторождениях часто рудоносные вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы покрыты низкоомными аллювиально-делювиальными отложениями, или рудоносные измененные породы покрыты высокоомными эффузивными образованиями. В обоих случаях приповерхностные отложения, в силу резкого отличия их от рудоносных пород по удельному электрическому сопротивлению, значительно влияют на результаты электроразведочных наблюдений. Это влияние особенно высокое в случае расположения источника поля и точки наблюдения на поверхности Земли.

Искажение распределения электрических полей определяется мощностью (h) приповерхностных отложений и отношением удельных электрических сопротивлений коренных и покрывающих пород (μ). Для изучения этого влияния на результаты работ методом блуждающих токов (БТ) выполнены теоретические, полевые и лабораторные исследования.

При теоретических исследованиях принята бесконечная трехслойная среда с мощностью промежуточного слоя $2h$, равной двойной мощности поверхностных отложений. Удельное сопротивление 1-го и 3-го слоев принято ρ_1 , удельное сопротивление промежуточного слоя — ρ_2 .

Простой «линейно-двухполюсный» источник электрического поля БТ расположен ниже промежуточного слоя на определенном расстоянии от него. Принята прямоугольная система координат с начальной точкой в положительном полюсе заданного источника. Оси направлены: X — по источнику, слева-направо; Z — снизу-вверх.

«Линейно-двухполюсный» источник разбит на $2n$ Δl элементарные отрезки и каждый отрезок принят точечным источником.

Согласно [3], потенциал от i -й элементарной части источника в 1-й среде и в промежуточном слое определяется формулами:

$$U_{i1}^{(T)} = \frac{I_i \rho_1}{4\pi} \left[\frac{1}{\sqrt{(x-i\Delta r)^2 + y^2 + z^2}} + \sum_{m=0}^{\infty} \frac{k_{12}^{2m+1}}{\sqrt{(x-i\Delta r)^2 + y^2 + [2(a+2mh) - z]^2}} - \sum_{m=0}^{\infty} \frac{k_{12}^{2m-1}}{\sqrt{(x-i\Delta r)^2 + y^2 + [2a + 4(m+1)h - z]^2}} \right], \quad (1)$$

$$U_{i2}^{(T)} = \frac{I_i \rho_1}{4\pi} \left[\sum_{m=0}^{\infty} \frac{(1+k_{12})k_{12}^{2m}}{\sqrt{(x-i\Delta r)^2 + y^2 + (4mh+z)^2}} - \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(1+k_{12})k_{12}^{2m+1}}{\sqrt{(x-i\Delta r)^2 + y^2 + [2a + 4(m+1)h + z]^2}} \right], \quad (2)$$

где I — ток, утекающий от i -го элементарного отрезка «линейно-двухполюсного» источника в землю; $i\Delta r$ — координата i -го отрезка источника.

Используя принцип суперпозиции, с помощью формул (1) и (2) выведены математические выражения для потенциалов в 1-й и 2-й средах.

$$U_1 = \sum_{i=1}^{2n} U_{1i}^{(n)}, \quad (3)$$

$$U_2 = \sum_{i=1}^{2n} U_{2i}. \quad (4)$$

По средней линии промежуточного слоя (линия симметрии заданной среды) пространство разделено на 2 полупространства. При этом потенциал на границе полупространства выражается формулой

$$U = 2 \sum_{i=1}^{2n} U_{2i}^{(n)}. \quad (5)$$

Для наглядного представления влияния наносов и высокоомных лавовых покровов с помощью формулы (5) вычислены кривые $\Delta\psi$ [2] при значениях $\rho_{\text{гор}}/\rho_{\text{нзл}} = \mu = 1, 5, 15, 28, 55$; $h = 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12$.

В результате установлена обратная криволинейная зависимость $\Delta\psi$ от μ и h (рис. 1, а и б).

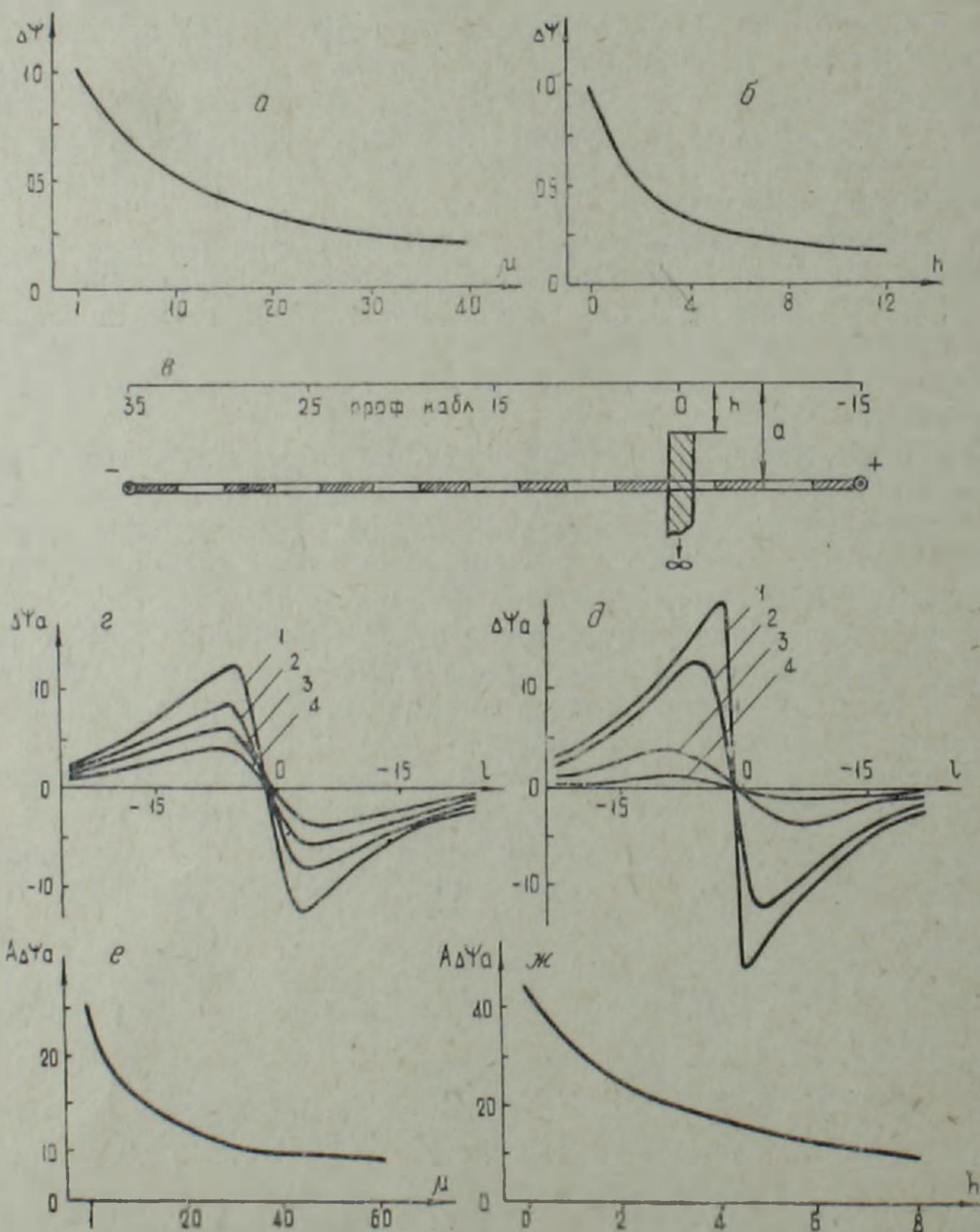


Рис. 1 Результаты теоретических и модельных исследований по методу БТ: а, б—теоретические кривые зависимости нормальных значений $\Delta\psi$ от μ и h , в—схема моделирования; г—кривые $\Delta\psi_a$ при $\mu=1, 15, 28$ и 55 (графики 1—4 соответственно); д—кривые при $h=0, 2, 8, 12$ см (графики 1—4 соответственно); е, ж—кривые зависимости $A\Delta\psi_a$ от μ и h .

Лабораторно-модельные исследования проводились с целью изучения характера аномалии $\Delta\psi$ над хорошопроводящим телом в зависимости от h и μ . Работы выполнялись на моделирующей установке МУСГ—1 [1].

Моделью «линейно-двухполюсного» источника БТ служила цепь последовательно соединенных омических сопротивлений. Контакт цепи сопротивлений с окружающей средой осуществлен путем соединения металлических конечностей сопротивлений в гнездах планшета МУСГ-1 по горизонтальному профилю. Моделью хорошопроводящего пластобразного тела служила медная пластина толщиной 0,1 мм. Она располагалась перпендикулярно к источнику в контакте с ним. Профиль наблюдения напряженности поля выбран параллельно к источнику на расстоянии $a=20$ см (рис. 1, в).

Наблюдения выполнялись при $\mu=1, 5, 15, 28, 55$; $h=0, 2, 4, 8, 12$ см.

На рис. 1, г, д представлены кривые $\Delta\psi_a$ при различных значениях μ и h . При $\mu=1, h=2$ и расстоянии профиля наблюдения от источника (a)=20 амплитуда аномалии над хорошопроводящим заряженным телом $\Delta\psi_a$ составляет 25,5 ед. По ходу увеличения параметра μ $\Delta\psi_a$ уменьшается и при $\mu=55$ составляет 9,5 ед.

При $h=0, \mu=1$ и $a=20$ $\Delta\psi_a$ составляет 44 ед. при $h=12—\Delta\psi_a=4$ ед. Зависимости амплитуды аномалии $\Delta\psi_a$ от параметров μ и h представлены на рис. 1, е и ж.

Результаты модельных исследований показывают, что при значениях $\mu=1, 0,05, 0,034, 0,017$, часто встречающихся в природе, значения $\Delta\psi_a$ почти не меняются (рис. 2, а, б). Следовательно, влияние лавовых покровов, отличающихся от вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород по удельному электрическому сопротивлению в 2÷50 раз, при работе методом БТ незначительно.

С целью выявления и прослеживания хорошопроводящих рудных зон на юго-западном фланге Центрального участка Зодского место-

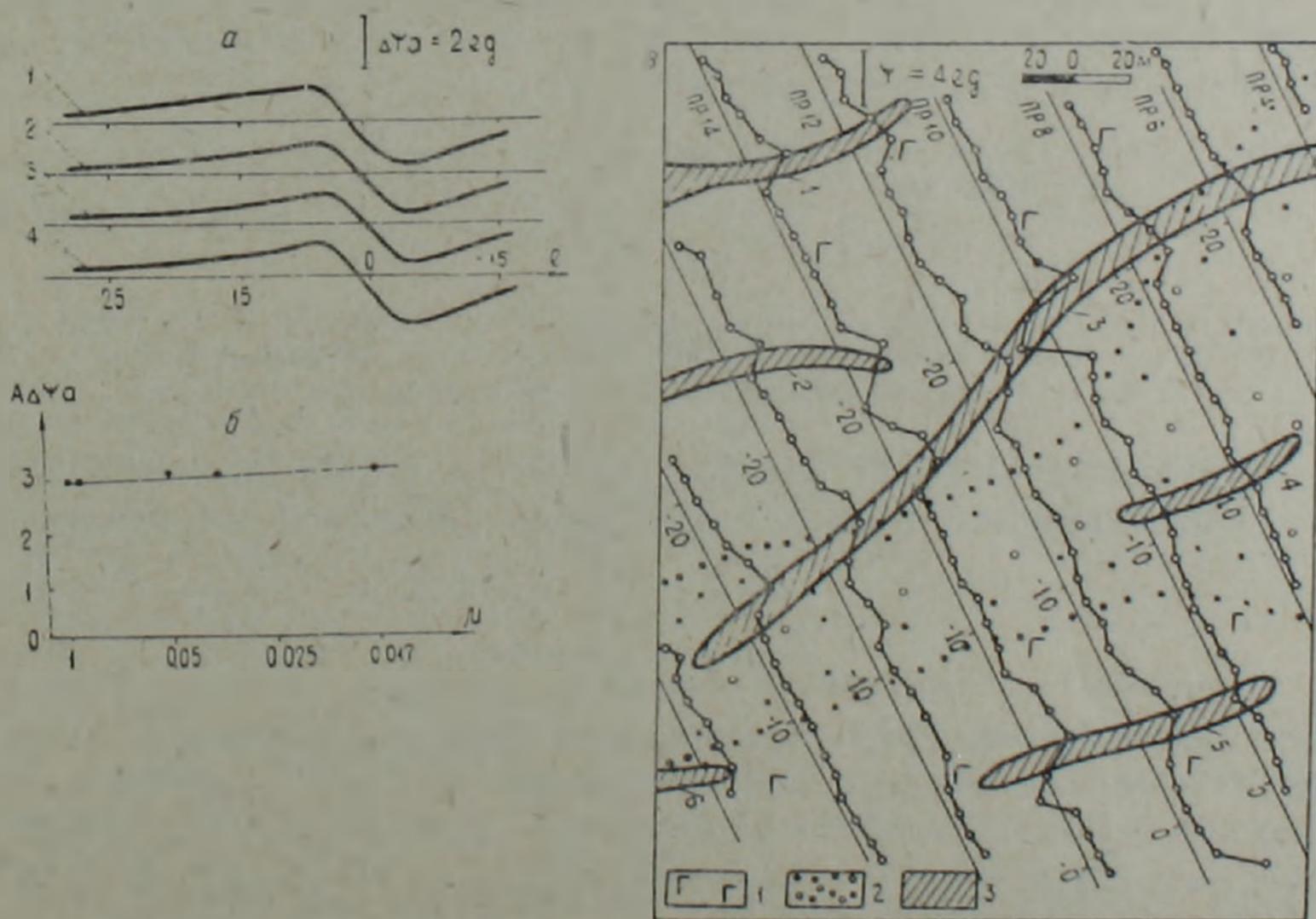


Рис. 2. а—кривые $\Delta\psi_a$ при $\mu=1, 0,05, 0,034, 0,017$ (графики 1—4 соответственно); б—кривая зависимости $A\Delta\psi_a$ от μ ; в—кривые $\Delta\psi$ и прогнозная геологическая карта юго-западного фланга Центрального участка Зодского месторождения: 1—габбро 2—аллювиально-делювиальные отложения; 3—предполагаемые рудные зоны.

рождения в 1982 г. проводились комплексные геофизические исследования с применением метода БТ.

Изучаемый участок сложен породами габбро, среди которых расположены рудные зоны. На участке развиты аллювиально-делювиальные отложения мощностью до 10 м. Удельное электрическое сопротивление наносов составляет $20 \div 30$ Ом.м, рудных зон — $14 \div 85$ Ом.м, габбро — $500 \div 6000$ Ом.м.

Падение напряжения поля БТ здесь достигает 30 мВ/м. Основным источником блуждающих токов служила транспортная штольня 40, расположенная на расстоянии 800 м от участка. Исходя из этого, наблюдения методом БТ выполнены четырехэлектродной градиент-потенциальной установкой. Максимальное расстояние между базисной и полевой приемными подустановками принималось в 100 м. Сеть наблюдений выбрана 20×10 м².

В результате построены кривые $\Delta\varphi$ и составлена геологическая карта с расположением предполагаемых рудных зон (рис. 2. в).

На карте кривых $\Delta\varphi$ выделяются 5 аномальных зон. Интенсивность аномалий в зависимости от удельных электрических сопротивлений пород и руд, от удельных электрических сопротивлений и мощности аллювиально-делювиальных отложений, варьирует в пределах $2 \div 6$ ед. Она особенно высокая в интервале пикетов — 18 ÷ — 20 профиля 8, — 18 ÷ — 22 профиля 10, — 29 ÷ — 31 и — 18 ÷ — 21 профиля 12, где породы и зоны полностью обнажаются. Рудные тела 2 и 5, а также часть рудного тела 1, покрытые растительным слоем, сопровождаются сравнительно слабыми аномалиями. Рудные тела, покрытые аллювиально-делювиальными отложениями, сопровождаются слабо выраженными аномалиями (рудное тело 4 и часть рудного тела 3).

Исходя из представленных в статье результатов исследований, можно сделать следующие заключения.

1. Влияние аллювиально-делювиальных отложений при работе методом БТ значительно. Оно находится в прямой криволинейной зависимости от мощности рыхлых отложений и отношения удельных электрических сопротивлений коренных и осадочных пород.

2. Лавовые покровы при отношении их удельных электрических сопротивлений и подстилающих пород от 1 до 60 практически не влияют на результаты работ методом БТ.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии
АН Армянской ССР

Поступила 23.VI.1986.

Վ. Բ. ԳԱՄՈՅԱՆ, Ա. Զ. ԶԻՎԵԳԱՐՅԱՆ, Յ. Ս. ՈՒՆՈՒՅԱՆ,
Ե. Մ. ԼՈՒԼԵՉՅԱՆ, Բ. Վ. ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ

ԱԼՅՈՒՎԻԱԿ-ԴԵԼՅՈՒՎԻԱԿ ՆՍՏՎԱԾՔՆԵՐԻ ԵՎ ԼԱՎԱՅԻՆ ՍԱԾԿՈՒՅԹՆԵՐԻ
ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԹԱՓԱԹՈՂ ՀՈՍԱՆՔՆԵՐԻ ՄԵԹՈԴՈՎ ԱՇԽԱՏԵԼԻՍ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հոդվածում քննարկված են թափառող հոսանքների նորմալ և անոմալ դաշտերի աղավաղումներն ալյուվիալ-դելյուվիալ նստվածքների և լավային ծածկույթների կողմից: Ներկայացված է տեսական, լաբորատոր-մոդելային և դաշտային ուսումնասիրությունների արդյունքները մաթեմատիկական բանաձևերի, կորերի և քարտեզների տեսքով: Սահմանված է հաղորդիչ և մեծ դիմադրություն ունեցող մերձմակերեսային ծածկույթների աղղեցության կախվածությունը նրանց հզորությունից և տեսակարար էլեկտրական դիմադրությունից: Ստացված արդյունքները կծառայեն օգտակար հանածոների հանրալայրերի որոնման և հետախուզման ժամանակ կիրառվող թափառող հոսանքների մեթոդի արդյունավետության բարձրացմանը:

THE INFLUENCE OF ALLUVIAL—DELUVIAL DEPOSITS AND
HIGH—OHM LAVA COVERS ON THE RESULTS OF
INVESTIGATIONS BY THE WANDERING CURRENTS METHOD

A b s t r a c t

In the paper the distortion of normal and anomalous fields of wandering currents by alluvial—deluvial and lava deposits is considered. The results of theoretical, laboratory—modeling and field investigations are represented as mathematical formulas, maps and diagrams. The dependence of the influence of near—surface conducting and high—ohm deposits upon their thickness and specific resistance has been stated. The results of these investigations increase the effectiveness of the wandering currents method during ore deposits searching and prospecting.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аидевич М. М., Фокин А. Ф. Электропрофиллирование потенциальных геофизических полей. Л.: Недра, 1978. 97 с.
2. Гахоян В. Б. Временное руководство по методу блуждающих токов. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1986, 100 с.
3. Заборовский А. И. Электроразведка. М.: Гостехиздат, 1963. 420 с.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1986, XXXIX, №5, 57—62

УДК 550.343.4

Б. К. КАРАПЕТЯН, С. С. КАРАПЕТЯН, А. Б. МАРКАРЯН, С. С. СИМОНЯН¹

УЧЕТ ВЗАИМОВОЗДЕЙСТВИЯ ЗДАНИЙ И ИХ ОСНОВАНИЙ И
СЛОЖНОГО РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКОМ
МИКРОРАЙОНИРОВАНИИ

Проведены инструментальные инженерно-сейсмологические наблюдения в условиях сложного рельефа. На основании анализа полученных записей определено увеличение ожидаемого сейсмического эффекта в зависимости от высоты и уклона участка и направления подхода сейсмической волны.

Исходя из результатов макросейсмического, лабораторного и теоретического исследований, сделаны заключения в отношении строительства зданий с определенными динамическими характеристиками при проектировании и застройке микрорайонов. При этом учитываются инженерно-геологические условия данного участка, расстояния между зданиями и их расположение, направление подхода сейсмической волны, ее интенсивность и частотный состав. Предлагается результаты исследований использовать в работах по микросейсморайонированию городов.

Согласно существующим рекомендациям по сейсмическому микрорайонированию [6, 7, 8] при составлении карт сейсмического микрорайонирования городов и населенных пунктов приходится повышать величину сейсмической интенсивности на один балл даже в случае благоприятных для строительства участков, примыкающих к бровкам каньонов или уступов, имеющих крутизну 15 и более градусов, независимо от высоты и угла раскрытия бортов, а также направления ожидаемого сейсмического излучения.

¹ Б. К. Карапетян, А. Б. Маркарян, С. С. Симонян—авторы исследования фактора взаимодействия; С. С. Карапетян—автор исследования фактора рельефа.

THE INFLUENCE OF ALLUVIAL—DELUVIAL DEPOSITS AND
HIGH—OHM LAVA COVERS ON THE RESULTS OF
INVESTIGATIONS BY THE WANDERING CURRENTS METHOD

A b s t r a c t

In the paper the distortion of normal and anomalous fields of wandering currents by alluvial—deluvial and lava deposits is considered. The results of theoretical, laboratory—modeling and field investigations are represented as mathematical formulas, maps and diagrams. The dependence of the influence of near—surface conducting and high—ohm deposits upon their thickness and specific resistance has been stated. The results of these investigations increase the effectiveness of the wandering currents method during ore deposits searching and prospecting.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Аидевич М. М., Фокин А. Ф. Электропрофиллирование потенциальных геофизических полей. Л.: Недра, 1978. 97 с.
2. Гахоян В. Б. Временное руководство по методу блуждающих токов. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1986, 100 с.
3. Заборовский А. И. Электроразведка. М.: Гостехиздат, 1963. 420 с.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1986, XXXIX, №5, 57—62

УДК 550.343.4

Б. К. КАРАПЕТЯН, С. С. КАРАПЕТЯН, А. Б. МАРКАРЯН, С. С. СИМОНЯН¹

УЧЕТ ВЗАИМОВОЗДЕЙСТВИЯ ЗДАНИЙ И ИХ ОСНОВАНИЙ И
СЛОЖНОГО РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКОМ
МИКРОРАЙОНИРОВАНИИ

Проведены инструментальные инженерно-сейсмологические наблюдения в условиях сложного рельефа. На основании анализа полученных записей определено увеличение ожидаемого сейсмического эффекта в зависимости от высоты и уклона участка и направления подхода сейсмической волны.

Исходя из результатов макросейсмического, лабораторного и теоретического исследований, сделаны заключения в отношении строительства зданий с определенными динамическими характеристиками при проектировании и застройке микрорайонов. При этом учитываются инженерно-геологические условия данного участка, расстояния между зданиями и их расположение, направление подхода сейсмической волны, ее интенсивность и частотный состав. Предлагается результаты исследований использовать в работах по микросейсморайонированию городов.

Согласно существующим рекомендациям по сейсмическому микрорайонированию [6, 7, 8] при составлении карт сейсмического микрорайонирования городов и населенных пунктов приходится повышать величину сейсмической интенсивности на один балл даже в случае благоприятных для строительства участков, примыкающих к бровкам каньонов или уступов, имеющих крутизну 15 и более градусов, независимо от высоты и угла раскрытия бортов, а также направления ожидаемого сейсмического излучения.

¹ Б. К. Карапетян, А. Б. Маркарян, С. С. Симонян—авторы исследования фактора взаимодействия; С. С. Карапетян—автор исследования фактора рельефа.

Кроме того, при конкретном землетрясении имеет место сложная картина распределения сейсмических нагрузок на заселенных участках того или иного населенного пункта, отличающихся от значений, полученных при сейсмическом микрорайонировании. Причина этого явления—взаимодействие близко расположенных зданий между собой и с грунтами их оснований [3], которое при проведении сейсмомикрорайонирования также не учитывается по настоящим рекомендациям.

Исходя из важности затронутых вопросов, в Институте геофизики и инженерной сейсмологии, начиная с 1981 года, проводятся комплексные исследования с целью выявления закономерностей изменения сейсмического эффекта, связанных с указанными факторами.

Учет фактора рельефа

С целью выявления закономерностей изменения сейсмического эффекта в зависимости от геометрических параметров бортов и направления сейсмического излучения на территории республики были поставлены натурные инструментальные исследования.

В качестве объектов исследований были выбраны два участка: первый находился на северном борту Гарнийского ущелья, а второй— на южном склоне Разданского ущелья в районе «Цицернакаберд». Подбор этих участков обусловлен тем, что они имеют примерно одинаковые инженерно-геологические условия (однородные скальные породы). На обоих участках по выбранным профильным линиям в четырех точках, имеющих разные гипсометрические отметки, были осуществлены наблюдения. За период с 1981 по 1983 гг. на обоих участках было записано примерно 300 слабых землетрясений с энергетическим классом в очаге от 7 до 11. Определяя координаты местоположения очагов этих землетрясений, была составлена схематическая карта распределения очагов в М 1:500000.

При первичной обработке полученного материала выяснилось, что по мере удаления очага землетрясений от наблюдаемого участка сейсмический эффект на бровке борта относительно дна или порога ослабевает; кроме того, он изменяется в зависимости от направления подхода сейсмического излучения. Для создания возможности проведения непосредственного сравнительного анализа от землетрясения к землетрясению, была осуществлена группировка очагов, исходя из направления сейсмического излучения.

Были выделены три группы очагов по следующим направлениям:

- 1) X, когда сейсмическое излучение с тыльной стороны (сзади) перпендикулярно к наблюдаемому участку;
- 2) y, в котором сейсмическое излучение имеет боковой подход (слева или справа);
- 3) X', когда сейсмическое излучение перпендикулярно к наблюдаемому участку с противоположной стороны.

Кроме того, в группы были включены только близко расположенные очаги с примерно равными энергетическими классами. Придерживаясь этого принципа, обработке подвергались 6—10 записей от каждой группы по направлениям для каждого участка наблюдений.

На ЭВМ были рассчитаны спектры реакций для каждой точки наблюдения от всех рассмотренных землетрясений.

В дальнейшем все сравнения проводились относительно точки наблюдения, находящейся на пороге борта, по формуле:

$$\frac{\tau_{cp_c}(T)}{\tau_{cp_n}(T)} = f(T),$$

где $\tau_{cp_c}(T)$ —осредненный спектр реакции на сравниваемой точке;
 $\tau_{cp_n}(T)$ —осредненный спектр реакции на пороге борта.

Следует отметить, что Гарнийский участок был охвачен тремя подучастками, имеющими разные высоты и крутизну. На этом участ-

ке все сравнения проводились между верхними и нижними точками.

С помощью получившихся соотношений был определен коэффициент увеличения сейсмического эффекта на сравниваемых точках наблюдений относительно порога для каждой группы землетрясений по формуле:

$$K_{с/п} = \frac{\sum_{i=1}^k \frac{z_{ср_c}(T)}{z_{ср_n}(T)}}{k}$$

где k —количество периодов.

На Цицернакабердском участке все четыре точки находятся на склоне постоянной крутизны— $\alpha=45^\circ$, и при построении графика зависимости:

$$\frac{z_{ср_c}(T)}{z_{ср_n}(T)} = f(H)$$

было установлено, что увеличение сейсмического эффекта прямо пропорционально возрастанию высоты сравниваемой точки.

Учет фактора взаимовоздействия

При решении задачи взаимовоздействия зданий и их оснований необходимо учитывать ряд факторов, оказывающих существенное влияние. Среди них особое место занимают грунтовые условия, тип и размеры зданий, взаимное их расположение, расстояние между ними, а также направление, частотный состав и интенсивность сейсмического воздействия.

С целью выявления роли перечисленных факторов, проведено комплексное исследование в следующих направлениях:

1) Натурные исследования взаимовоздействия при реальных сейсмических воздействиях путем рассмотрения колебаний участка, застроенного 4- и 5-этажными зданиями [4].

2) Изучение влияния факторов взаимовоздействия по результатам макросейсмического обследования последствий сильного Газлийского землетрясения 20 марта 1984 года в трех микрорайонах города Газли [2].

3) Экспериментальные исследования взаимовоздействия в лабораторных условиях путем моделирования жилого микрорайона, изученного в натуре [5] с использованием виброплатформы ВП-100 М.

4) Составление интегральных уравнений, описывающих явление взаимовоздействия двух зданий между собой и с грунтами их оснований, и их решение с помощью ЭВМ [1].

В результате проведенного исследования получены следующие закономерности.

При сейсмических воздействиях, вследствие взаимодействия между зданием и его основанием происходит уменьшение сейсмической нагрузки от 10 до 35%, в зависимости от расположения здания относительно направления сейсмических колебаний. При этом сейсмическая нагрузка уменьшается значительно больше, если здание испытывает воздействие с торцовой стороны (со стороны большей жесткости). В этом случае здание как бы служит преградой на пути распространения сейсмических волн. Кроме того, наблюдается ослабление колебаний точек грунтового основания с приближением их к зданию (особенно по направлению колебаний и вдоль большой оси здания).

При сейсмических воздействиях, вследствие взаимовоздействия между близко расположенными зданиями и их основаниями, сейсмическая нагрузка на здания уменьшается от 5 до 40% по сравнению с сейсмической нагрузкой, действующей на отдельно стоящее здание. При этом сейсмическая нагрузка уменьшается тем больше, чем ближе

расположены здания друг от друга (особенно, когда здания ориентированы по направлению колебаний). Следовательно, здания в микрорайоне воспринимают меньшей величины сейсмическую нагрузку, чем вне микрорайона. Исходя из этого, можно предположить, что чем больше количество зданий в микрорайоне (а также чем плотнее расположены здания), тем относительно меньшее количество зданий окажутся пострадавшими при сильном землетрясении.

В результате взаимовоздействия зданий и их оснований происходит уменьшение их ускорений по сравнению с ускорением колебаний отдельно стоящего здания: в случае относительно слабых землетрясений при расстоянии между ними 20 м и менее, а в случае сильных землетрясений—40 м и менее.

С увеличением интенсивности сейсмических колебаний влияние взаимодействия, а также взаимовоздействия на величину сейсмической нагрузки возрастает (до 20%).

Вышеуказанные закономерности относятся к жестким зданиям (имеющим период основного тона собственных колебаний $0,2 \div 0,5$ с), застроенным на рыхлых грунтовых основаниях (в которых скорость распространения поперечных волн составляет $150 \div 800$ м/с) при воздействии высокочастотных колебаний.

Выводы

На основании проведенных исследований можно прийти к следующим выводам:

1. При проведении сейсмического микрорайонирования следует принимать во внимание то обстоятельство, что на расчлененных территориях, где имеются склоны, сложенные однородными скальными породами, в случае землетрясений, очаги которых расположены на эпицентральной расстоянии менее 60 км, имеет место увеличение сейсмического эффекта на один балл при:

—направлении x , в случаях: а) крутизна склона $\alpha = 15^\circ$, относительная высота $h \geq 80$ м; б) $\alpha = 30^\circ$, $h \geq 50$ м; в) $\alpha = 45^\circ$, $h \geq 35$ м; г) $\alpha = 60^\circ$, $h \geq 30$ м; д) $\alpha = 90^\circ$, $h \geq 15$ м;

—направлении y , в случаях: а) $\alpha = 45^\circ$, $h \geq 70$ м; б) $\alpha \geq 60^\circ$, $h \geq 40$ м; в) $\alpha \geq 90^\circ$, $h \geq 20$ м;

—направлении x' , в случаях: а) $\alpha = 60^\circ$, $h \geq 60$ м; б) $\alpha = 90^\circ$, $h \geq 40$ м.

2. Для оценки ожидаемой сейсмической интенсивности на верхних частях склонов, имеющих относительные высоты свыше 100 м, при крутизне 60° и 90° для каждого конкретного случая следует проводить инструментальные инженерно-сейсмологические исследования.

3. С целью оценки сейсмической опасности склонов нескального образования следует проводить специальные инженерно-сейсмологические исследования.

4. Необходимо определять вероятное направление наиболее опасного ожидаемого сейсмического излучения для территории проектируемых участков данного населенного пункта.

5. Рекомендуются на участках, сложенных из грунтов, в которых скорость распространения поперечных волн составляет $150 \div 800$ м/с, проектировать и строить здания, имеющие период основного тона собственных колебаний $0,2 \div 0,5$ с.

6. Здания в микрорайонах следует ориентировать по направлению ожидаемого наиболее опасного сейсмического излучения и располагать их, по возможности, близко друг к другу. При этом, сохраняя общие требования архитектуры и градостроительства, микрорайон необходимо застраивать большим количеством зданий.

Резюмируя полученные результаты, в заключение отметим, что при сейсмическом микрорайонировании территорий новых городов и на-

селенных пунктов требуется учитывать взаимовоздействие зданий и их оснований и уделять особое внимание наличию склонов разной высоты и крутизны, для представления проектным организациям конкретных предложений по планировке застройки, с целью уменьшения ожидаемых сейсмических нагрузок на проектируемые здания и сооружения.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии АН АрмССР

Поступила 23.VI. 1986.

Բ. Կ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Ս. Ս. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Ա. Բ. ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ, Ս. Ս. ՍԻՄՈՆՅԱՆ

ՇԵՆՔԵՐԻ ՈՒ ՆՐԱՆՑ ՀԻՄՆԱՏԱԿԵՐԻ ԵՎ ՏԵՂԱՆՔԻ ԲԱՐԴ ՌԵԼԻԵՖԻ ՓՈԿՆԵՐԳՈՐԾՈՒԹՅԱՆ ՀԱՇՎԱՌՈՒՄԸ ՍԵՅՍՄԻԿ ՄԻԿՐՈՇՐՋԱՆԱՑՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ

Ա մ փ ո փ ու մ

Բարդ ռելիեֆի պայմաններում կատարվել են գործիքային ինժեներասեյսմոլոգիական դիտարկումներ՝ թույլ երկրաշարժերի գրանցման մեթոդով: Գրանցումների մշակումից ստացված արդյունքների հիման վրա որոշվել է սպասվող սեյսմիկ էֆեկտի մեծացման չափը՝ կախված լանջի բարձրությունից, թեքությունից և սեյսմիկ ալիքի մոտեցման ուղղությունից:

Մակրոսեյսմիկ, լաբորատոր-փորձարարական դիտարկումների, ինչպես նաև տեսական հետազոտությունների արդյունքներից ելնելով, նախագծվող և կառուցապատվող միկրոշրջաններում որոշակի դինամիկ բնութագրերով շենքերի կառուցման վերաբերյալ եզրահանգումներ են արված: Ընդ որում, հաշվի են առնվում տվյալ տեղամասի ինժեներա-երկրաբանական պայմանները, շենքերի միջև հեռավորությունը և փոխադարձ դասավորվածությունը, սեյսմիկ ալիքի մոտեցման ուղղությունը, ուժգնությունը և հաճախականային կազմը:

Առաջարկվում է ուսումնասիրությունների արդյունքները կիրառել քաղաքների սեյսմիկ միկրոշրջանացման աշխատանքներում:

B. K. KARAPETIAN, S. S. KARAPETIAN, A. B. MARKARIAN, S. S. SIMONIAN

ACCOUNT OF THE INTERACTION OF THE BUILDINGS AND THEIR FOUNDATIONS AND THE COMPLICATED TOPOGRAPHY DURING SEISMIC MICRO-ZONING

A b s t r a c t

Instrumental engineering—seismological observations have been carried out by the method of registering the weak earthquakes under the conditions of complicated topography. The recorded results analysis has shown the expected seismic effect to increase, depending on the height and the slope of the area as well as on the direction of seismic waves arrival.

Macro—seismic, experimental and theoretical investigations results have allowed to suggest the construction of buildings with definite dynamical characteristics taking into account the area engineering—geo-

logical conditions, the intervals between buildings and their location, the direction of seismic waves arrival, their intensity and frequency characteristics.

It is suggested to use the obtained results during seismic micro-zoning of towns.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карапетян Б. К., Маркарян А. Б. Теоретическое исследование взаимодействия сооружений и грунтов их оснований при землетрясениях. В кн.: Исследования по сейсмостойкости сооружений. Ереван: ЕрПИ, 1984, с. 3—15.
2. Карапетян Б. К., Маркарян А. Б. О возможности изучения взаимодействия зданий и их оснований при обследовании сильных землетрясений.—В кн.: Инженерные проблемы строительной механики. Ереван: ЕрПИ, 1985, с. 89—94.
3. Карапетян Б. К., Симосян С. С. Результаты исследования взаимодействия между основанием и фундаментом зданий в натуре при сейсмических колебаниях.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1973, № 2, с. 60—66.
4. Маркарян А. Б. Исследование взаимодействия зданий между собой и с грунтами их оснований в натуре при сейсмических воздействиях.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1984, № 1, с. 74—79.
5. Маркарян А. Б. Результаты экспериментальных исследований взаимодействия сооружений и грунтов их оснований на модулях. В кн.: Исследования по сейсмостойкости сооружений. Ереван: ЕрПИ, 1984, с. 16—22.
6. Рекомендации по сейсмическому микрорайонированию при инженерных изысканиях для строительства.—В кн.: Научно-технический отчет ВНИИИС Госстроя СССР. М., Изд. лит. по строительству, 1982, 83 с.
7. Рекомендации по сейсмическому микрорайонированию. М., Изд. лит. по строительству, 1971, 61 с.
8. Рекомендации по сейсмическому микрорайонированию, РСМ-73.—В кн.: Вопросы инженерной сейсмологии. М., Наука, 1973, вып. 15, с. 5—43.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1986, XXXIX, № 5, 62—67.

УДК:550.343.4.038

С. А. ПИРУЗЯН, А. А. ОВСЕПЯН, Д. С. ГРИГОРЯН, А. М. ХАЧЯН

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЙСМОГРАММ С ЦЕЛЮ РАСЧЕТА ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕКТРОВ ДЛЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО МИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ гор. ЕРЕВАНА

В работе изложен расчетный способ определения инженерной меры интенсивности землетрясений—спектра приведенных сейсмических ускорений ($T^2 a$) на современных ЭВМ на основе использования сейсмограмм землетрясений, принципиальная возможность которого указана в работе [1]. Это все создает предпосылки составления карты сейсмического микрорайонирования территории гор. Еревана на инструментальной основе, а также открывает перспективы решения многих задач инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства.

Сейсмическое микрорайонирование (СМР) является завершающим этапом исследований в проблеме прогнозной оценки интенсивности землетрясения для данной строительной площадки. Согласно действующим нормативным документам по сейсмостойкому строительству [16], уточнения сейсмичности пункта строительства производится на основе карт СМР территорий городов, поселков и промышленно-энергетических объектов.

Задачей СМР является уточнение интенсивности землетрясения, заданной картой общего сейсмического районирования для рассматриваемой строительной площадки или инженерно-геологической зоны, охватывающей данную площадку, в зависимости от ее локальных условий (характеристика грунтов, мощность слоя, уровень грунтовых вод, рельеф).

Составление карт СМР требует выполнения довольно большого и многопрофильного комплекса геолого-геофизических и инженерно-сейсмологических исследований. На деталях методики этих исследований мы здесь не будем останавливаться. Они в значительной части освещены в литературе [6—8, 12—15]. Остановимся лишь на некото-

logical conditions, the intervals between buildings and their location, the direction of seismic waves arrival, their intensity and frequency characteristics.

It is suggested to use the obtained results during seismic micro-zoning of towns.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карапетян Б. К., Маркарян А. Б. Теоретическое исследование взаимодействия сооружений и грунтов их оснований при землетрясениях. В кн.: Исследования по сейсмостойкости сооружений. Ереван: ЕрПИ, 1984, с. 3—15.
2. Карапетян Б. К., Маркарян А. Б. О возможности изучения взаимодействия зданий и их оснований при обследовании сильных землетрясений.—В кн.: Инженерные проблемы строительной механики. Ереван: ЕрПИ, 1985, с. 89—94.
3. Карапетян Б. К., Симосян С. С. Результаты исследования взаимодействия между основанием и фундаментом зданий в натуре при сейсмических колебаниях.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1973, № 2, с. 60—66.
4. Маркарян А. Б. Исследование взаимодействия зданий между собой и с грунтами их оснований в натуре при сейсмических воздействиях.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1984, № 1, с. 74—79.
5. Маркарян А. Б. Результаты экспериментальных исследований взаимодействия сооружений и грунтов их оснований на модулях. В кн.: Исследования по сейсмостойкости сооружений. Ереван: ЕрПИ, 1984, с. 16—22.
6. Рекомендации по сейсмическому микрорайонированию при инженерных изысканиях для строительства.—В кн.: Научно-технический отчет ВНИИИС Госстроя СССР. М., Изд. лит. по строительству, 1982, 83 с.
7. Рекомендации по сейсмическому микрорайонированию. М., Изд. лит. по строительству, 1971, 61 с.
8. Рекомендации по сейсмическому микрорайонированию, РСМ-73.—В кн.: Вопросы инженерной сейсмологии. М., Наука, 1973, вып. 15, с. 5—43.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1986, XXXIX, № 5, 62—67.

УДК:550.343.4.038

С. А. ПИРУЗЯН, А. А. ОВСЕПЯН, Д. С. ГРИГОРЯН, А. М. ХАЧЯН

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЙСМОГРАММ С ЦЕЛЮ РАСЧЕТА ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕКТРОВ ДЛЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО МИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ гор. ЕРЕВАНА

В работе изложен расчетный способ определения инженерной меры интенсивности землетрясений—спектра приведенных сейсмических ускорений ($T^2 a$) на современных ЭВМ на основе использования сейсмограмм землетрясений, принципиальная возможность которого указана в работе [1]. Это все создает предпосылки составления карты сейсмического микрорайонирования территории гор. Еревана на инструментальной основе, а также открывает перспективы решения многих задач инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства.

Сейсмическое микрорайонирование (СМР) является завершающим этапом исследований в проблеме прогнозной оценки интенсивности землетрясения для данной строительной площадки. Согласно действующим нормативным документам по сейсмостойкому строительству [16], уточнения сейсмичности пункта строительства производится на основе карт СМР территорий городов, поселков и промышленно-энергетических объектов.

Задачей СМР является уточнение интенсивности землетрясения, заданной картой общего сейсмического районирования для рассматриваемой строительной площадки или инженерно-геологической зоны, охватывающей данную площадку, в зависимости от ее локальных условий (характеристика грунтов, мощность слоя, уровень грунтовых вод, рельеф).

Составление карт СМР требует выполнения довольно большого и многопрофильного комплекса геолого-геофизических и инженерно-сейсмологических исследований. На деталях методики этих исследований мы здесь не будем останавливаться. Они в значительной части освещены в литературе [6—8, 12—15]. Остановимся лишь на некото-

рых моментах, касающихся обоснования возможности использования результатов наиболее доступных инструментальных сейсмологических наблюдений, а именно—сейсмограмм землетрясений для решения вышеуказанной задачи СМР.

Для сравнения сейсмической интенсивности в различных точках районизируемой территории по отношению к опорной точке, являющейся носителем исходной сейсмической балльности [10, 12], нужно выработать меру этой интенсивности.

За меру интенсивности землетрясения в заданной точке в принципе возможно принимать ускорения колебания почвы, получаемые из акселерограмм, или в случае отсутствия таковых, смещения почвы, получаемые из сейсмограмм. Однако опыт работы показывает, что чрезвычайно трудно осуществить сопоставление сейсмограмм или акселерограмм, полученных в различных пунктах, для внесения суждения об относительных значениях интенсивности землетрясений в них [6—8]. Что же касается использования пиковых значений ускорений или смещений вместе с соответствующим периодом колебания почвы, то они характеризуют в достаточной степени лишь энергетический уровень землетрясений (например, магнитуду), но мало что говорят о сейсмическом эффекте в данной точке, т. е. об интенсивности землетрясения с инженерной точки зрения. А ведь карты СМР обязаны выдать информацию именно с этих позиций, в сущности своей близкую к единицам баллов сейсмической шкалы, принятой в строительных нормах [6, 8, 10, 13].

Поэтому возникает потребность в получении более упрощенной характеристики меры сейсмической интенсивности, если даже это будет сопровождаться частичной потерей информации. С этой точки зрения представляют большую ценность инженерные спектры—спектры действия [5] и спектры приведенных ускорений [7]. Поскольку современные методы расчета сооружений основаны на применении спектров приведенных сейсмических ускорений $\tau(T, \alpha)$, то естественно эти спектры принимать за меру сейсмической интенсивности [6—8, 12, 17].

Опыт работы со спектрами $\tau(T, \alpha)$ при решении задач СМР показал их большое преимущество, так как появляется возможность дифференцированного сопоставления интенсивности землетрясения в различных грунтовых и геоморфологических условиях в зависимости от основных периодов свободных колебаний сооружений, а также декрементов затухания. А это имеет первостепенное значение для оценки поведения сооружений при сильных землетрясениях и, конечно, весьма ценно для проектировщиков сооружений и градостроителей. Здесь мы не останавливаемся на способах получения и сопоставления спектров приведенных сейсмических ускорений в зависимости от локальных условий. Они освещены в литературе достаточно подробно [6—8, 15].

Следует подчеркнуть, что спектр $\tau(T, \alpha)$, принятый, как было указано выше, в основу расчета зданий и сооружений на сейсмостойкость, не только имеет простой физический смысл, но и весьма удобен для практического применения при изучении сейсмического события. Спектр $\tau(T, \alpha)$ является функцией только положительного аргумента (ординаты на графике всегда положительны) и поэтому наглядно показывает динамические особенности рассматриваемого землетрясения посредством фиксации уровня сейсмического воздействия на простейшие модели сооружений (линейные осцилляторы).

Известны традиционно установившиеся способы определения спектров $\tau(T, \alpha)$ путем регистрации землетрясения многомаятниковыми сейсмометрами типа АИС или расчетным путем на основе акселерограмм землетрясений [2, 3, 7, 17].

Были также попытки расчетов спектров $\tau(T, \alpha)$ на основе сейсмограмм землетрясений путем предварительного численного двукратного ее дифференцирования. Однако такая операция, особенно при высокочастотных колебаниях, неизбежно приводит к существенным погрешностям, способным резко исказить характеристики искомой функции [6, 7].

В работе [11] показана принципиальная возможность использования сейсмограмм землетрясений для построения спектров $\tau(T, \alpha)$ или его модификаций, минуя операцию двукратного численного дифференцирования функции перемещения почвы.

В этой работе путем известных математических преобразований из дифференциального уравнения движения линейного осциллятора получено эквивалентное уравнение движения, выраженное через смещение почвы

$$U(t) + \frac{2\pi\alpha}{T} \int_0^t U(\xi) d\xi + \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \int_0^t (t-\xi)U'(\xi)d\xi = -U_0(t) \quad (1)$$

или как в работе [9]

$$U(t) + \int_0^t K(t, \xi) U(\xi) d\xi = -U_0(t), \quad (1')$$

где

$$K(t, \xi) = \frac{2\pi}{T} \left[\alpha + \frac{2\pi}{T} (t-\xi) \right] \quad (2)$$

Уравнения (1) и (1') являются интегральными уравнениями второго рода типа Вольтерра с ядром вида (2).

Это уравнение с непрерывным ядром $K(t, \xi)$ и известной правой частью $U_0(t)$ имеет единственное непрерывное решение $U(t)$. Существование единственного решения уравнения (1) следует из существования и единственности решения задачи Коши для линейного дифференциального уравнения в окрестностях точки $t=0$.

Для численного решения уравнения Вольтерра второго рода на ЭВМ обычно применяются методы итераций. При этом количество итераций зависит от заданной точности искомого решения, что в итоге требует большого количества машинного времени и вносит дополнительные ошибки вычислений. Однако использование «внутренних свойств» уравнения (1 или 1'), определяющихся его ядром, позволяет находить решение в явном виде [4].

$$U(t) = -U_0(t) + \lambda \int_0^t R(t, \xi; \lambda) U_0(\xi) d\xi, \quad (3)$$

где $\lambda = -1$; а $R(t, \xi; \lambda)$ — резольвента интегрального уравнения (1') для ядра (2), удовлетворяющая следующему функциональному уравнению:

$$R(t, \xi; \lambda) = K(t, \xi) + \lambda \int_{\xi}^t K(t, s) R(s, \xi; \lambda) ds.$$

В данном случае резольвенту $R(t, \xi; \lambda)$ можно построить аналитически, используя возможность составления и решения дифференциального уравнения:

$$R(t, \xi; \lambda) = \frac{2\pi}{T} e^{-\frac{\alpha}{T}(t-\xi)} \left[\left(\frac{\alpha^2}{4} - 1\right) \sin \frac{2\pi}{T}(t-\xi) - \alpha \cos \frac{2\pi}{T}(t-\xi) \right] \quad (4)$$

Из выражений (3) и (4) следует, что спектр максимальных перемещений линейного осциллятора.

$$x(T, \alpha) = \left| -U_0(t) + \lambda \int_0^t R(t, \xi, \lambda) U_0(\xi) d\xi \right|_{\max} \quad (5)$$

Зная, что спектр $\tau(T, \alpha)$ отличается от спектра перемещений или спектра действия $x(T, \alpha)$ постоянным множителем—квадратом круговой частоты [7, 12]

$$\tau(T, \alpha) = \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 x(T, \alpha).$$

В настоящее время разработан алгоритм вычисления приведенных сейсмических ускорений $\tau(T, \alpha)$ с использованием выражения (5). В основу положен описанный в [1] алгоритм аналитического вычисления $\tau(T, \alpha)$, в котором в качестве аппроксимирующей функции, описывающей подынтегральную сейсмограмму в интервалах ее разбиения, принимаются кубические сплайны. По разработанному алгоритму составлена программа на языке «Фортран-IV» и начата ее реализация на ЭВМ ЕС—1022. Подлежит машинной обработке большое количество сейсмограмм землетрясений, записанных синхронно в различных инженерно-геологических зонах территории г. Еревана (рис. 1).

Таким образом, реализована возможность определения инженер-

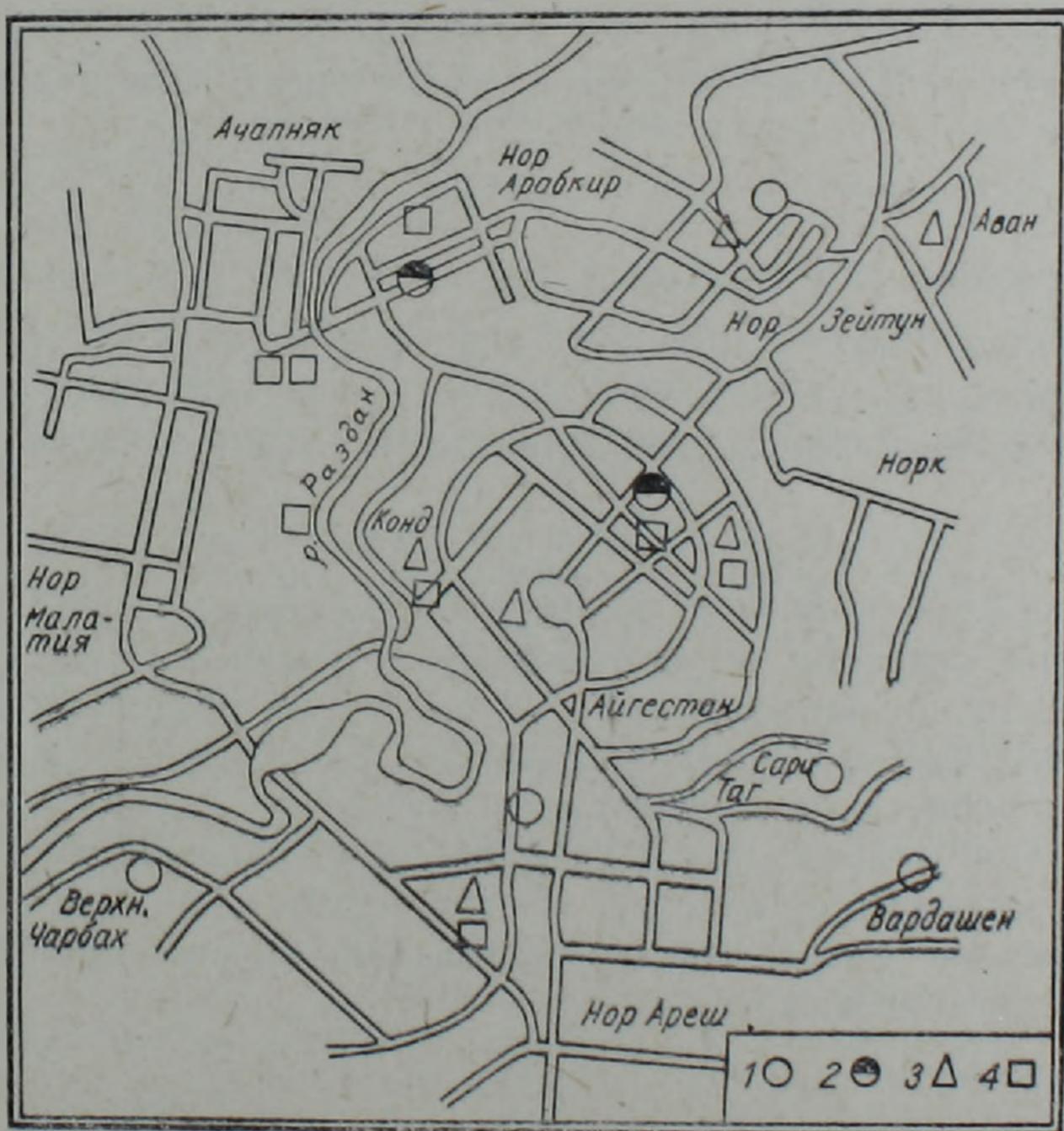


Рис. 1. Схема сети сейсмических наблюдений г. Еревана. 1—сейсмостанции непрерывного режима, 2—спаренные сейсмостанции, 3—инженерно-сейсмические станции на зданиях (АрмНИИСА), 4—сейсмостанции ждущего режима.

ной меры интенсивности землетрясения—спектра приведенных сейсмических ускорений $\tau(T, \alpha)$ на основе использования сейсмограмм землетрясения. Это открывает широкие перспективы не только для решения

задачи СМР территории г. Еревана, но и многих других задач инженерной сейсмологии и сейсмостойкости сооружений на инструментальной основе.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии АН Армянской ССР

Поступила 23.VI. 1986.

Ս. Ա. ՓԻՐՈՒԶՅԱՆ, Ա. Ա. ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ, Դ. Ս. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Ա. Մ. ԽԱՉՅԱՆ

ԵՐԵՎԱՆԻ ԲՆԱՏԱՐԱԾՔԻ ՍԵՅՍՄԵԿ ՄԻԿՐՈՇՐՋԱՆԱՑՄԱՆ ՀԱՄԱՐ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԵՐԻ ՍԵՅՍՄՈԳՐԱՄԵՆԵՐԻ ՀԻՄԱՆ ՎՐԱ ԻՆՃԵՆԵՐԱՅԻՆ ՍՊԵԿՏՐՆԵՐ ՀԱՇՎԱՐԿԵԼՈՒ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հողվածում շարադրված է երկրաշարժերի ինտենսիվության ինժեներական չափանիշի՝ $\tau(T, z)$ բերված սեյսմիկ արագացումների սպեկտրի հաշվարկային գործնական մի եղանակ՝ ժամանակակից հաշվիչ մեքենաների միջոցով երկրաշարժերի սեյսմոգրամների մշակման հիման վրա, որի ըսկզբունքային հնարավորությունը ցույց է տրված [11] աշխատանքում: Դրանով նախադրյալներ են ստեղծվում կազմելու: Երևան քաղաքի բնատարածքի սեյսմիկ միկրոշրջանացման քարտեզը գործիքային հիմքի վրա, ինչպես նաև լուծելու ինժեներային սեյսմոլոգիայի ու սեյսմակայուն շինարարության այլ խնդիրներ:

S. A. PIRUZIAN, A. A. HOVSEPIAN, D. S. GRIGORIAN, A. M. KHACHIAN

ON THE POSSIBILITY OF USING THE EARTHQUAKES SEISMOGRAMS FOR CALCULATION THE ENGINEERING SPECTRA FOR THE YEREVAN CITY TERRITORY SEISMIC MICRO-ZONING

A b s t r a c t

In the paper there is represented the calculating method of determination the earthquake intensity engineering degree i. e. the spectrum of reduced seismic accelerations $\tau(T, z)$ on modern computers based on the applying the earthquakes seismograms, the principal possibility of which is pointed out in the cited paper [11].

These all create a ground for compiling the Yerevan city territory seismic micro-zoning map on the instrumental basis and also give perspectives for solving of many problems of engineering seismology and antisismic construction.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Гороян А. Т. К вычислению реакций зданий и сооружений на сейсмическое воздействие по акселерограммам сильных землетрясении.—ДАН АрмССР, 1981, т. XXIII, № 5, с. 288—294.
2. Дарбинян С. С., Пирузян С. А. О прогнозе сейсмических воздействий для территории строительства Армянской АЭС.—Строительная механика и расчет сооружений, 1979, № 5, с. 60—62.
3. Карапетян Б. К. Многомаятниковые сейсмометры и их применение в инженерной сейсмологии. Ереван: Айпетрат, 1963. 177 с.

4. Краснов М. Л., Киселев А. И., Макаренко Г. И. Интегральные уравнения. М.: Наука, 1976. 215 с.
5. Медведев С. В. Инженерная сейсмология. М.: Наука, 1962. 284 с.
6. Назаров А. Г., Антоненко Э. М., Кац А. З., Коган Л. А., Лямзина Г. А., Лыкошин А. Г., Напетваридзе Ш. Г., Пирузян С. А., Трафименков Ю. Г. К проблеме сейсмического микрорайонирования.—Бюллетень по инженерной сейсмологии, 1972. № 7, с. 11—24.
7. Назаров А. Г. Метод инженерного анализа сейсмических сил. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1959. 286 с.
8. Назаров А. Г., Карапетян Б. К., Пирузян С. А. Сейсмическое микрорайонирование на инструментальной основе.—ДАН АрмССР, 1961, т. 32, № 3, с. 149—154.
9. Напетваридзе Ш. Г., Кобидзе Г. И. Методика и результаты применения сейсмограмм и велосиграм разрушительных землетрясений для определения сейсмической инерционной нагрузки.—В кн.: Материалы всесоюзного совещания. Проектирование и строительство сейсмостойких зданий и сооружений. Тбилиси-Фрунзе: Мецниереба, 1971, с. 9—13.
10. Пирузян С. А. Инженерные основы сейсмического районирования по данным изучения сильных землетрясений.—Тез. докл. на Всес. совещ. на тему «Сейсмическое районирование территории СССР и изучение сильных землетрясений». Кишинев: Ротопринт ГИН-а, 1964. с. 13—14.
11. Пирузян С. А. Метод определения спектра приведенных сейсмических ускорений на основе сейсмограмм землетрясений.—Изв. АН АрмССР, сер. техн. наук, 1965, т. XVIII, № 5, с. 54—58.
12. Пирузян С. А. Метод определения сейсмических воздействий на сооружения по записям сильных и слабых землетрясений для целей микросейсморайонирования.—Бюллетень по инженерной сейсмологии. Изд. АН АрмССР, 1970, № 6, с. 75—82.
13. Пирузян С. А. Опыт детального сейсмического районирования Большого Ереванского района (юго-западная часть АрмССР и прилегающие районы). Ереван: Айастан, 1969. 92 с.
14. Пирузян С. А. О сейсмическом микрорайонировании на основе инструментальных наблюдений.—Изв. АН АрмССР, серия техн. наук, 1962, т. 15, № 4, с. 43—52.
15. Пирузян С. А. Результаты инженерно-сейсмологического изучения сильных афтершоков Ташкентского землетрясения 1966 г.—В кн.: Ташкентское землетрясение 26 апреля 1966 г. Ташкент: Изд. ФАН, 1971, с. 513—523.
16. Строительные нормы и правила. Сейсмостойкое строительство. СНиП 11-7-81. М.: Стройиздат, 1982. 49 с.
17. Хачиян Э. Е. Сейсмические воздействия на высотные здания и сооружения. Ереван: Изд. Айастан, 1973. 327 с.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1986, XXXIX, № 5, 67—73.

УДК 624.131.1

Р. П. МАРТИРОСЯН, Л. А. МХИТАРЯН, А. А. ОВСЕПЯН, М. В. ОГАНЕСЯН,
К. А. ТОНОЯН

ВОЗМОЖНОСТИ УЧЕТА РЕАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФУНДАМЕНТА С ОСНОВАНИЕМ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СООРУЖЕНИЯ

Рассматриваются возможности учета остаточных деформаций мягких грунтов и взаимодействия фундамента с основанием при определении сейсмического воздействия.

Приводятся результаты теоретических и экспериментальных исследований по определению спектров реакции, контактных напряжений на подошве фундамента и осадков оснований при сейсмических воздействиях.

Исследования последствий сильных землетрясений показывают, что при сейсмическом воздействии на здания и сооружения большое влияние оказывают грунтовые условия. Из главных причин влияния грунтовых условий является трансформация сейсмических волн в сторону увеличения амплитуды колебаний, связанная с динамическими характеристиками поверхностных слоев. В этом направлении интересные теоретические и экспериментальные исследования проводились японскими специалистами [11]. Результаты этих работ показывают, что наличие слабых грунтовых слоев приводит к увеличению сейсмической интенсивности по сравнению с глубинным слоем.

Другой аспект влияния грунтовых условий на сейсмическое воздействие связан с несущей способностью самих грунтов. Известно, что динамическое воздействие вызывает изменение деформационных и прочностных свойств мягких грунтов (падение прочности до 25—70%).

4. Краснов М. Л., Киселев А. И., Макаренко Г. И. Интегральные уравнения. М.: Наука, 1976. 215 с.
5. Медведев С. В. Инженерная сейсмология. М.: Наука, 1962. 284 с.
6. Назаров А. Г., Антоненко Э. М., Кац А. З., Коган Л. А., Лямзина Г. А., Лыкошин А. Г., Напетваридзе Ш. Г., Пирузян С. А., Трафименков Ю. Г. К проблеме сейсмического микрорайонирования.—Бюллетень по инженерной сейсмологии, 1972. № 7, с. 11—24.
7. Назаров А. Г. Метод инженерного анализа сейсмических сил. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1959. 286 с.
8. Назаров А. Г., Карапетян Б. К., Пирузян С. А. Сейсмическое микрорайонирование на инструментальной основе.—ДАН АрмССР, 1961, т. 32, № 3, с. 149—154.
9. Напетваридзе Ш. Г., Кобидзе Г. И. Методика и результаты применения сейсмограмм и велосиграм разрушительных землетрясений для определения сейсмической инерционной нагрузки.—В кн.: Материалы всесоюзного совещания. Проектирование и строительство сейсмостойких зданий и сооружений. Тбилиси-Фрунзе: Мецнипереба, 1971, с. 9—13.
10. Пирузян С. А. Инженерные основы сейсмического районирования по данным изучения сильных землетрясений.—Тез. докл. на Всес. совещ. на тему «Сейсмическое районирование территории СССР и изучение сильных землетрясений». Кишинев: Ротопринт ГИН-а, 1964. с. 13—14.
11. Пирузян С. А. Метод определения спектра приведенных сейсмических ускорений на основе сейсмограмм землетрясений.—Изв. АН АрмССР, сер. техн. наук, 1965, т. XVIII, № 5, с. 54—58.
12. Пирузян С. А. Метод определения сейсмических воздействий на сооружения по записям сильных и слабых землетрясений для целей микросейсморайонирования.—Бюллетень по инженерной сейсмологии. Изд. АН АрмССР, 1970, № 6, с. 75—82.
13. Пирузян С. А. Опыт детального сейсмического районирования Большого Ереванского района (юго-западная часть АрмССР и прилегающие районы). Ереван: Айастан, 1969. 92 с.
14. Пирузян С. А. О сейсмическом микрорайонировании на основе инструментальных наблюдений.—Изв. АН АрмССР, серия техн. наук, 1962, т. 15, № 4, с. 43—52.
15. Пирузян С. А. Результаты инженерно-сейсмологического изучения сильных афтершоков Ташкентского землетрясения 1966 г.—В кн.: Ташкентское землетрясение 26 апреля 1966 г. Ташкент: Изд. ФАН, 1971, с. 513—523.
16. Строительные нормы и правила. Сейсмостойкое строительство. СНиП 11-7-81. М.: Стройиздат, 1982. 49 с.
17. Хачиян Э. Е. Сейсмические воздействия на высотные здания и сооружения. Ереван: Изд. Айастан, 1973. 327 с.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1986, XXXIX, № 5, 67—73.

УДК 624.131.1

Р. П. МАРТИРОСЯН, Л. А. МХИТАРЯН, А. А. ОВСЕПЯН, М. В. ОГАНЕСЯН,
К. А. ТОНОЯН

ВОЗМОЖНОСТИ УЧЕТА РЕАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФУНДАМЕНТА С ОСНОВАНИЕМ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СООРУЖЕНИЯ

Рассматриваются возможности учета остаточных деформаций мягких грунтов и взаимодействия фундамента с основанием при определении сейсмического воздействия.

Приводятся результаты теоретических и экспериментальных исследований по определению спектров реакции, контактных напряжений на подошве фундамента и осадков оснований при сейсмических воздействиях.

Исследования последствий сильных землетрясений показывают, что при сейсмическом воздействии на здания и сооружения большое влияние оказывают грунтовые условия. Из главных причин влияния грунтовых условий является трансформация сейсмических волн в сторону увеличения амплитуды колебаний, связанная с динамическими характеристиками поверхностных слоев. В этом направлении интересные теоретические и экспериментальные исследования проводились японскими специалистами [11]. Результаты этих работ показывают, что наличие слабых грунтовых слоев приводит к увеличению сейсмической интенсивности по сравнению с глубинным слоем.

Другой аспект влияния грунтовых условий на сейсмическое воздействие связан с несущей способностью самих грунтов. Известно, что динамическое воздействие вызывает изменение деформационных и прочностных свойств мягких грунтов (падение прочности до 25—70%).

Это явление объясняется разрушением структурных связей, приводящим к образованию остаточных деформаций в грунте.

Вместе с тем исследования по некоторым сильным землетрясениям [2] показывают, что на больших эпицентральных расстояниях при относительно низкой интенсивности колебаний амплитуда ускорений рыхлых грунтов больше, чем скальных.

С приближением к эпицентру, т. е. с увеличением интенсивности сотрясения, разница исчезает. В ближней зоне при $\Delta < 50$ км величина амплитуд скальных грунтов не меньше, чем рыхлых, а интенсивность нарастания у последних возрастает медленнее. Это объясняется нарастанием внутренних потерь сейсмической энергии при переходе в явно выраженную пластическую стадию.

Такой специфический характер связи между сейсмическим эффектом и амплитудным уровнем колебаний грунта в эпицентральных зонах землетрясений заставляет при определении сейсмического воздействия вводить расчеты, учитывающие неупругую (упругопластическую) работу рыхлых грунтов.

В настоящее время при решении многих задач инженерной сейсмологии и динамики оснований применяются различные модели грунтов, учитывающие их упругопластическое деформирование при интенсивных динамических нагрузках. Эти модели подробно описаны в работах [3, 8]. Следует отметить, что каждая из этих моделей имеет свою специфику и область применения, поэтому при использовании той или иной модели для определения сейсмического воздействия должны исходить из специфики данной строительной площадки.

Между тем, на стыке сейсмического микрорайонирования и сейсмостойкости сооружений стоит проблема динамического взаимодействия фундамента сооружения и грунта основания при землетрясениях, поскольку сейсмические нагрузки, возникающие в конструкциях сооружений—это результат взаимодействия фундамента и основания.

Отсутствие полного решения этой задачи является причиной того странного обстоятельства, что принятые в СНИП [9] сейсмические ускорения отличаются от наблюдаемых при землетрясениях в несколько раз.

С целью выявления влияния волнового взаимодействия на спектр реакции рассматривалась задача по следующей расчетной схеме: сооружение моделируется как линейный осциллятор, прикрепленный к жесткому фундаменту, находящемуся на упругом грунтовом слое, на нижней границе которого действует велисограмма. В этом случае использование велисограммы приводит к более удобному решению волновой задачи и избежанию накопления ошибок при дифференцировании и интегрировании инструментальных записей землетрясений.

Решается одномерная волновая задача для слоя с учетом отражения от жесткого фундамента [4].

Сохраняя условие динамической неразрывности на контакте фундамента и слоя решается дифференциальное уравнение колебаний линейного осциллятора, в правую часть которого входит волновая реакция грунта, зависящая от характеристик падающей и отраженной волн и от параметров грунта.

В итоге получено выражение для спектра реакции в следующем виде:

$$X = \frac{1}{p} \int_0^t e^{-\beta(t-\tau)} W(\tau) \sin p(t-\tau) d\tau; \quad (1)$$

где

$$W(t) = 2\alpha F(t) - 2\alpha^2 \int_0^t e^{-\alpha(t-\xi)} F(\xi) d\xi \quad (2)$$

функция $F(t)$ выражается через велисограмму землетрясения:

$$F(t) = -V_0 \left(t - \frac{H}{b_0} \right).$$

H —толщина слоя, b_0 —скорость волны сдвига.

В формуле (1) коэффициент α выражается через массу фундамента и осциллятора и через импеданс падающей волны:

$$\alpha = \rho b_0 / (m_1 + m_2)$$

Полученный спектр X по формуле (1) отличается от принятого [6] тем, что значение действующего ускорения выражается по формуле (2), учитывающей взаимодействие фундамента с основанием.

На рис. 1 показаны спектры реакции, построенные для гармонического воздействия. Для сравнения приводится также спектр заземленного в грунт линейного осциллятора.

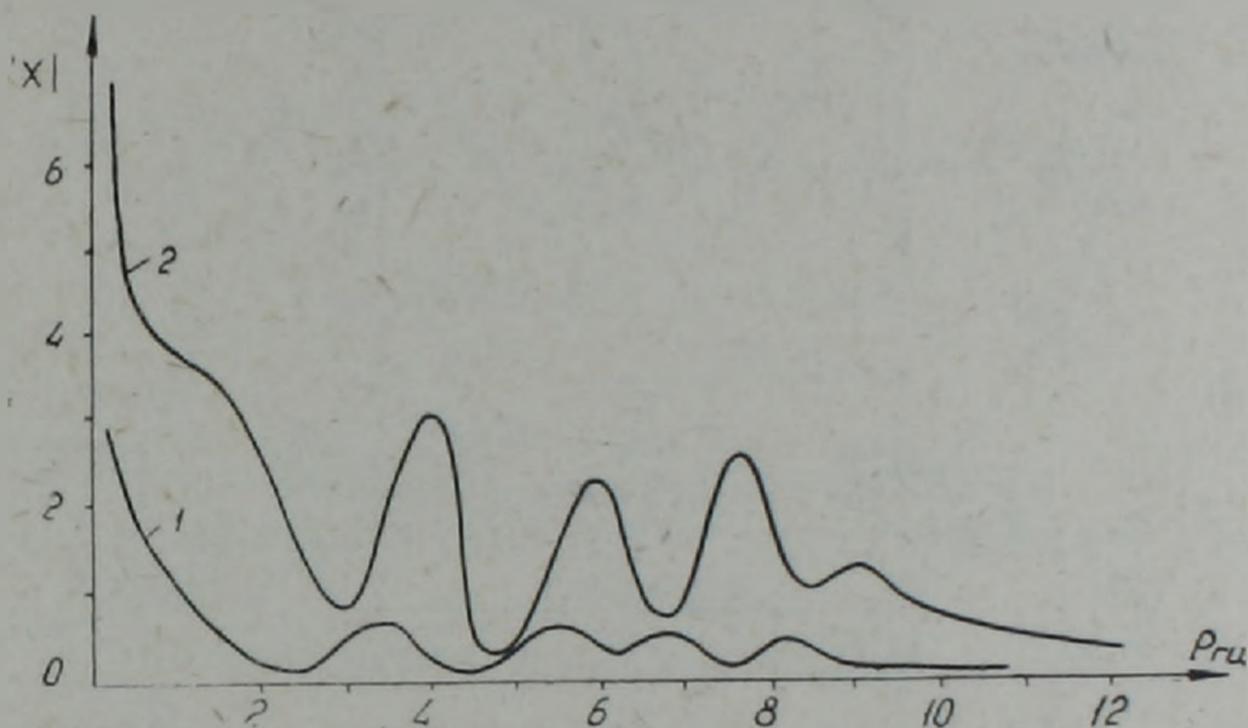


Рис. 1. Спектры реакции в единичном масштабе: 1—с учетом волнового взаимодействия фундамента и грунта; 2—для заземленного осциллятора.

Из рис. 1 отчетливо видно, что взаимодействие фундамента сооружения с основанием приводит к значительному уменьшению амплитуды колебаний (примерно 30%).

Для теории динамического расчета сооружения вместе с грунтовым основанием характерна тенденция уточнения постановки задачи. Такое уточнение предусматривает подробное описание взаимодействия сооружения и основания с учетом конкретного геологического строения среды, дифракции, интерференции и дисперсии волн в основании, которые, в конечном счете, позволяют точнее определить поведение реальных сооружений при действии сейсмических и других типов внешних динамических нагрузок. С этой целью решена динамическая контактная задача абсолютно жесткой фундаментной плиты, лежащей на поверхности упругого или упруго-вязкого многослойного основания, при одновременном воздействии сейсмических и других типов внешних динамических нагрузок и изучен динамический характер распределения контактных напряжений и перемещений на подошве плиты. Уравнения движения сооружения в виде плоской плиты записываются по методу функции Грина [7].

Ядро интегральных уравнений определяется самостоятельно. Аналогично задачи Лэмба, в аналитической постановке, решена краевая задача динамической теории вязко-упругости, относящаяся к плоскому деформированному состоянию, когда на свободной поверхности упруго-вязкой слоистой среды действует нагрузка.

$$\bar{\sigma}_{3i(t)}(x_1, 0, t) = \delta(x_1) e^{i k_4 t},$$

где

$\delta(x_1)$ — функция Дирака,

k_4 — волновое число.

Следуя методу коллокаций с использованием метода дискретного преобразования Фурье, задача доведена до численных значений контактных напряжений и перемещений.

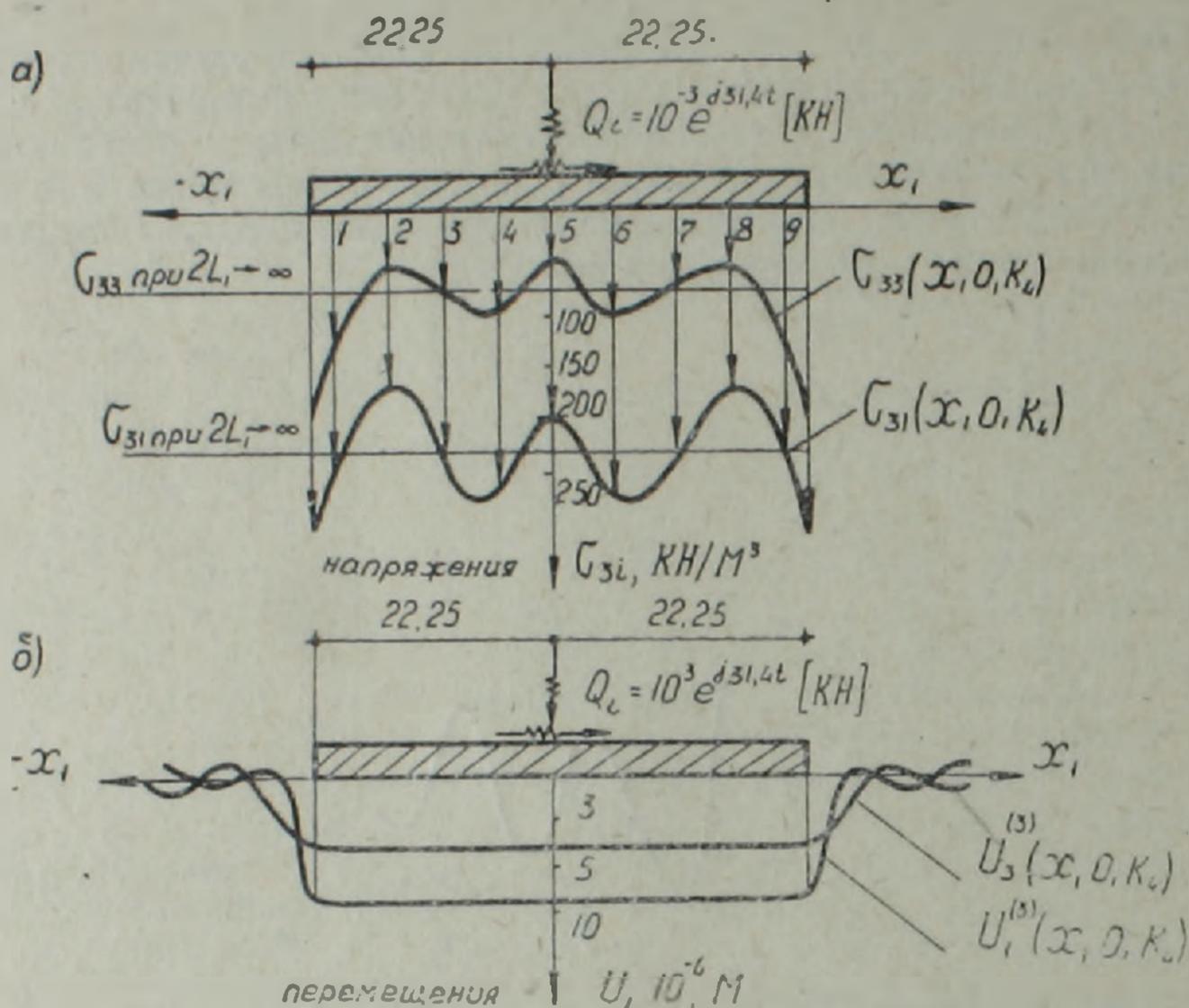


Рис. 2. Эпюры распределения контактных напряжений и перемещений.

Как показывают результаты расчетов (рис. 2), эпюры распределения контактных напряжений, возникающих на подошве сооружения, претерпевают существенные изменения и в целом отличаются от седлообразного закона распределения, как это принято у В. М. Сеймова [10]. Уравнения распределения массы штампа, лежащего на упругом и вязко-упругом основании, приводит к увеличению ординат контактных напряжений и перемещений, при этом одновременно сглаживается эпюра контактных напряжений. Следовательно, при $2l_1/a_2$, т. е. бесконечном уменьшении отношения размеров фундаментной плиты в плане к скорости распространения поперечных волн в основании, краевые эффекты уменьшаются, и эпюры контактных напряжений по оси x_1 ($i=1, 3$) становятся равномерно распределенными.

Эффект податливости грунта в основном может быть значительным в случае базирования зданий или сооружений с жесткой конструктивной схемой на рыхлых напластованиях грунтовых сред. Учет этого фактора в явной форме при определении сейсмических нагрузок, являющихся одной из основных компонентов, характеризующих действительную работу зданий или сооружений при сейсмических воздействиях, не вызывает принципиальных затруднений. Для этого достаточно ввести дополнительные степени свободы. При этом принимается, что здание или сооружение не лежит непосредственно на твердом пласте грунта, а соединен с ним посредством упругопластических комбинированных связей.

При исследовании податливости грунта в основании существенным является учет вращательной инерции фундамента и перекрытий с неточечными массами. Хотя учет указанных факторов по предложенной

расчетной модели (рис. 3) системы «здание-основание» в виде систем со многими степенями свободы не связан с принципиальными трудностями, но существенно увеличивает объем вычислительных работ. Поэтому для практических целей в предложенную динамическую расчетную схему можно ввести упрощение, предполагая, что углы поворота на различных этажах зданий или сооружений (особенно для жестких) мало отличаются между собой (для основной формы колебаний). В результате уменьшается число степеней свободы и вместо $2n+2$ степеней свободы остаются только $n+2$, которым соответствуют массы $M_0, M_1, M_2, \dots, M_n$ и одна суммарная вращательная инерция $I = I_0 + I_1 + I_2 + \dots + I_n$.

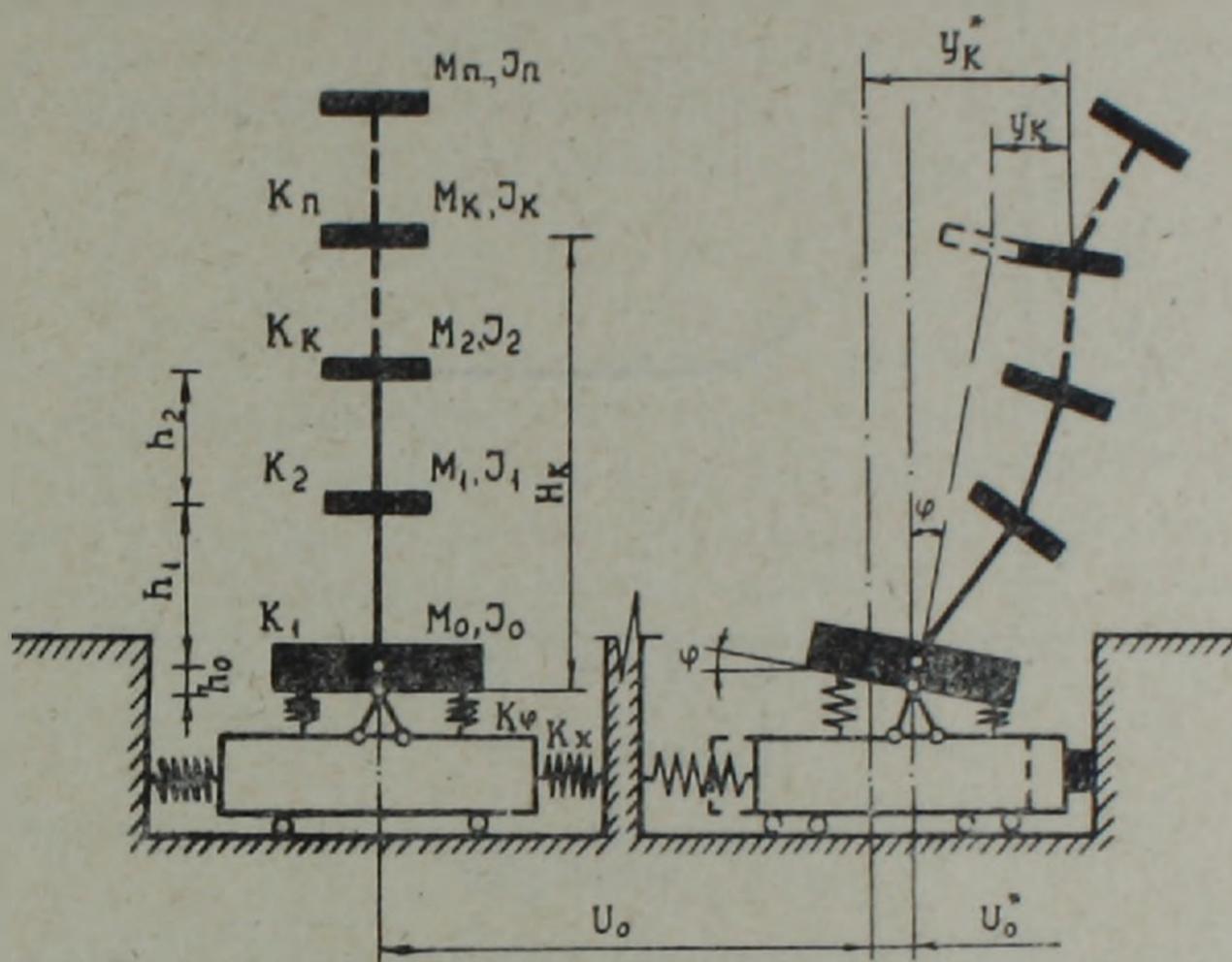


Рис. 3. Расчетная схема, учитывающая податливость основания и вращение неточечных масс.

Дифференциальные уравнения сейсмического движения рассмотренной упругопластической расчетной модели системы «здание-основание» в виде системы со многими степенями свободы в матричной символике могут быть записаны так:

$$[M]\{\ddot{Y}^*\} + [K]\{Y^*\} = -\ddot{U}_0 [M]\{a_0\} + [E]\{B\},$$

где $[M]$ — диагональная матрица инерционных параметров системы;
 $[K]$ — матрица жесткости, с дискретно изменяющимися параметрами;

$[E]$ — единичная матрица;

$\{B\}$ — вектор, обусловленный сопряжениями отдельных участков кусочно-линейной диаграммы «сила-перемещение»

$\{a_0\}$ — $n+2$ -мерный вектор, который состоит из единиц и нулей [1].

Для оценки эффекта податливости грунта в основании сейсмическим нагрузкам намечается произвести практические расчеты зданий по предложенной расчетной модели системы «здание-основание» с различными жесткостными характеристиками основания. Учет податливости основания может привести к увеличению основного периода колебаний и уменьшению внутренних усилий в несущих элементах здания или сооружения при сейсмических воздействиях.

С целью изучения вопроса осадки сооружений, в натуре производилось нивелирование девяти зданий, в которых размещены инженерно-сейсмометрические станции (ИСС). Здания ИСС различаются конструктивными схемами, материалами несущих конструкций и основаниями фундаментов.

Нивелирование производится с помощью нивелира производства ВНР модели «МОМ N_1 —В4» один раз в год. Для нивелирования заложены реперы на цоколях этих зданий. У всех зданий ИСС проведен один цикл нивелирования первого класса. Многократно изучено здание ИСС № 3, данные которого приведены в работе [5].

Нивелировка здания производилась, начиная с 1974 года, один раз в год, а также после землетрясений. На цоколе здания заложены 8 реперов, расстояние между которыми 12 м.

На основании полученных данных построен график осадки здания (рис. 4).

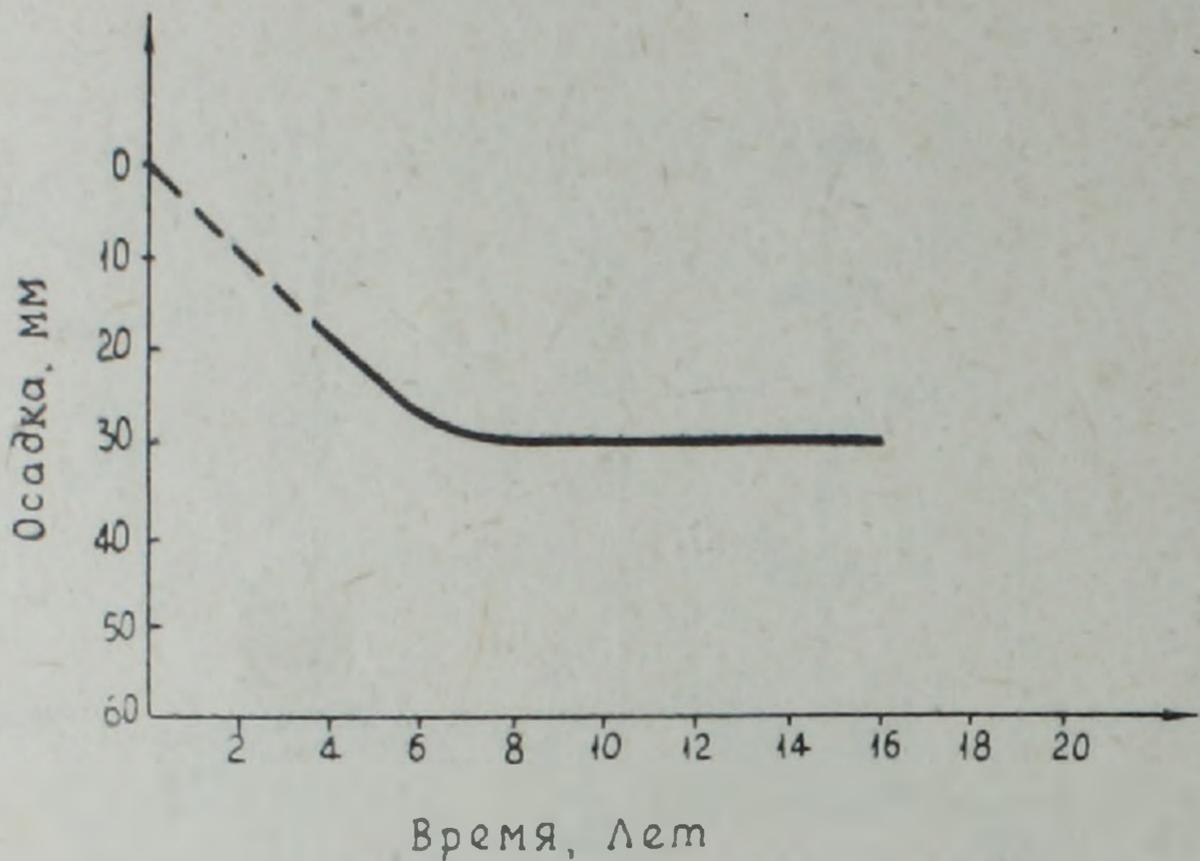


Рис. 4. График осадки здания инженерно-сейсмометрической станции № 3.

Из графика видно, что на данном объекте осадка характеризуется небольшими скоростями как в начальных, так и в последующих периодах, что характерно для скальных грунтов.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии АН АрмССР

Поступила 23.VI. 1986.

Թ. Պ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ, Լ. Ա. ՄԽԻԹԱՐՅԱՆ, Ա. Ա. ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ,
Մ. Վ. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Կ. Ա. ՏՈՆՈՅԱՆ

ԳԵՏՆԱՀՈՂԵՐԻ ԻՐԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԵՎ ՀԻՄՔԻ ՈՒ ՀԻՄՆԱՏԱԿԻ ՓՐԵԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՀԱՇՎԱՌՄԱՆ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԿԱՌՈՒՅՑՆԵՐԻ ՎՐԱ ՍԵՅՍՄԻԿ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՈՐՈՇՄԱՆ ԴԵՊՔՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

Ուժեղ երկրաշարժերի էպիկենտրոնային շրջաններում փափուկ գետնահողերի վրա նկատվում է սեյսմիկ ինտենսիվության նվազում, որը պայմանավորված է մնացորդային դեֆորմացիաների հետևանքով սեյսմիկ էներգիայի կորուստով: Այդ ուղղությամբ գոյություն ունեցող հետազոտությունների արդյունքների վերլուծության հիման վրա հզրակացություններ են արված այն մասին, որ սեյսմիկ աղդեցությունների ճշգրիտ որոշման համար հարկավոր է հաշվի առնել փափուկ գետնահողում տառադասալաստիկ դեֆորմացիաները և կառույցի հիմքի ու հիմնատակի փոխաղդեցության գործոնը: Դիտարկվում է փափուկ գետնահողի մնացորդային դեֆորմացիաների

և հիմքի ու հիմնատակի փոխազդեցության հաշվառման հնարավորությունները սեյսմիկ ազդեցության որոշման դեպքում:

Բերվում են ազդեցության սպեկտրների, հիմքի ստորոտում կոնտակտային լարումների բաշխվածության և հիմնատակերի նստեցումների որոշման տեսակետ և փորձարարական հետազոտությունների արդյունքները:

R. P. MARTIROSIAN, L. A. MKHITARIAN, A. A. HOVSEPIAN,
M. V. HOVHANNISIAN, K. A. TONOYAN

THE POSSIBILITIES OF ACCOUNT OF THE GROUNDS REAL PROPERTIES AND THE INTERACTION BETWEEN THE FOUNDATION AND BASEMENT WHILE DETERMINING THE SEISMIC INFLUENCE ON THE CONSTRUCTIONS

A b s t r a c t

The possibilities of an account of soft grounds residual deformations and the interaction between the foundation and the basement while determining the seismic influence have been considered in this paper.

There are given the results of theoretical and experimental investigations while determining reaction spectra, contact stresses on the bottom of the foundation as well as basement settlements under the seismic influences.

ЛИТЕРАТУРА

1. Деркачев А. А., Негматулаев С. Х. Динамические схемы зданий и их свободные колебания.—Душанбе: Изд. Дониш, 1970. 230 с.
2. Краминин П. Н., Чернов Ю. К., Штейнберг В. В. Ускорения колебаний скальных и рыхлых грунтов при сильных землетрясениях. Вопросы инженерной сейсмологии. Вып. 19. М.: Наука, 1973, с. 140—148.
3. Красников Н. Д. Динамические свойства грунтов и методы их определения. Л.: Стройиздат, 1970. 239 с.
4. Маргиросян Р. П. Одномерные плоские волны сдвига в грунте с положительной дилатансией.—Изв. АН АрмССР. сер. Механика, т. 34, № 4, 1985. с. 47—55.
5. Мхитарян Л. А. Измерение деформаций по данным станции ИСС.—Сейсмическое строительство. Научно-технический реферативный сборник. 1979, Сер. 14, вып. 4, с. 16—18.
6. Назаров А. Г. Метод инженерного анализа сейсмических сил. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1959, 286 с.
7. Оганесян М. В. Решение контактной задачи для штампа при одновременном воздействии сейсмических и динамических нагрузок. Тр. Московского института Гидропроект, вып. 93, 1984, с. 110—114.
8. Рахматулин Х. А., Сагомонян А. Я., Алексеев Н. А. Вопросы динамики грунтов. М.: Изд. МГУ, 1964. 362 с.
9. Строительные нормы и правила. Часть II, глава 12. Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования. СНиП, П-А, 12—69, М.: Стройиздат, 1970.
10. Сеймов В. М. Динамические контактные задачи. Киев, Наукова Думка, 1976. 238 с.
11. Okamoto S. Introduction to Earthquake Engineering. Publication of John Willy and Sons. New York-Toronto. 1973.

Р. О. АМАСЯН, Э. Л. МИКАЕЛЯН

ЭЛАСТИЧЕСКАЯ СЕЙСМИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИНЖЕНЕРНОЙ СЕЙСМОЛОГИИ

Приводятся результаты изучения поведения эластической сейсмической платформы при разных рабочих режимах. Обосновывается целесообразность ее применения при решении некоторых задач инженерной сейсмологии.

Многие задачи инженерной сейсмологии, а также сейсмостойкости сооружений, в особенности протяженных в плане, требуют учета различия фаз в колебаниях грунта основания. Ведь, в действительности при землетрясениях различные точки земной поверхности претерпевают перемещения со сдвигом фаз.

Такие задачи экспериментальным путем, на моделях, могут быть решены при помощи эластической сейсмической платформы принудительного действия, на которой имеется возможность генерирования бегущих сейсмических волн. Такая платформа, разработанная в СКБ ИМ г. Армавир, по предложенному нами техническому заданию, была недавно смонтирована в отделе моделирования сейсмических процессов ИГИС АН АрмССР.

Эластическая сейсмическая платформа Х62.775.010 состоит из 8 самостоятельных платформ, представляющих собой жесткие сварные рамы, которые установлены по оси колебаний и могут двигаться друг относительно друга в горизонтальной плоскости со сдвигами фаз. Каждая платформа опирается на 6 равномерно расположенных упругих стоек, жесткость которых позволяет перемещаться платформе в горизонтальном направлении на требуемую величину и в то же время воспринимать вертикальные нагрузки, возникающие от веса испытуемого объекта. Колебания отдельных платформ возбуждаются при помощи гидроцилиндров, которые своим основанием устанавливаются на фундамент, а тягой крепятся к собственной платформе. Подобная конструкция воспроизводит заданные поперечные колебания в виде ступенчато-изменяющейся функции. Для получения на поверхности платформы деформаций, представляющих из себя плавно изменяющуюся функцию, все столики сплошь покрываются эластическим настилом, размеры которого в плане составляют 2000×6000 мм.

Наиболее важным моментом при проведении испытаний с помощью эластической сейсмической платформы является подбор материала эластического настила и его оптимальной толщины.

При решении первого вопроса мы руководствовались следующими соображениями.

1. Так как эластический настил должен сглаживать разрывы, получаемые при сдвигах отдельных столиков друг относительно друга, его материал должен быть по возможности мягким и упругим, т. е. низкокомодульным.

2. При решении ряда вопросов инженерной сейсмологии и взаимодействия фундаментов сооружений с грунтами основания необходимо, чтобы материал эластического настила являлся в одно и то же время модельным материалом для сооружений из грунтов и грунтовых напластований.

В связи с этим, исходя из условий подобия [1], к материалу эластического настила выдвигаются определенные теоретические требования. С точки зрения моделирования представляют интерес следующие механические параметры горных пород, для которых приблизительно определены следующие области изменения:

$E = 2,0 \cdot 10^4 \div 10^5$ МПа — модуль упругости,

$\mu = 0,2 \div 0,3$ — коэффициент Пуассона,

$\rho = 0,2 \div 0,3$ т/м³ — плотность.

Исходя из того, что размеры моделей в лабораторных условиях ограничиваются несколькими метрами (размеры платформы в плане 2×6 м), а при решении задач инженерной сейсмологии приходится охватывать территории с линейными размерами до десятков километров, масштабный множитель должен иметь значения порядка $\mu = 10^{-3} \div 10^{-4}$. Для облегчения проведения измерений на поверхности настила значение множителя подобия для относительных деформаций берем достаточно большим, порядка $\gamma = 100$.

Нами в первом приближении для осуществления эластического настила был принят низкокомодульный материал на базе вальцмассы. Так как плотность принятого материала обычно колеблется в пределах $\rho = 0,1 \div 0,14$ т/м³, величина коэффициента подобия для плотностей будет приблизительно равна $\rho = 0,5$.

Имея в виду вышензложенные обстоятельства, согласно теории расширенного подобия для динамических процессов, протекающих в естественном гравитационном поле [1], получили, что значения модуля упругости для материала эластического настила должны колебаться в пределах $E' = 0,01 \div 2$ МПа, а величина коэффициента Пуассона по-прежнему должна оставаться в пределах $\nu' = 0,2 \div 0,3$.

Серия экспериментов [2] подтвердила, что принятый нами низкокомодульный материал на базе вальцмассы успешно можно применить для осуществления эластического настила платформы.

При подборе толщины эластического настила следовало учесть, что если он тонок и по всей поверхности прикреплен ко всем 8 столикам, то деформация настила будет строго следовать смещениям отдельных платформ, так что ступенчатая форма волновой поверхности сохранится. Поэтому упругий настил должен быть достаточно толстым и прикрепленным к составляющим платформам локально для уменьшения, по возможности, сил трения между настилом и платформой. Вместе с тем увеличение толщины настила могло привести к существенному увеличению поперечных сил, что было весьма нежелательно. С другой стороны, при определении толщины эластического настила надо было учесть, что он моделирует толщу грунта определенной мощности. Решение этой задачи было осуществлено по методике, предложенной в работе [3], с использованием аппарата математической теории игр [4].

В результате описанных всесторонних теоретических и экспериментальных исследований, а также учитывая требования, обеспечивающие однородность настила, его сплошность, возможность изготовления, достаточно надежную связь со столиками платформы, точность экспериментальных измерений, было решено осуществить эластический настил из чистой вальцмассы толщиной 6 см.

Конструкция привода гидровозбудителей эластической сейсмической платформы позволяет заранее задавать различные сдвиги фаз между колебаниями отдельных столиков и, следовательно, получить на поверхности эластического настила требуемый закон колебаний. На каждом столе могут быть установлены датчики перемещения, которые выдают сигналы на виброаппаратуру и далее на шлейфовый осциллограф. Одна такая осциллограмма колебаний эластической платформы приведена на рис. 1.

На осциллограмме видны различия в фазах колебания отдельных столиков платформы. В целях изучения поведения эластической сейсмической платформы в различных режимах работы были сняты подобные осциллограммы при разностях фаз между I и VIII столиками: 90° , 180° , 270° и 360° для различных амплитуд и частот колебаний. По этим осциллограммам строились формы колебаний платформы в произвольные моменты времени, которые соответствовали, для наглядности полученных графиков, моментам прохождения I столика через положение равновесия. Формы колебаний для указанных сдвигов фаз при частоте колебаний 1,3 Гц и амплитуде 4,0 мм приведены на рис. 2. Для сравнения, на тех же графиках построены теоретические кривые

форм колебаний следующим образом. По оси абсцисс, при каждом конкретном случае, располагались величины фаз колебаний каждого столика, которые, в некотором масштабе, соответствовали местам расположения датчиков в центре каждого столика. Ординаты, соот-

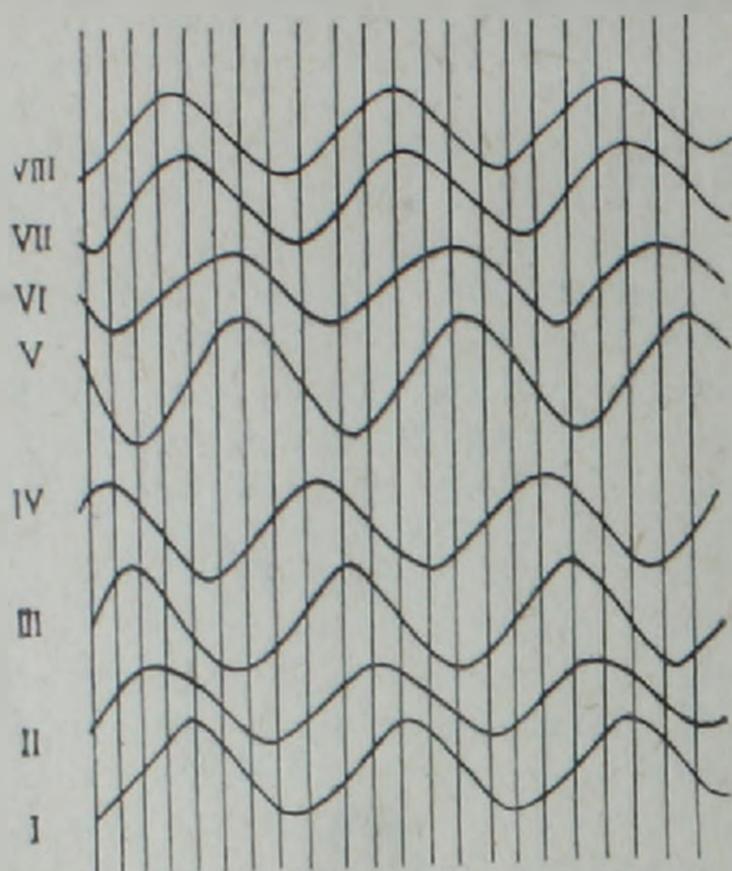


Рис. 1. Осциллограмма колебаний столиков эластической платформы при сдвиге фаз между I и VIII столиками 270° и частоте колебаний 1,3 Гц.

ветствующие этим фазам амплитуд столиков, определялись по формуле:

$$a = A \cdot \sin \varphi,$$

где A — максимальная амплитуда колебаний каждого столика, определенная из осциллограммы для экспериментальной кривой и из паспортных данных для теоретической; φ — фаза колебаний каждого столика в выбранный момент времени, определенная аналогично вышеописанному.

Как видно из приведенных графиков (рис. 2), экспериментальные кривые вполне удовлетворительно совпадают с теоретическими. Максимальные расхождения между ними при всех изученных нами режимах работы эластической сейсмической платформы не превышали 15%.

Ниже приводятся основные технические характеристики эластической сейсмической платформы Х62.775.010.

1. Максимальная динамическая нагрузка, возбуждаемая одним гидровозбудителем, т. с.—2

2. Грузоподъемность, т.—3

3. Амплитуда колебаний, мм—5

4. Максимальное ускорение, в долях, «g»—2,5

5. Частота колебаний, Гц—2÷50

6. Характер регулирования амплитуды и частоты—бесступенчатый

7. Характер регулирования сдвига фаз колебаний между столиками платформы—бесступенчатый

Из всего изложенного следует, что эластическая сейсмическая платформа с такими техническими характеристиками и с настилом из низко модульного материала на базе вальцмассы может быть успешно использована при решении определенного круга задач инженерной сейсмологии и сейсмостойкости сооружений. К таким задачам могут быть отнесены, в частности, исследование сейсмического волнового поля отдельных регионов, изучение влияния рельефа местности на

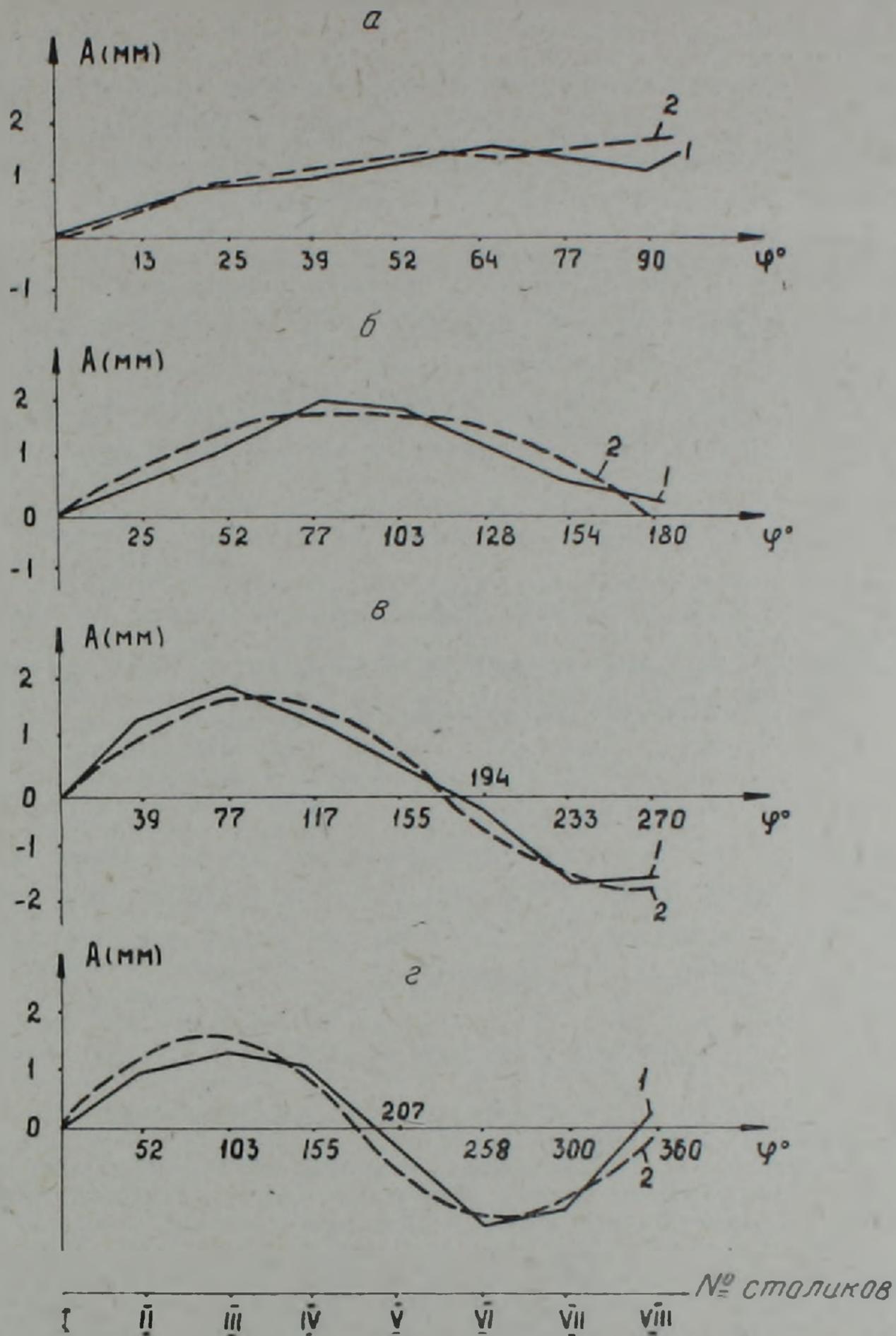


Рис. 2. Формы колебаний эластической сейсмической платформы при сдвигах фаз между I и VIII століками: а) 90°, б) 180°, в) 270°, г) 360°. 1—экспериментальная кривая, 2—теоретическая кривая.

характер прохождения упругих сейсмических волн, исследование взаимодействия грунта основания с фундаментами сооружений, изучение пространственной работы протяженных в плане сооружений и тонких протяженных строительных конструкций.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии АН Армянской ССР

Поступила 23.VI.1986.

ՈՒ. Չ. ՀԱՄԱՍՅՍՆ, Է. Լ. ՄԻՔԱՅԵԼՅԱՆ

ԻՆՃԵՆԵՐԱՅԻՆ ՍԵՅՍՄՈՂՈԳԻԱՅԻ ԽՆԻՐՆԵՐ ԼՈՒԾԵԼՈՒ ՀԱՄԱՐ ԱՌԱՋԳԱԿԱՆ ՍԵՅՍՄԻԿ ՀԱՐԹԱԿ

Ա մ փ ո փ ու մ

Նկարագրված է առաձգական սեյսմիկ հարթակի կառուցվածքը և աշխատանքի սկզբունքը: Հիմնավորված է նրա դերն ու նշանակությունը սեյսմա-

կայունության և ինժեներային սեյսմոլոգիայի հետևյալ խնդիրների լուծման ժամանակ.

1. Կարկասային, հատկապես հատակագծում երկարացած տեսք ունեցող շենքերի տարածական աշխատանքի ուսումնասիրումը հիմնատակով անցնող վազող ալիքների առկայության դեպքում:

2. Հեկրկելի հիմնատակի և շենքի հիմքի փոխադրեցության ուսումնասիրումը:

3. Առանձին տեղանքների համար ուղիների ազդեցության ուսումնասիրումը սեյսմիկ ալիքների ինտենսիվության վրա առաձգական գործի առկայության դեպքում:

Բերված են առաձգական սեյսմիկ հարթակի սեյսմիկական բնութագրերը և տարբեր աշխատանքային ուժիմներում ուսումնասիրությունների արդյունքները:

R. H. HAMASIAN, E. L. MIKAELIAN

AN ELASTIC SEISMIC PLATFORM FOR SOLUTION THE ENGINEERING SEISMOLOGY PROBLEMS

A b s t r a c t

The results of the behaviour investigation of an elastic seismic platform under various working conditions are brought in this paper. It is substantiated the expediency of the platform using for solving some problems of the engineering seismology.

ЛИТЕРАТУРА

1. Назаров А. Г. О механическом подобии твердых деформируемых тел. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1965. 217 с.
2. Назаров А. Г., Шагинян С. А. Руководство по исследованию механических свойств строительных конструкций на моделях. Ленинкан: Изд. АН АрмССР, 1966. 61 с.
3. Амасян Р. О. Об одном методе выбора оптимального масштаба модели строительных конструкций с учетом внешних воздействий. В кн.: VIII Объединенная сессия научно-исслед. институтов Закавказ. респ. по стронт. Тбилиси: Изд. АН ГССР, 1973. с. 67—70.
4. Ланге К. Оптимальные решения. М.: Изд. Прогресс, 1967, 280 с.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1976. XXXIX, № 5, 78—80.

УДК 550.387(479.25).

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

С. Р. ОГАНЕСЯН, В. В. НАГАПЕТЯН, А. О. СИМОНЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛОКАЛЬНОГО ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ТЕРРИТОРИИ АРМЯНСКОЙ ССР

Целью данной работы является выделение локальных временных изменений геомагнитного поля на основе комплекса магнитометрических исследований (лабораторные и полевые работы) в связи с поисками предвестников землетрясений на территории Армянской ССР.

Изучение локальных изменений геомагнитного поля проводилось в сейсмогенных зонах АрмССР, на профилях с. Гегард—оз. Севан и с. Багарло—с. Аджи-Баджи. Первый профиль проходит через Гегамский хребет, пересекает район активно развитого четвертичного вулканизма, Анкаван-Зангезурский и Ани-Ордубадский глубинные разломы и густую сеть разломов Гегамского хребта. Профиль проходит над верхнечетвертичными базальтами и андезитами, андезито-дацитами среднего плейстоцена, нижнечетвертичными базальтовыми лавами и озерными отложениями. Сложное геологическое строение региона отражается в строении аномального геомагнитного поля вдоль профиля.

կայունության և ինժեներային սեյսմոլոգիայի հետևյալ խնդիրների լուծման ժամանակ.

1. Կարկասային, հատկապես հատակագծում երկարացած տեսք ունեցող շենքերի տարածական աշխատանքի ուսումնասիրումը հիմնատակով անցնող վազող ալիքների առկայության դեպքում:

2. Հեկրկելի հիմնատակի և շենքի հիմքի փոխադրեցության ուսումնասիրումը:

3. Առանձին տեղանքների համար ուղիների ազդեցության ուսումնասիրումը սեյսմիկ ալիքների ինտենսիվության վրա առաձգական գործի առկայության դեպքում:

Բերված են առաձգական սեյսմիկ հարթակի սեյսմիկական բնութագրերը և տարբեր աշխատանքային ուղիներում ուսումնասիրությունների արդյունքները:

R. H. HAMASIAN, E. L. MIKAELIAN

AN ELASTIC SEISMIC PLATFORM FOR SOLUTION THE ENGINEERING SEISMOLOGY PROBLEMS

A b s t r a c t

The results of the behaviour investigation of an elastic seismic platform under various working conditions are brought in this paper. It is substantiated the expediency of the platform using for solving some problems of the engineering seismology.

ЛИТЕРАТУРА

1. Назаров А. Г. О механическом подобии твердых деформируемых тел. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1965. 217 с.
2. Назаров А. Г., Шагинян С. А. Руководство по исследованию механических свойств строительных конструкций на моделях. Ленинкан: Изд. АН АрмССР, 1966. 61 с.
3. Амасян Р. О. Об одном методе выбора оптимального масштаба модели строительных конструкций с учетом внешних воздействий. В кн.: VIII Объединенная сессия научно-исслед. институтов Закавказ. респ. по стронт. Тбилиси: Изд. АН ГССР, 1973, с. 67—70.
4. Ланге К. Оптимальные решения. М.: Изд. Прогресс, 1967, 280 с.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1976. XXXIX, № 5, 78—80.

УДК 550.387(479.25).

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

С. Р. ОГАНЕСЯН, В. В. НАГАПЕТЯН, А. О. СИМОНЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛОКАЛЬНОГО ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ТЕРРИТОРИИ АРМЯНСКОЙ ССР

Целью данной работы является выделение локальных временных изменений геомагнитного поля на основе комплекса магнитометрических исследований (лабораторные и полевые работы) в связи с поисками предвестников землетрясений на территории Армянской ССР.

Изучение локальных изменений геомагнитного поля проводилось в сейсмогенных зонах АрмССР, на профилях с. Гегард—оз. Севан и с. Багарло—с. Аджиджа. Первый профиль проходит через Гегамский хребет, пересекает район активно развитого четвертичного вулканизма, Анкаван-Зангезурский и Ани-Ордубадский глубинные разломы и густую сеть разломов Гегамского хребта. Профиль проходит над верхнечетвертичными базальтами и андезитами, андезито-дацитами среднего плейстоцена, нижнечетвертичными базальтовыми лавами и озерными отложениями. Сложное геологическое строение региона отражается в строении аномального геомагнитного поля вдоль профиля.

Исследовались магнитные свойства образцов горных пород, отобранных вдоль профиля. Магнитные параметры изученных образцов меняются в пределах: магнитная восприимчивость— χ_0 от $920 \cdot 10^{-6}$ СГС до $3790 \cdot 10^{-6}$ СГС, остаточная намагниченность— J_n от $990 \cdot 10^{-6}$ СГС до $5800 \cdot 10^{-6}$ СГС. Высокой остаточной намагниченностью, вероятно, и обусловлены наблюдаемые большие амплитуды аномалий [1]. Установлено также, что природа изученных пород термоостаточная, а исследование обратимых изменений термоостаточной намагниченности под давлением показало ее стабильность. Величина пьезомагнитного коэффициента— γ для исследованных образцов находится в пределах от $0,8 \cdot 10^{-4}$ до $2,0 \cdot 10^{-4}$ см²/кГ. Относительные изменения— $J_n^p/J_n^{p=0}$ при давлении 600 кГ/см² и при комнатной температуре составляет от 4 до 12% исходной величины.

Второй профиль находится в южной части АрмССР и проходит от с. Багарло до с. Аджиджа. Этот район является перспективным для решения вопросов магнитного метода предсказаний землетрясений. Зангезурское землетрясение 1968 г. подтвердило полученную ранее для районов Армении и других сейсмоактивных областей закономерность локализации эпицентров сильных и разрушительных землетрясений в узлах пересечений разнонаправленных зон крупных разломов [3]. Зангезурское землетрясение связано с узлом пересечений Дебаклинского глубинного разлома с региональными и местными разломами антикавказского и близширотного направлений. Таким образом, магнитометрические исследования перспективны именно в зонах пересечений разломов.

Зангезурский профиль проходит через эпицентрально-зону землетрясений 1968 г. и лежит в 8-балльной области. Геомагнитное поле вдоль профиля более однородно по сравнению с полем вдоль Гегамского профиля, отчетливо выражены аномалии, не превышающие 1200 нТл. Профиль пересекает породы мела, эоцена, в основном, порфириды и их обломочные разности, известняки, доломиты, глинисто-карбонатные рассланцованные метаморфизированные породы палеозоя (у сс. Гехи и Аджиджа). У с. Багарло обнажаются габбро, габбро-диориты, плагиограниты, аплитовидные граниты, гранодиориты и кварцевые диориты. У с. Аджиджа выходят на поверхность дайки габбро-диоритов и диорит-порфиридов. Геомагнитное поле наиболее дифференцировано в области выхода сильномагнитных пород. Подробно изучены магнитные свойства пород вдоль профиля.

Образцы горных пород обладают восприимчивостью— χ_0 от $900 \cdot 10^{-6}$ СГС до $2900 \cdot 10^{-6}$ СГС и остаточной намагниченностью от $200 \cdot 10^{-6}$ до $6000 \cdot 10^{-6}$ СГС. Помимо определения величины восприимчивости и остаточной намагниченности проведено исследование их изменений под действием упругих напряжений. Величина пьезомагнитного коэффициента β (β —характеризует амплитуду обратимых изменений магнитной восприимчивости) изменяется в интервале от $1,6 \cdot 10^{-6}$ до $3,0 \cdot 10^{-4}$ см²/кГ, а величина коэффициента γ (γ характеризует амплитуду обратимых изменений естественной остаточной намагниченности) находится в пределах от $2,0 \cdot 10^{-4}$ до $3,3 \cdot 10^{-4}$ см²/кГ. Относительные изменения $J_n^p/J_n^{p=0}$ и χ_p/χ_0 исследованных образцов составляют 8—18% от исходной величины при давлении 700 кГ/см². По результатам экспериментальных исследований, на образцах горных пород с учетом сейсмических данных проведен расчет возможной вариации локального геомагнитного поля, вызванной процессом снятия напряжений при землетрясении 1968 года. Эти расчеты показали, что абсолютное изменение полного вектора аномального поля в условиях Зангезурского землетрясения составляет порядка 30 нТл. Эффекты появления магнитной вариации обнаружены и при взрывах небольшой мощности в районе Зангезура [3].

В некоторых пунктах профиля геомагнитное поле имеет небольшие горизонтальные и вертикальные градиенты, которые достигают 15 — 20 нТл/м. В остальных пунктах градиенты близки к нулю. Общий абсолютный разброс на профиле составляет 2990 нТл. Абсолютный минимум поля достигает значения 46025 нТл, а максимум— 49000 нТл. Такая картина геомагнитного поля, по всей вероятности, является результатом дифференциации намагниченности горных пород верхних слоев земной коры.

По профилю с. Багарло—с. Аджиджа графики годовых вариаций (рис. 1) четко отражают области больших изменений геомагнитного поля, которые совпадают с областями глубинных разломов. Так, годовой ход геомагнитного поля за период 1975—1976 гг. колеблется от -9 до 14 нТл между пунктами 4—6, где проходит Ахсакальский глубинный разлом и от 11 до -8 нТл между пунктами 11—12, где проходит Дебаклинский глубинный разлом.

Пространственно-временной анализ графиков изменений геомагнитного поля на профиле показывает, что большие изменения происходят между пунктами 4—12, которые характеризуются различными временными изменениями геомагнитного поля. Вероятно, главные события в геомагнитном поле происходят именно у этих пунктов, а затем простираются на другие пункты со смещением фазы примерно на 1 год (рис. 1).

Пункты 1—6 и 9—13 расположены в 2—6 км от зон глубинных разломов. Именно в этих пунктах и наблюдается большое (до 20 нТл) изменение ГМП. Такая картина наблюдалась и на профиле с. Гегард—оз. Севан. Значит, можно предполагать, что более информативные пункты, которые находятся вблизи глубинных разломов, но не входят в зону дробления.

Полученные нами локальные изменения геомагнитного поля можно интерпретировать как аномалии тектономагнитной природы, что подтверждают зарегистрированные изменения геомагнитного поля до и после землетрясений. Так, на рис. 2 приведен более типичный пример локальных изменений геомагнитного поля. Нижняя кривая построена по данным измерений в пунктах 25—34 Гегамского профиля до землетрясения, происшедшего 17-го августа 1977 г., эпицентр которого находился на расстоянии 40 км от пунктов наблюдений. Верхняя кривая построена по данным измерений после указанного землетрясения.

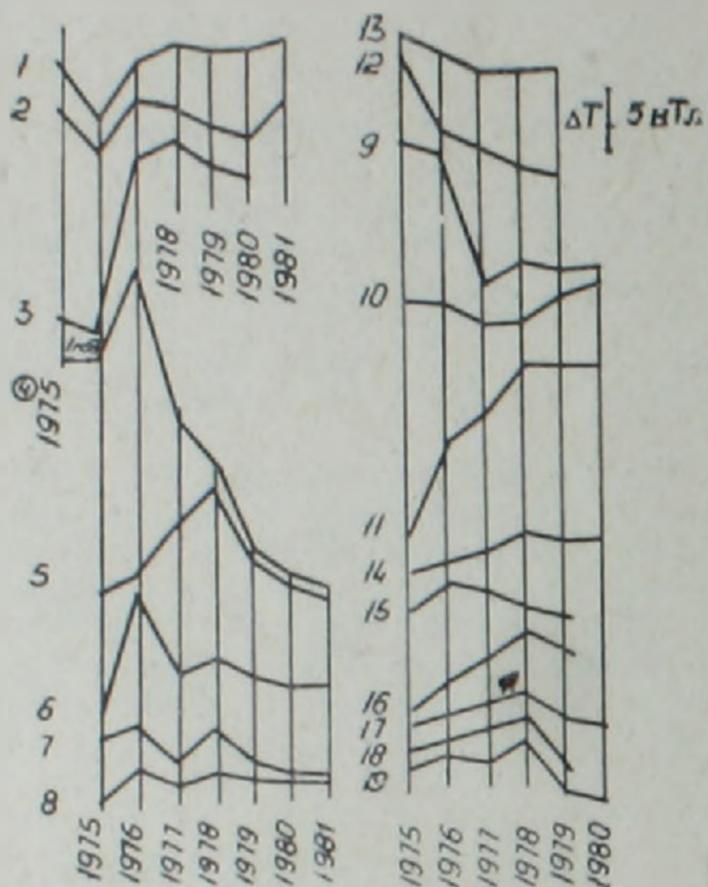


Рис. 1. Локальные изменения геомагнитного поля в пунктах измерений по профилю с. Багарло—с. Аджиджаги за период 1975—1980 гг.

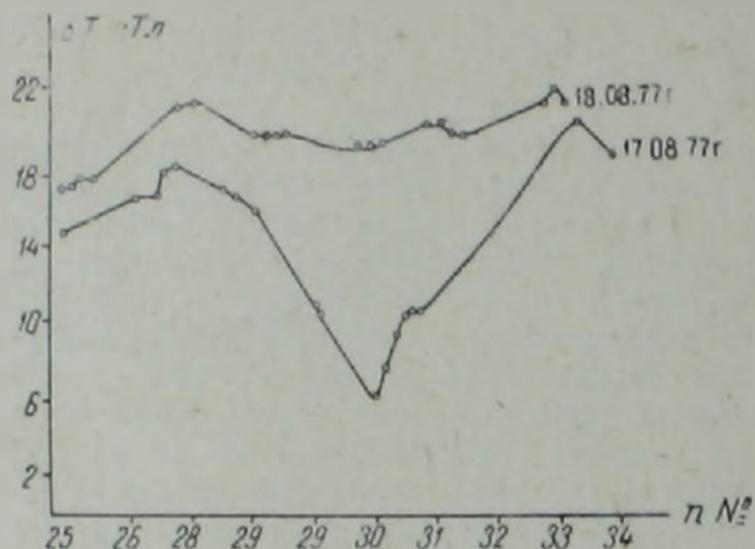


Рис. 2. Локальные изменения геомагнитного поля в пунктах измерений по профилю с. Гегард—оз. Севан до и после землетрясения, происшедшего на расстоянии около 40 км от профиля.

Максимум изменений поля—сейсмотектономагнитный эффект составляет 12 нТл. С другой стороны, в лабораторных исследованиях наблюдается уменьшение остаточной намагниченности базальтов, залегающих по Гегамскому профилю, при одноосном сжатии [2]. Значит, можно предполагать, что наблюдаемые локальные изменения геомагнитного поля вдоль профиля вызваны аналогичными напряжениями в земной коре.

Итак, многолетние исследования ГМП в районах глубинных разломов обнаружили локальные изменения поля амплитудой 10—25 нТл. По всей вероятности, эти изменения вызваны перераспределением полей тектонических напряжений в верхних магнитоактивных слоях горных пород.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии АН Армянской ССР

Поступила 27.III.1986.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оганесян С. Р., Симомян А. О. Пространственно-временная структура геомагнитного поля по профилю с. Гегард—оз. Севан.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1983, т. XXXVI, № 4, с. 63—66.
2. Оганесян С. Р., Хачикян Г. В., Симомян А. О., Шахменендян К. В. Магнитоупругий эффект при изгибе базальтовых балок.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1984, т. XXXVII, № 5, с. 61—67.
3. Результаты комплексного изучения Зангезурского землетрясения. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1973, 262 с.