ՀՍՍՀ ԳԱ Տեղեկագիր

ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՐԿՐԻ ՄԱՍԻՆ

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

EARTH SCIENCES

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

ԽՄԲԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈԼԵԳԻԱ

ՀՍՍՀ ԳԱ ակադ. Ա. Տ. Ասլանյան, *տեխն. գիտ. թեկն.* Ս. Վ. Բադալյան, *ՀՍՍՀ ԳԱ թղթ.-անդամ* Ա. Բ. Բաղդասարյան, *ՀՍՍՀ ԳԱ ակադ.* Ա. Հ. Գաբրիելյան *(պատասխանատու խմբագիր), երկրա-հանք. գիտ. դոկտ.* Ա. Ի. Կարապետյան, *երկրա-հանք. գիտ. թեկն.* Է. Խ. Ղուլյան, *երկրա-հանք. գիտ. թեկն.* Բ. Մ. Մելիքսեթյան, *երկրա-հանք. գիտ. թեկն.* Կ. Գ. Շիրինյան, *երկրա-հանք. գիտ. թեկն.* Ռ. Տ. Միրիջանյան, Է. Ա. Ռոստոմովա *(պատասխանատու քարտուղար), ՀՍՍՀ ԳԱ թղթ.-անդամ* Գ. Ի. Տեր-Ստեփանյան, *երկրա-հանք. գիտ. թեկն.* Ա. Ս. Ֆարամազյան *(պատասխանատու խմբագրի տեղակալ)*։

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Академик 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. Ростомова* (ответственный секретарь), член-корр. АН АрмССР *Г. И. Тер-Степанян*, канд. геол.-мин. наук *А. С. Фарамазян* (зам. ответственного редактора), канд. геол.-мин. наук *К. Г. Ширинян*.

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

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

Ат 409

ՀԱՅԿԱԿԱՆԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՐԿԻՐ ՄԱՍԻՆ

№ 3 հատոր XL 1987

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Ա. Ա. Տաշչյան. *Հայկական ՍՍՀ կենտրոնական մասի նավթագազաբերության հեռանկարների երկրաբանական չափանիշները* 3

Գ. Պ. Բաղդասարյան, Ի. Ս. Վուկասյան, Կ. Ա. Իաշմաջյան. *Հայկական ՍՍՀ և Մեծ Կովկասի Բնչասիի գոնայի մի շարք ներժայթքուկային և մետամորֆային հատվածների հասակի մասին ռուբիդիում-ստրոնցիումային և կալիում-արգոնային երկրաժամանակաչափական տվյալների հիման վրա (և դրանց նախնական համահարաբերակցությունը)* 13

Ա. Ե. Իշխանյան, Ի. Յա. Յենտեր. *Ալավերդու հրաբխա-տեկտոնական կառույցի յուրայի հրաբխային ապարների ապարամագնիսական բնութագիրը (Փոքր Կովկաս)* . 21

Ն. Ֆ. Ուոմանկո. *Միջերկրածովային ծալքավոր գոտու Իրանյան մարզի ոսկեբերության մասին* 31

Ն. Մ. Լուլեչյան. *Միջփորվածքային տարածության մեջ մեծ դիմադրություն ունեցող շերտաձև մարմինների որոնման և հետախուզման մեթոդիկայի մշակումը* . 37

Ս. Վ. Կիրակոսյան, Վ. Բ. Գամոյան. *Հայկական ՍՍՀ բնատարածքում երկրաշարժերի հնարավոր մեխանիզմը և նրանց էլեկտրաթելուրիկ նախագուշակների ի հայտ գալու օրինաչափությունները* 43

Վ. Ս. Խասպարյան, Ս. Ն. Նազարեթյան. *Հայկական ՍՍՀ բնատարածքի և հարակից շրջանների երկրաշարժերի օջախների որոշ պարամետրերը* 49

ՀԱՄԱՌՈՏ ՀԱՂՈՐԴՈՒՄՆԵՐ

Ս. Ս. Սիմոնյան. *Անյամաէլեկտրական էֆեկտի կախվածությունը միառանցք ճնշումից նմուշները կերակրի աղի լուծույթներով հագեցնելիս* 56

Ս. Ա. Բարիշև, Ս. Գ. Մուրադյան. *Հայկական ԱԷԿ-ի շրջանում կեղևային էլեկտրական զոնդման երկրաշարժականխագուշակման էֆեկտիվության գնահատումը* . . 59

Ա. Խ. Բաղրամյան, Ն. Ի. Պատարայա, Պ. Օ. Ջիջեյշվիլի. Դ. Ի. Սիխարուլիձե, Ն. Պ. Քուրքիևիձե. *Անատոլիայի երկրաշարժերի օջախների մեխանիզմները* . . 63

Ն. Գ. Ջավրիյան. *Ուժաչափական կտրվածքի մեթոդով լարվածությունների չափման մի փորձ* 66

ԴՐԱԽՈՍԱԿԱՆՆԵՐ

Ա. Ի. Կարապետյան. *Հ. Գ. Ղազարյանի «Զանգեզուրի գլխավոր մետաղային հանքավայրերի առաջացման օրինաչափությունները» գրքի մասին* 67

Ա. Ա. Սահակյան. *Ա. Խ. Բաղրամյանի և այլոց «Հայկական ՍՍՀ սեյսմիկ կայանների գրանցումներով P-ալիքների կինեմատիկ յուրահատկությունները» հոդվածի մասին* 70

ՀՈԲԵԼՅԱՆԱԿԱՆ ՏԱՐԵԹՎԵՐ

Թ. Շ. Թադևոսյան, Բ. Մ. Մելիխսեթյան. *Ականավոր գիտնական-ապարաբանը և մանկավարժը (Վ. Ն. Լոդոչնիկովի ծննդյան 100-ամյակի առթիվ)* 73

ԳԻՏԱԿԱՆ ՔՐՈՆԻԿԱ

Ականավոր ապարագիր Վ. Ն. Լոդոչնիկովի ծննդյան 100-ամյակին նվիրված Հոբելյանական գիտական նստաշրջան 77

СОДЕРЖАНИЕ

А. А. Тащян. Геологические критерии перспектив нефтегазоносности центральной части Армянской ССР 3

Г. П. Багдасарян, Р. Х. Гукасян, К. А. Рашчаджян. О возрасте некоторых интрузивных и метаморфических комплексов Армянской ССР и Бечасынской зоны Большого Кавказа по данным Rb—Sr и K—Ar геохронометрии (и предварительная их корреляция) 13

А. Р. Ишханян, И. Я. Центер. Петромагнитная характеристика юрских вулканических пород Алавердской вулкано-тектонической структуры (Малый Кавказ). 21

Е. Ф. Романько. О золотоносности Иранской области Средиземноморского складчатого пояса 31

Е. М. Лулечян. Разработка методики поисков и разведки высокомных пластообразных тел в межвыработочном пространстве 37

Х. В. Киракосян, В. Б. Гамоян. Возможный механизм и закономерности про-

явления электротеллурических предвестников землетрясений на территории Армянской ССР 43
В. С. Гаспарян, С. Н. Назаретян. Некоторые параметры очагов землетрясений территории Армянской ССР и сопредельных районов 49

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

С. С. Симонян. Зависимость сейсмоэлектрического эффекта от одноосного давления при насыщении образцов растворами поваренной соли . . . 56
С. А. Барышев, С. Г. Мурадян. Оценка сейсмопрогностической эффективности корового электрического зондирования в районе Армянской АЭС . . 59
А. Х. Багрямян, Е. И. Патарая, П. О. Джиджейшвили, Д. И. Сихарулидзе, Н. П. Тутберидзе. Механизмы очагов землетрясений Анатолии . . 63
Е. Г. Завриян. Опыт измерения напряжений методом динамометрического разреза 66

РЕЦЕНЗИИ

А. И. Карапетян. О книге А. Г. Казаряна «Закономерности формирования главных рудных месторождений Зангезура» 67
А. А. Саакян. О статье А. Х. Баграмяна и др. «Кинематические особенности телесейсмических Р-волн по записям сейсмических станций Армянской ССР» 70

ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ

Т. Ш. Татевосян, Б. М. Меликсетян. Выдающийся ученый-петролог и педагог (К столетию со дня рождения В. Н. Лодочникова) 73

НАУЧНАЯ ХРОНИКА

Юбилейная научная сессия, посвященная 100-летию со дня рождения выдающегося петрографа В. Н. Лодочникова 77

CONTENTS

A. A. Tashchian. The Armenian SSR central part oil and gas presence prospects geological criteria 3
G. P. Baghdasarian, R. Kh. Ghukasian, K. A. Rashmadjian. On the age of some intrusive and metamorphic complexes of the Armenian SSR and the Greater Caucasus Bechasy zone by Rb—Sr and K—Ar geochronometry data (and their preliminary correlation) 13
A. R Ishkhanian, I. Ya Tzenter. The petromagnetic characteristic of the Alaverdi volcanic-tectonic structure Jurrasic volcanic rocks (Minor Caucasus) . 21
E. F. Romanko. On the auriferousness of the Mediterranean folded belt Iranian region 31
E. M. Lulechian. Development of the searching and prospecting methods for high-ohm bediform bodies in the workings interspace 37
Kh. V. Khrakostan, V. B Gamoyan. A possible mechanism and displaying regularities of the earthquakes electric-telluric precursors on the Armenian SSR territory 43
V. S. Gasparian, S. N. Nazaretian. The Armenian SSR territory and adjacent regions seismic foci some parameters 49

SHORT REPORTS

S. S. Simonian. The seismic-electric effect dependence on the uniaxial pressure during saturation the samples by sodium chloride solutions 56
S. A. Baryshev, S. G. Muradian. The estimation of crust electric sounding seismic forecast effectiveness in the region of the Armenian AES 59
A. Kh. Baghramian, E. I. Pataraya, P. O. Djidjeishvili, D. I. Sikharulidze, N. P. Tutberidze. The Anatolia earthquakes foci mechanisms 63
E. G. Zavriyan. An experience of measuring the stresses by the methods of dynamometric profile 66

REVIEWS

A. I. Karapetian. On the book „The Zanguezoor general ore deposits formation regularities" by H. G. Ghazarian 67
A A. Sahakian. On the report of A. Kh. Baghramian e. a „Kinematic peculaities of teleseismic P-waves by the Armenian SSR seismic stations records" 70

JUBILEE DATES

T. Sh. Tatevosian, B. M. Meliksetian. The eminent scientist-petrologist and teacher (on the 100th anniversary of V. N. Lodochnikov) 73

SCIENTIFIC CHRONICLE

The jubilee scientific session dedicated to the 100th anniversary of the eminent petrographer V. N. Lodochnikov 77

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 3, 3—12, 1987

УДК: 553.98.041 (479.25)

А. А. ТАЩЯН

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ АРМЯНСКОЙ ССР

Обосновываются стратиграфо-литологические и тектонические критерии поисков скопления нефти и газа в центральной части территории Армянской ССР.

Поиски углеводородных скоплений предлагается начать с выявления нефтегазоматеринских толщ бурением неизученных депрессий и направить главным образом на изучение верхнемеловых конседиментных и палеогеновых инверсионных антиклиналей, как наиболее перспективных на нефть и газ структурных форм территории республики.

Отечественная и зарубежная литература по нефтяной геологии утверждает, что нет в мире ни одного древнего морского бассейна, в котором при настойчивом ведении поисково-разведочных работ не было бы открыто месторождение нефти и газа. Промышленные скопления углеводородов выявлены также в межгорных впадинах альпийской складчатой зоны. Важно отметить, что прямые признаки нефти и газа рассматриваются как один из основных критериев открытия газовых и нефтяных месторождений [2—7].

Имеются ли на территории Армянской ССР впадины (морские седиментационные бассейны) и соответствующие геологические условия, которые вселяли бы надежду на открытие промышленных газонефтяных скоплений? На подобный вопрос автор данной статьи дает положительный ответ, основываясь на накопленный научный потенциал и опираясь на фактический материал, сбором и обобщением которого он занимался в течение десятков лет.

Геологической съемкой, геофизическими исследованиями и бурением установлено, что основной тектоно-фациальной единицей территории Армянской ССР, перспективной на нефть и газ, является Центрально-Армянский прогиб, охватывающий Еревано-Ордубадскую миогеосинклинальную зону и северо-западную часть Мисхано-Зангезурской зоны тектонической схемы А. Т. Асланяна. Этот полидепрессионный прогиб занимает территорию порядка 7 *тыс. кв. км* и состоит из пяти унаследованных от верхнего мела палеогеновых депрессий (Приереванская, Спитаксар-Южно-Севанская, Мало-Севанская, Фонтанская, Южно-Арагацкая), а также Чатминского антиклинория и Арпинского синклинория (рис. 1). Мощность почти беспрерывных морских отложений верхнего мела и палеогена в пределах междепрессионных поднятий составляет 2—3 *тыс. м*, а в депрессионных зонах—3—5 *тыс. м*.

Все отмеченные депрессии скрыты под плиоплейстоценовым лавовым покровом и бурением не изучены. В 1954—74 гг. в некоторой степени изучалась лишь Приереванская депрессия, но ввиду отсутствия рациональных геофизических методов по подготовке структур к разведке, эоценовые отложения бурением изучались не в оптимальных структурных условиях, а верхнемеловые отложения практически не исследовались.

Геофизические исследования и бурение были сосредоточены в Араратской впадине и Октемберянской депрессии. Однако выяснилось, что в Араратской неогеновой впадине нефтематеринских свит нет. Поэтому ни в одной скважине проявление нефти и газа не было зарегистрировано, хотя большинство скважин бурилось в благоприятных структурных условиях и под регионально экранирующей толщей каменной соли вскрыты удовлетворительные коллекторы нефти и газа. Здесь миоценовые пестроцветные молассы, перекрытые толщей каменной соли, в антиклинальных поднятиях непосредственно ложатся на метаморфизованный субстрат, а в депрессиях покрывают флишоиды

датского яруса-палеоцена. Выявленные же в Октемберянской депрессии проявления метана оказались генетически связанными с пространственно ограниченной нижней октемберянской подсвитой, а генерированный средней глинистой подсвитой газ на своде главного Октемберянского поднятия подвергся деструкции.

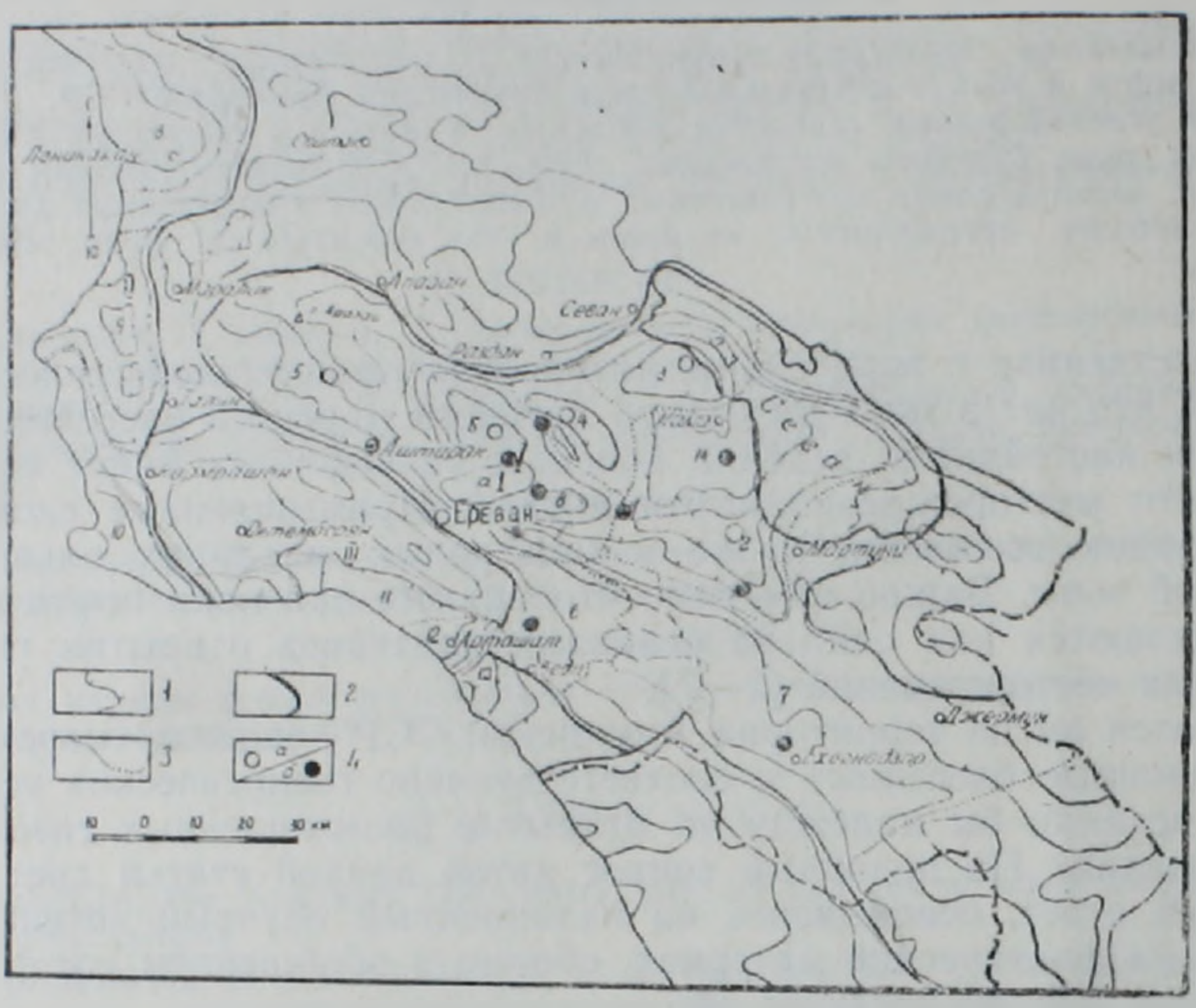

Рис. 1 Схема размещения прогибов и депрессий.
1—изолинии поверхности фундамента, установленные бурением и различными методами геофизических исследований, 2—контуры прогибов, 3—границы депрессий, 4—рекомендуемые буровые скважины: а—параметрического, б—поисково-оценочного бурения. *Прогибы:* I—Центрально-Армянский, II—Карсский, III—Араратская неогеновая впадина. *Депресии:* 1—Приереванская (а—Котайкская, б—Доврийская, в—Гегардская мульды), 2—Спитаксар-Южно-Севанская, 3—Мало-Севанская, 4—Фонтанская, 5—Южно-Арагацкая, 6—Чатма-Ведийский антиклинорий, 7—Арпинский синклинорий, 8—Ленинаканская, 9—Сабунчинская, 10—Октемберянская, 11—Зейва-Ранчпарская депрессии, 12—Арташатская мульда, 13—Араратское, 14—Саруханское поднятия.

Таким образом, всесторонний анализ материала бурения и изучения разрезов палеозойских и мезокайнозойских отложений на естественных выходах привел нас к выводу, что промышленные скопления нефти и газа в Армении генетически могут быть связаны с пермо-триасовыми, верхнемеловыми и эоценовыми отложениями, в которых химико-битуминологическими исследованиями установлено наличие нефтегазоматеринских свит. Следовательно, возобновившиеся по данной проблеме работы на территории республики нужно начать с выявления в той или иной неизученной бурением депрессионной зоне нефтегазоматеринских свит, а затем приступить к выявлению и подготовке локальных структур к разведке.

Стратиграфо-литологические критерии поисков скоплений нефти и газа

По литературным данным, в северном крае Анатолийско-Иранского палеозойского обширного морского бассейна, т. е. в Приараксинском палеозойском прогибе происходило накопление мощной карбонатной формации девона и нижнего карбона. После средне-верхнекарбонового длительного перерыва наступила пермская трансгрессия, и на месте нынешних бассейнов рек Чатма, Веди, Арпа и Аргичи накопились сильно битуминозные сланцевато-карбонатные отложения перми мощ-

постью до 800 м. Затем пермские отложения перекрылись непроницаемой карбонатной толщей триаса, в основании которой прослеживаются горизонты трещиноватых доломитов и пористых коралловых известняков. Химико-битуминологическими исследованиями установлено нефтематеринское свойство пермских отложений [1], а в Джерманисской антиклинали в отложениях триаса обнаружены прямые признаки нефти.

Ведущие исследователи Армении утверждают, что в верхнемеловом периоде геологического развития Малого Кавказа происходили крупное опускание и обширная трансгрессия, приведшие к возникновению Еревано-Ордубадской и Севано-Ширакской интрагеосинклинальных зон. Эти зоны продолжали развиваться в палеогене, поэтому они характеризуются большими мощностями верхнемеловых и палеогеновых карбонатно-терригенных отложений.

Верхнемеловые отложения во внутренних частях депрессионных зон слагаются большей частью темно-серыми известняками и черными сланцами с высоким содержанием нефтяных битумов (скважины 14—Егвард, 31—Шорахбюр, 1—Веди). Установлено, что элементарный состав верхнемелового битумоида в Приереванской депрессии не отличается от обычной нефти [1]. Из скважины Миннефтепрома, заданной на юго-восточном крыле Вохчабердской верхнемеловой антиклинали, расположенной между двумя мульдами Приереванской депрессии, доставлено небольшое количество нефти. Она скопилась здесь в тектонически раздробленных породах датского яруса, куда, видимо, поступала из нижележащих потенциально нефтематеринских свит верхнего сенона или турона.

Имеющиеся данные свидетельствуют, что в отложениях верхнего мела могут быть две потенциально нефтематеринские свиты, приуроченные к разрезам как турона-нижнего коньяка, так и верхнего сенона. Коллекторами для скопления генерированных нижней свитой нефти и газа могут являться песчаные горизонты верхнего коньяка—нижнего сантона, а коллекторами для скопления генерированных отложениями верхнего сенона углеводородов могут служить флишоиды датского яруса. Функцию же экранирующих покрышек в нижнем потенциально продуктивном этаже могут выполнять потенциально нефтематеринские отложения верхнего сенона, а в верхнем этаже—практически непроницаемые известковистые глины и мергели палеоцена.

Анализ геологического строения региона позволяет утверждать, что эоценовые отложения в Центрально-Армянском прогибе могут являться третьим нефтегазоносным комплексом, ибо доказано, что эоценовые вулканогенные образования от северных и восточных краев прогиба к его центру фациально замещаются туфогенно-терригенными, а затем нормально-морскими, преимущественно темно-серыми мощными глинисто-алевритовыми отложениями, богатыми органическим веществом. Таковые обнажены в бассейнах рек Азат, Веди и в Западном Вайоцдзоре и вскрыты буровыми скважинами в Приереванской депрессии.

Химико-битуминологическими исследованиями обосновано нефтегазопродуцирующее свойство верхнеэоценовых отложений Приереванской депрессии и установлено, что известные здесь нефтегазопроявления генетически связаны с этими отложениями.

Коллекторские свойства множества песчаных горизонтов среднего-верхнего эоцена Приереванской депрессии обоснованы бурением. Основная роль природных резервуаров в эоценовом разрезе принадлежит переходным слоям среднего-верхнего эоцена и верхней-регрессивной части верхнеэоценового разреза, представленной чередованием рыхлых песчаников и пластичных глин.

Итак, фациальный анализ пермо-триасовых, верхнемеловых, палеогеновых и миоценовых отложений Центральной и Юго-Западной

Рис. 2. Схема размещения зон возможного нефтегазонакопления в разрезе фанерозоя Центральной и Юго-Западной Армении. 1—конгломераты, 2—гравелиты, 3—песчаники, 4—туфопесчаники, 5—алевролиты, 6—глины, 7—известняки, 8—коралловые известняки, 9—кремнистые известняки, 10—песчаные известняки, 11—алевритовые известняки, 12—сильно битуминозные известняки, 13—мергели, 14—доломиты, 15—гипс, 16—каменная соль, 17—каменный уголь, 18—кварциты, 19—глинистые сланцы, 20—известковистые сланцы, 21—дацитовые порфириты, 22—габбро-диабазы. *Залегания пород:* 23—стратиграфически несогласное, 24—локально-стратиграфически несогласное, 25—интрузивное, 26—угловое несогласное, 27—прямые признаки газа (а), нефти (б). 28—отложения прогнозно-нефтегазоматеринские, 29—отложения с удовлетворительными коллекторскими возможностями, 30—экранирующие покрышки.

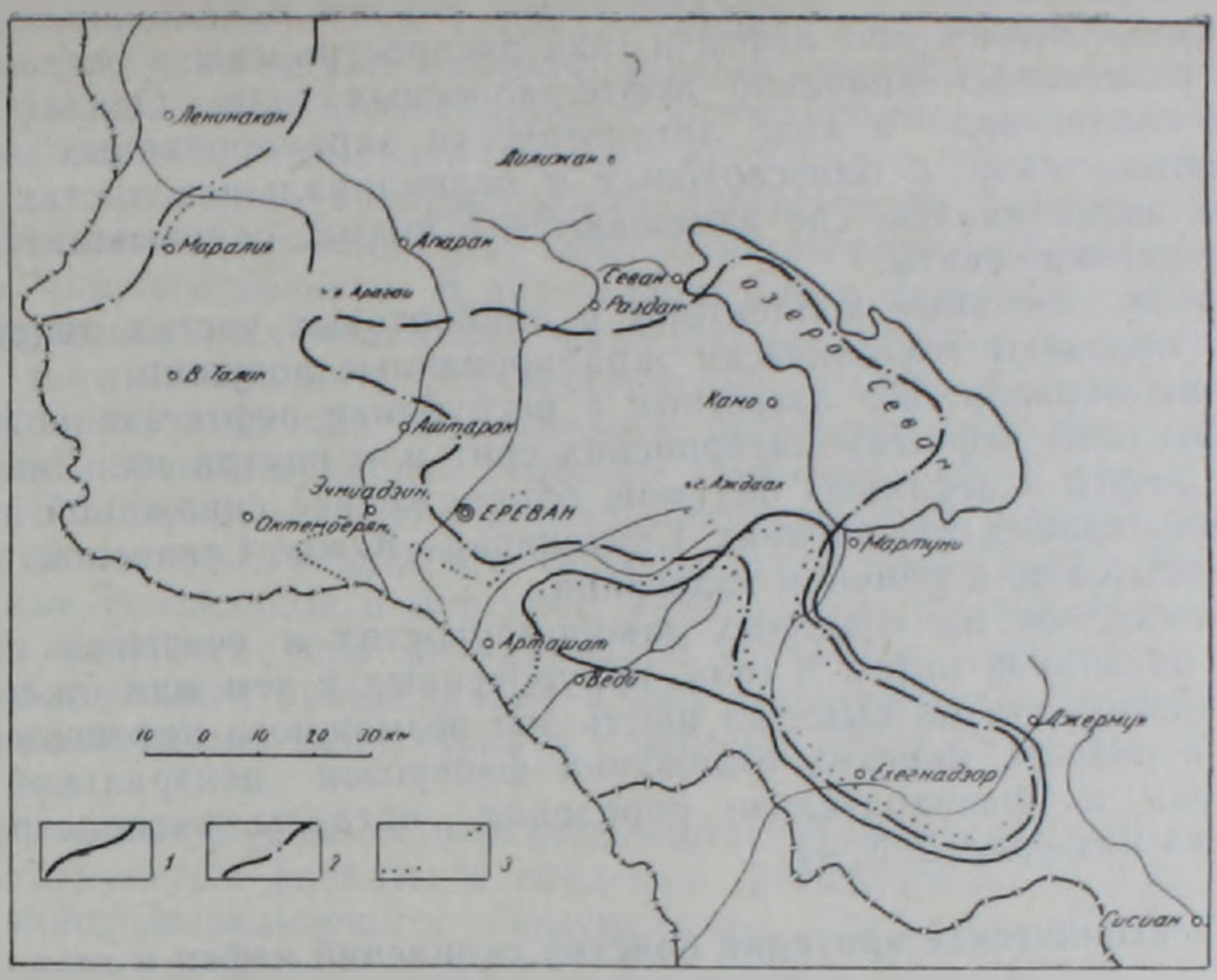

Рис 3. Схема распространения нижних зон возможного нефтегазонакопления: 1—зона первая—пермо-триасовая, 2—зона вторая—верхний коньяк-сантоновая, 3—зона третья—дат-палеоценовая.

Рис. 4 Схема распространения верхних зон возможного нефтегазонакопления: 1—зона четвертая, приурочена к лютетскому ярусу, 2—зона пятая, приурочена к прибону, 3—зона шестая, приурочена к гельветскому ярусу.

Армении приводит к выводу, что прогнозно нефтегазоматеринские отложения приурочены к трансгрессивным циклам осадконакопления, а гранулярные коллекторы нефти и газа распространены в регрессивных частях разреза потенциально нефтегазоносных толщ. Однако гранулярные коллекторы в виде литологически экранированных ловушек встречаются также в близсводовых и периклинальных частях инверсионных антиклиналей, где замещаются глинами, слагающими нефтегазоматеринские свиты.

Нередко песчаные коллекторы в прибортовых частях депрессионных зон образуют тектонически экранированные ловушки.

Таким образом, все известные в республике нефтегазопроявления встречены близ нефтегазоматеринских свит или внутри их. Лишь проявление нефти и нефтяных битумов, обнаруженное скважиной 1—Еранос в миоценовых отложениях Спитакасар—Южно-Севанской депрессии, находится во вторичном залегании.

Основываясь на подобных закономерностях и учитывая наличие прямых признаков нефти и газа, приуроченных к тем или иным отложениям, автор статьи выделил шесть зон возможного нефтегазонакопления в разрезе морских отложений фанерозоя центральной части республики и предварительно определил пределы распространения каждой из них (рис. 2, 3, 4).

Тектонические критерии поисков скоплений нефти и газа

Процесс генерации, миграции и аккумуляции нефти и газа на территории Армянской ССР мог происходить аналогично другим геосинклинальным областям. Но, по имеющимся данным, основными ловушками углеводородных веществ могли здесь являться ведущие структуры региона—пермо-триасовые и верхнемеловые конседиментационные и палеогеновые конседиментационные и палеогеновые инверсионные антиклинальные поднятия.

Пермо-триасовые антиклинали развивались конформно нижнекарбоновым, которые, видимо, возникли в процессе инверсии и вздымания палеозойских впадин, находящихся на месте нынешнего Урц-Вайоцдзорского антиклинория и Аргичинского поднятия.

Антиклинали Урц-Вайоцдзорской группы, погружаясь в западном направлении в междуречье Веди и Азат, скрываются под отложениями верхнего мела. Здесь они образуют Чатминскую группу брахиантиклиналей, где верхнемеловые породы ложатся конформно пермо-триасовым структурам. Палеозойский же комплекс пород Аргичинского поднятия в южном направлении погружается под отложения мезокайнозоя Арпинского синклинория; а к северу, глубоко прогибаясь, образует ложе верхнемеловых и палеогеновых отложений бассейна Большого Севана.

Таким образом, закрытые пермо-триасовые структуры, представляющие интерес в отношении поисков нефти и газа, находятся в междуречье Веди и Азат и в мульдовых частях Арпинского синклинория и Спитаксар—Южно-Севанской депрессии.

Верхнемеловая трансгрессия в Центрально-Армянском и Карском прогибах покрыла неровную поверхность предверхнемелового гетерогенного основания. В опущенных частях рельефа накопились мощные, до 1000 *м*, темно-серые и черные битуминозные карбонатные сланцевые отложения турона и нижнего коньяка. Выступы же рельефа затапливались морем лишь в верхнем коньяке—нижнем сантоне, отложения которых залегают ингрессивно и образуют структуры облекания. Судя по имеющимся фактам, в силу постепенного разрастания верхнеконьяк-сантонского моря, каждый вышележащий песчаный слой отмеченных ярусов распространялся шире предыдущего. В итоге вся поверхность доверхнемеловых выступов покрывалась сплошным песчаным покровом—коллектором нефти и газа. Позже, благодаря более

интенсивному прогибанию дна водоема, на этих песчаных слоях нижнего сенона накапливаются глинисто-карбонатные отложения верхнего сенона, служившие уже надежно экранирующей покрышкой. Таким образом, в контурах верхнемеловых конседигенных антиклиналей и куполовидных поднятий возникли пути миграции и концентрации углеводородных флюидов, которые могли двигаться из соседних депрессий, выполненных потенциально нефтегазоматеринскими отложениями турона и нижнего коньяка. В дат-палеоценовых, возможно, инверсионных антиклинальных поднятиях функцию поставщика нефти и газа, видимо, могли выполнять верхнесенонские отложения, поскольку в депрессионных зонах они представлены битуминозными известняками, имеющими нефтематеринское свойство (скважина 14—Егвард).

Типично верхнемеловыми конседиментационными структурами облекания являются Егвардское и Вохчабердское погребенные поднятия, выявленные геофизикой и бурением внутри Приереванской депрессии. К числу подобного типа антиклиналей относятся также чатминская группа обнаженных брахискладок и ряд антиклиналей, откартированных в бассейнах рек Веди, Арпа и в системе Вайоцдзорского антиклинория.

Неизученные бурением верхнемеловые погребенные конседиментационные структуры развиты в пределах Давидашенского, Арзнинского, Саранист-Безаклинского, Гюмушского, Тгитского, Саруханского геофизических аномалий и других локальных максимумов силы тяжести, зарегистрированных в Приереванской, Южно-Арагацкой депрессиях и в бассейне оз. Севан.

Палеогеновые антиклинальные поднятия представлены как конседигенными, так и инверсионными генетическими типами антиклиналей. Первый из них возник конформно верхнемеловым антиклиналям, разделяющим депрессионные зоны, а складки второго типа образовались в центральных частях депрессий и мульд, где верхнемеловые отложения залегают синклинально.

Возможное формирование газонефтяных залежей в палеогеновых конседигенных антиклиналях могло происходить путем отжима углеводородых флюидов из центров депрессий и мульд к сводам смежных поднятий. Пример же Центрально-Октемберянской миоценовой и Шорахбюрской эоценовой инверсионных антиклиналей показывает, что в выявленных здесь проявлениях метан скопился иным путем. Первоначально он отжимался из материнских толщ центральных частей Октемберянской депрессии и Егвардской мульды к краевым их частям и концентрировался в песчаных слоях, замещающих материнские глины. Затем, вследствии выпучивания центральных частей депрессии и становления инверсионных антиклиналей, эти флюиды двигались в обратном направлении и скопились в литологически экранированных песчаных ловушках присводовых и периклинальных частей инверсионных антиклиналей.

В пределах исследуемой территории отмечены также тектонически экранированные и стратиграфические ловушки нефти и газа. Здесь зарегистрирована зона тектонически раздробленных пород, из которой доставлено небольшое количество нефти.

Миоценовые положительные структуры в большинстве конседигенны. Они сформированы конформно кровле выступов, сложенных породами всех домиоценовых возрастов. Исключение составляют соляно-купольные структуры Приереванской депрессии и Центрально-Октемберянская инверсионная антиклиналь.

Плиоценовый тектонический этап развития области по интенсивности превосходит все предыдущие этапы, поэтому ему принадлежит решающая роль тектонической перестройки региона. Он не только контролировал распределение скоплений углеводородов в разнотипных структурных ловушках, но и обусловил гидродинамический режим залежей и их сохранность от уничтожения.

Плиоплейстоценовые тектонические деформации на исследуемой территории фиксируются распределением мощностей плиоцен-голоценовых образований, положением верхнесарматских морских отложений на резко различных гипсометрических отметках, наличием молодых взбросов и сдвигов, секущих образования верхнего сармата и плиоцена, интенсивным ростом миоценовых инверсионных антиклиналей, солянокупольных структур и прочими новообразованными формами рельефа.

Вместе с положительными факторами, обусловливающими формирование и сохранность газонефтяных скоплений, существуют также отрицательные факторы, к числу которых относятся:

а) ограниченные размеры депрессий, заключающих в себе небольшие по масштабам нефтегазоматеринские толщи;

б) глубокий эрозионный срез сводовых частей инверсионных антиклиналей, приведший к денудации верхних-регрессивных частей потенциально нефтегазоматеринских толщ, т. е. основных природных резервуаров нефти и газа;

в) блоковое строение области, которая рассечена частыми разломами больших амплитуд смещения, приведших к нарушению замкнутой гидродинамической системы возможно сформированных залежей нефти и газа;

г) часто встречающиеся кратеры плиоцен-четвертичных вулканов, иногда прорывающие возможно нефтегазоносные антиклинальные структуры.

Рекомендации по направлению дальнейших работ

Результаты проведенных за 1954—1974 гг. работ по проблеме нефти и газа в Армянской ССР в геологическом строении республики раскрыли ряд специфических черт, анализ которых позволяет внести рекомендации и предложить методику работ по выявлению наиболее перспективных на нефть и газ площадей.

1. Съемка локального гравитационного поля. Проведенными ранее работами доказана эффктивность гравиметрической съемки локального поля по выявлению погребенных локальных депрессий и междепрессионных поднятий, соответствующих внутридепрессионным инверсионным и междепрессионным конседигенным антиклинальным поднятиям. Поэтому подобную съемку в масштабе 1:50000 рекомендуем проводить на южном предгории Гегамского хребта и в бассейне оз. Севан на площади 3000 *кв. км*, расположенной на восточном продолжении уже заснятой этим методом территории.

2. Параметрическое бурение. За исключением Котайкской и Гегардской мульд Приереванской депрессии все известные верхнемеловые-палеогеновые депрессии Центрального прогиба Армянской ССР практически бурением не изучены. Между тем, как выяснилось, для обнаружения в Армении газонефтяных скоплений необходимо прежде всего изучать характер осадочного выполнения всех депрессионных зон и установить наличие в них потенциально нефтегазоматеринских свит. В этой связи рекомендуем в уже выявленных гравиразведкой четырех погребенных депрессиях—Спитаксар—Южно-Севанской, Мало-Севанской, Фонтанской, Южно-Арагацкой и в Доврийской мульде Приереванской депрессии пробурить по одной параметрической скважине до вскрытия, как минимум, подошвы верхнемеловых отложений, залегающей на глубине до 5000 *м*. Общий объем бурения пяти скважин, по предварительным подсчетам, составит около 25 *тыс. м*.

С целью удачного выбора точек заложений этих скважин считаем необходимым через намеченные для их проводки участки отработать взаимоперпендикулярные сейсмические профили КМПВ или другие сейсмические методы с тем, чтобы не бурить скважины в тектонически раздробленных зонах или в интенсивно прогнутых частях депрессий,

где подошва верхнемеловых отложений окажется на очень больших глубинах.

3.Площадная сейсморазведка и поисковое бурение. Ранее проведенные работы доказали, что наличие в депрессионных зонах потенциально нефтегазоматеринских свит является предпосылкой перспектив нефтегазоносности как внутридепрессионных инверсионных, так и междепрессионных конседигенных антиклинальных поднятий. Следовательно, по получении положительных результатов параметрического бурения можно смело приступить к подготовке обоих типов антиклинальных структур к поисковому бурению.

Рекомендуем откартировать верхнемеловые конседигенные антиклинали не только сейсморазведочным методом общей глубиной точки, но и другим, уже испытанным в условиях Армении методом КМПВ в комплексе с МРНП. Конечно, прежде всего следует оконтурить уже выявленные гравиметрической съемкой Вохчабердское, Арзнинское, Саранист-Безаклинское, Гюмушское и Саруханское погребенные поднятия и определить местонахождение вершин этих антиклиналей по отложениям верхнего мела. Затем следует пробурить на каждой из них по одной поисково-оценочной скважине средней глубиной в 3500 *м*. Общий объем бурения составит 17,5 *тыс. м*.

Выявление и подготовка к поисковому бурению внутридепрессионных инверсионных антиклиналей и краевых тектонически экранированных ловушек нефти и газа можно осуществить сейсморазведочным методом РНП в комплексе со структурным бурением. Для выяснения характера внутридепрессионной складчатости пяти депрессий и установления в них наличия инверсионных антиклиналей и тектонически экранированных ловушек, наряду с применением МРНП необходимо будет пробурить 15 структурно-картировочных скважин глубиной 2000 *м* каждая,

Если в каждой депрессии выявится по одной инверсионной антиклинали и краевой тектонически экранированной ловушке, то для оценки нефтегазоносности 10 структур необходимо будет пробурить 10 поисково-оценочных скважин средней глубиной 3000 *м*.

Три поисково-оценочные скважины глубиной 3000 *м* каждая нужно пробурить на закрытых пермо-триасовых структурах в Арпинском синклинории, в южной прибортовой части Спитаксар—Южно-Севанской депрессии и в пределах Чатминского антиклинория, выбирая неприорванную гипербазитами структуру.

Таким образом, мы предполагаем осуществить однозначную оценку нефтегазоносности верхнемеловых, палеогеновых и пермо-триасовых отложений центральной части Армянской ССР съемкой локального гравитационного поля на полщади 300 *кв. км*, сейсморазведкой КМПВ—на 250 *кв. км*, МРНП—на 700 *кв. км*, 15 структурными скважинами глубиной до 2000 *м* каждая, пятью параметрическими скважинами средней глубиной 5000 *м* и 18 поисково-оценочными скважинами общим объемом бурения в 56,5 *тыс. м*.

Вместе с тем, учитывая эффективность морфоструктурного метода поисков скрытых под лавами складчатых и разрывных структур, рекомендуем провести 500 *пог. км* маршрутов с целью расшифровки новообразованных форм рельефа и удачного выбора направлений сейсмических профилей и точек заложения параметрических скважин.

Для составления региональных литологических профилей наряду с данными буровых скважин рекомендуем использовать обнаженные разрезы верхнемеловых и палеогеновых пород, встречающихся вдоль краевых обрамлений депрессий и мульд. С этой целью небоходимо провести послойное описание выходов пород в суммарном разрезе объемом в 3000 *пог. м*.

Управление геологии Армянской ССР

Поступила 22 IX. 1986.

Ա. Ա. ՏԱՇՉՅԱՆ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԿԵՆՏՐՈՆԱԿԱՆ ՄԱՍԻ ՆԱՎԹԱԳԱԶԱԲԵՐՈՒԹՅԱՆ ՀԵՌԱՆԿԱՐՆԵՐԻ ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ՉԱՓԱՆԻՇՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Հոդվածում հիմնավորված են Հայկական ՍՍՀ բնատարածքի կենտրոնական մասում նավթի և գազի կուտակումների որոնման շերտագրա-քարագրական և տեկտոնական չափանիշները։

Ածխաջրածնային կուտակումների որոնումներն առաջարկվում է սկսել նավթազաբեր մայր ապարների ստվարաշերտերի ի հայտ բերմամբ՝ շուումնասիրված իջույթները հորատելու միջոցով և ուղղել դրանք հիմնականում ուշ կավճի կոնսեդիգեն և պալեոգենի շրջադասված անտիկլինալների ուսումնասիրման համար, քանզի դրանք հանդիսանում են նավթի և գազի կուտակման համար առավել հեռանկարային կառուցվածքային ձևերը հանրապետության բնատարածքում։

A. A. TASHCHIAN

THE ARMENIAN SSR CENTRAL PART OIL AND GAS PRESENCE GEOLOGICAL CRITERIA

A b s t r a c t

The stratigraphic, lithologic and tectonic criteria of oil and gas accumulations search on the central part of the Armenian SSR territory are substantiated.

The hydrocarbonaceous accumulations search is suggested to begin for revealing the oil-gas-parental series by drilling the unstudied depressions and generally to direct at studying the Late Cretaceous consedigenous and Paleogene inversion anticlines as the most perspective structures on the Armenian SSR territory.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Арбатов А. А., Овакимян М. Г. и др.* О возможной нефтегазоносности Приараксинской тектонической зоны Малого Кавказа.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1975, № 1, с. 34—43.
2. *Бакиров А. А. и др.* Теоретические основы и методы поисков и разведки скоплений нефти и газа. М., 1968, 466 с.
3. *Вассоевич Н. Б.* О происхождении нефти.—Докл. и матер. сов. геол. XX Междунар. геолог. конгресс. т. 1, Гостоптехиздат, 1958, с. 29.
4. *Губкин И. М.* Учение о нефти. ГОНТИ, 1932, 302 с.
5. *Калинко М. К.* О методике поисков нефти и газа в новых провинциях.—В кн.: Геология и геохимия, № 2 (VIII), изд. ВНИГРИ, 1958, 324 с.
6. *Леворсен А. И.* Геология нефти и газа. М.: 1970, 638 с.
7. *Рассел У. Л.* Основы нефтяной геологии. Гостоптехиздат, 1958, 463 с.
8. *Рухин Л. Б.* Основы литологии. Л.: 1961. с. 710—725.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 3, 13—21, 1987

УДК: 552.1:550.93

Г. П. БАГДАСАРЯН, Р. Х. ГУКАСЯН, К. А. РАШМАДЖЯН

О ВОЗРАСТЕ НЕКОТОРЫХ ИНТРУЗИВНЫХ И МЕТАМОРФИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ АРМЯНСКОЙ ССР И БЕЧАСЫНСКОЙ ЗОНЫ БОЛЬШОГО КАВКАЗА ПО ДАННЫМ Rb—Sr И K—Ar ГЕОХРОНОМЕТРИИ (И ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ИХ КОРРЕЛЯЦИЯ)

В статье обобщены результаты изотопно-геохронологических исследований рубидий-стронциевым изохронным методом некоторых метаморфических и интрузивных образований Амасийского и Апаранского выступов кристаллического фундамента, Малевского гранито-гнейсового комплекса Армянской ССР, Бечасынской зоны Большого Кавказа. Дана первая попытка возрастной корреляции Амасийского, Ахумского, Дзирульского массивов и Бечасынской зоны Большого Кавказа, основанной на Rb—Sr изохронной датировке.

Рубидий-стронциевый изохронный метод применялся нами для изотопного датирования пород в первую очередь метаморфических комплексов и древних интрузивов кристаллического фундамента. Известно, что выступы последнего на малокавказском сегменте, так же как и по всему Альпийско-Средиземноморскому поясу, претерпели в той или иной степени динамотермальное воздействие альпийских тектоно-магматических событий. Особенно ярко они проявились на выступах кристаллического фундамента территории АрмССР и сопредельных с нею районов, что привело к неизбежному нарушению равновесия калий-аргоновых систем, низкотемпературным (250—300°С) диффузионным потерям радиогенного аргона—40, т. е. к так называемому «аргоновому омоложению» кристаллических сланцев и гнейсов разной фации метаморфизма. На это указывают результаты многих десятков калий-аргоновых датировок [13]. В противоположность сказанному, рубидий-стронциевые системы крупных валовых проб (блоков весом 10—15 *кг*) при низкотемпературных и даже в условиях до 600—700°С остаются не нарушенными (замкнутыми, поскольку миграция стронция носит характер диффузии в твердой фазе и, в отличие от ^{40}Ar, его перемещение на значительные расстояния невозможно, если не участвует флюидная фаза). Другое немаловажное преимущество рубидий-стронциевого метода заключается в том, что позволяет определить первичное отношение изотопов $(^{87}Sr/^{86}Sr)_0$, что дает надежную информацию при решении важных петрологических задач, как например, об источнике исследуемого материала (мантийный, коровый и т. п.), его генезисе и др. особенностях.

Для определения рубидий-стронциевым изохронным методом изучаемой метаморфической или вулканической толщи интрузивного массива нами отбирались не менее 5—6 валовых проб характерных пород по 10—15 *кг* каждая из одного и того же объекта. В лаборатории после микроскопического исследования пробы подвергались соответствующей обработке: измельчению, просеиванию, квартованию до навески 15 *г* и превращению в порошок для определения содержания рубидия и стронция. Не останавливаясь на последующих методических приемах их обработки и анализа, обстоятельно описанных в ряде работ лаборатории, отметим, что для контроля измерения изотопных отношений $^{87}Sr/^{86}Sr$ периодически анализировался межлабораторный стандарт Массачузетского технологического института США. Правильность определения в образцах рубидия и стронция проверялась международным («Микроклин—71») и всесоюзным («Биотит—70» и «Биотит—Черная Салма») эталонами.

При вычислении возрастных значений использовалась константа распада рубидия—87, рекомендованная Международной геохронологической подкомиссией: $\lambda_{\beta Rb}=1{,}42 \cdot 10^{-11}/год$.

1. Гнейсовидные граниты Малевского массива (южная часть Армянской ССР)

Краткая петрографическая характеристика этого массива дана А. И. Адамяном, высказавшим предположение о возможном формировании его в среднем палеозое [5]. Приведенные им доводы носят лишь косвенный характер, а с позиций современного уровня геологии явно устарели. Тем не менее вкратце приведем суть этих данных в том виде, в каком представлены они автором: а) «Наличие в составе базальных конгломератов палеозоя гальки гранодиоритового состава» (здесь дается ссылка на другого автора); б) «присутствие гальки кварца в базальных конгломератах, подстилающих верхний девон»; в) «нигде на площади распространения интрузивных пород в южной Армении не встречены породы, похожие на граниты низовья р. Малев»; г) «упомянутая интрузия могла явиться мощным фактором, обусловившим региональный метаморфизм древней вулканогенно-осадочной свиты до стадии кристаллических сланцев».

Эти «доводы» не заслуживали бы упоминания, если не проскальзывающие до сих пор в отдельных, хотя и единичных геологических отчетах, необоснованные высказывания в пользу палеозойского возраста рассматриваемого интрузива. Впрочем, здесь несомненно сказывается: а) продолжающийся «по инерции» у отдельных геологов скепсис к радиологическим методам определения возраста пород и минералов вообще; б) ничем не аргументированное, давно устаревшее представление, согласно которому гнейсовидная текстура интрузивных пород рассматривалась в качестве некоторого критерия их древнего возраста.

Каковы же факты, полученные Р. Х. Гукасяном [19] еще 20 лет назад для установления возраста Малевского массива?

Калий-аргоновому датированию были подвергнуты характерные образцы как валовых проб гранитов (в том числе и гнейсовидных), так и сепарированных из них биотитов: 16 серий определений дали от 40,5 до 37,5 *млн. лет*, в среднем 39 ± 1 *млн. лет*. Эти данные однозначно указывают на позднеэоценовое время становления массива. К проблеме возраста Малевского интрузива лаборатория вернулась недавно — рубидий-стронциевым изохронным методом исследованию подверглись восемь разновидностей гранитоидов, а также их жильные дериваты [12]. Уравнение регрессии установлено простым методом наименьших квадратов. Найденная прямолинейная зависимость соответствует изохронной модели.

При вычислении возраста использовалась константа распада равная $\lambda_{87Rb} = 1{,}42 \cdot 10^{-11}$/год. Вычисленный рубидий-стронциевый изохронный возраст Малевского массива равен $40 \pm 2{,}2$ *млн. лет*, при первичном отношении $(^{87}Sr/^{86}Sr)_0 = 0{,}7059 \pm 0{,}0001$.

Таким образом, рубидий-стронциевый метод полностью подтвердил ранюю датировку эоценового возраста Малевского массива [12].

2. Раннегерцинский интрузив гранитов Апаран-Анкаванского выступа кристаллического фундамента

Изучением различных аспектов геологии Арзаканского и Апаран-Анкаванского выходов фундамента Цахкуняцкого антиклинория занимались в различные годы многие геологи в связи с проводимыми ими регионально-геологическими исследованиями, геологической съемкой, поисками и разведкой месторождений полезных ископаемых.

Относительно более обстоятельные исследования вопросов геологии, магматизма, метаморфизма, рудоносности этого антиклинория проведены В. Н. Котляром [20] и К. Н. Паффенгольцем [23], А. Е. Назаряном (1964).

Позднее проведенные В. А. Агамаляном [2, 3] исследования, сопровождавшиеся систематической крупномасштабной геологической съемкой, во многом способствовали лучшему пониманию геологической позиции магматических и метаморфических формаций Арзаканского и Апаран-Анкаванского выступов кристаллического фундамента. Следует отметить значительную помощь, оказанную В. А. Агамаляном лаборатории как личным участием в полевых наблюдениях с целенаправленным отбором образцов для радиогеохронометрии, так и детальным петрографо-минералогическим их описанием [13].

Рассматриваемые интрузивные тела представлены небольшими выходами, сложены калиевыми, преимущественно лейко-мезократовыми гранитами и гранодиоритами, значительно отличающимися по минеральному и химическому составу от более древних, широко распространенных в Апаран-Анкаванском выступе лейкократовых плагиогранитов.

В геологическом строении района развития интрузивов участвуют от докембрийских кристаллических сланцев и гнейсов до плиоцен-четвертичных вулканогенных образований сбщей видимой мощностью свыше 5000 *м*. Причем, весь разрез пород, вплоть до палеогеновых свит, прорван разновозрастными интрузивными и дайковыми телами от ультраосновного—основного до кислого состава.

Детальным геологическим, петрографо-минералогическим и петрохимическим изучением этих интрузивов занимался З. О. Чибухчян [11]. По его данным, интрузивы выступают тремя небольшими, изолированными друг от друга телами близмеридионального направления, приуроченными к Лусагюхскому надвигу. Восточные контакты сопровождаются интенсивной мигматизацией и гранитизацией вмещающих кварцево-слюдистых сланцев. Интрузивы с запада образуют активные контакты с нижнепалеозойскими (?) вулканогенными породами, которые сопровождаются ороговикованием и проникновением в них апофиз гранитов.

В целях рубидий-стронциевого изохронного датирования рассматриваемых интрузивов Г. П. Багдасаряном, Р. Х. Гукасяном и З. О. Чибухчяном проведены полевые наблюдения на Лусагюхском, Варденисском и Дамрикском выходах с отбором характерных разновидностей гранитоидов.

Изотопно-аналитические данные 10 валовых проб гранитов, представленные графически в изохронных координатах $^{87}Rb/^{86}Sr - {}^{87}Sr/^{86}Sr$, проявляют четко линейное расположение аналитических точек, обработка изотопных данных которых простым методом наименьших квадратов приводит к изохронной зависимости с наклоном прямой, соответствующей возрасту 371±13 *млн. лет*. Получение изохронной зависимости по 8 образцам из трех пространственно разобщенных выходов указывает на существование реального геологического процесса, приведшего 371±13 *млн. лет* назад к изотопной гомогенизации стронция в исследованных гранитоидах. Таким образом, результаты рубидий-стронциевой изохронной датировки указывают на предверхнедевонское время формирования рассматриваемых интрузивов [11].

Немаловажный интерес представляет сравнение возрастных значений указанных гранитоидных итрузивов, полученных Rb—Sr и K—Ar методами. Калий-аргоновое датирование 6 образцов тех же гранитоидов уложилось в интервале 121—123 *млн. лет*, а это говорит о том, что породы интрузивов несут на себе результаты т. н. «аргонового омоложения». Можно уверенно предположить, что после формирования (370 *млн. лет* назад) рассматриваемых гранитоидов, спустя 250 *млн. лет*, т. е. в раннем неокоме, происходили тектоно-магматические события, приведшие к полной потере из предкарбоновых интрузивов (так же как и из более ранних) накопленного радиогенного аргона. Вслед за этим эпизодом (122±2 *млн. лет* назад) «геохронологические часы» начали новый отсчет времени, т. е. накопление радиогенного ^{40}Ar вследствие закономерного распада радиоактивного изотопа ^{40}K.

Таким образом, «аргоновое омоложение» интрузивов, по-видимому, причинно обусловлено мощными динамотермальными процессами, с которыми связано во времени образование в Цахкуняцком антиклинории крупных раннеокомовых интрузивных массивов—Гехаротского, Агверанского, Анакаванского, Миракского.

Эти данные свидетельствуют о том, насколько информативен калий-аргоновый метод также и в определении времени наложений на ранее сформировавшиеся магматические и метаморфические образования поздних динамотермальных процессов.

3. Амасийский массив гранатовых амфиболитов

Одним из интереснейших объектов рубидий-стронциевого изохронного датирования представлялся Амасийский выступ кристаллического фундамента. Различными геологическими аспектами рассматриваемого массива занимались в разное время многие исследователи [23, 6, 27, 3, 2, 4 и др.]. Г. П. Багдасаряном, Р. Х. Гукасяном и Б. М. Меликсетяном в 1984 г. проводились здесь полевые наблюдения с отбором образцов для изотопного датирования. Рассматриваемый массив, выступающий в районе горы Инак, размещен в виде аллохтонного блока в породах офиолитовой ассоциации. От выступающего восточнее Мумухан-Красарского габбро-перидотитового массива он отделен тектоническими контактами, представленными, по данным В. А. Агамаляна [3] и С. Д. Соколова [25], типичной серпентинитовой тектонической брекчией (меланжем). На глубоко эродированную поверхность всей этой ассоциации налегают верхнемеловые и палеогеновые отложения (кремнистые известняки, глинисто-песчанистые породы). Характерной особенностью пород, слагающих Инакский массив, является присутствие в них альмандинового граната, нередко в виде порфиробластов. Минеральный парагенезис пород прогрессивного метаморфизма представлен преимущественно гранатом, амфиболом, клинопироксеном, кислым андезином. Отмечается наложение диафтореза, выраженного низкотемпературным парагенезисом из актинолита, глаукофана, цоизита, клиноцоизита, хлорита, парагонита, пумпеллиита, кальцита, цеолита.

Рубидий-стронциевой геохронометрии подверглись характерные разновидности метаморфитов, слагающих массив горы Инак. Различия и вариации составов анализированных проб, как и отклонения экспериментальных точек от прямой, не превышающие аналитической погрешности измеренных параметров, позволяют найденную линейную зависимость рассматривать как изохрону, соответствующую возрасту 330 ± 42 *млн. лет* и первичному отношению $(^{87}Sr/^{86}Sr)_0=0{,}7051$. Результаты этих исследований обобщены в статье [22], в которой высказывается предположение, что метаморфизм в условиях высоких давлений и температур низких ступеней эклогитовой фации, вероятно, уничтожил структурные и минералогические ассоциации первоначальных океанических базальтовых пород, что привело к возникновению новых структур и минеральных парагенезисов. Этот процесс в свою очередь должен был привести к утрате первичной Sr-изотопной геохимической специализации исходного субстрата. Таким образом, разработанная изохрона отражает время гомогенизации изотопов стронция в ходе метаморфизма, имевшего место в палеозойское время [22]. Напомним, что близкое значение изохронного рубидий-стронциевого возраста было получено для метаморфических пород фации зеленых сланцев Ахумского выступа (293 ± 7 *млн. лет*) и почти аналогичное возрастное значение K—Ar методом—290—310 *млн. лет* [9].

Следует отметить, что этим же методом были выполнены три серии определений на трех образцах метаморфических сланцев массива горы Инак. Результаты показали среднее значение возраста—$83\pm0{,}4$ *млн. лет*, близко отвечающее рубежу сантона и кампана, что

не идет ни в какое сравнение с возрастным значением рубидий-стронциевой изохроны.

Здесь следует, однако, учесть значительную миграционную способность радиогенного аргона при низкотемпературном прогреве (до 300—350°С), при котором рубидий-стронциевая система устойчива. Поэтому резонно предположить, что калий-аргоновые возрастные значения фиксируют время позднего зеленосланцевого метаморфизма, сопряженного, вероятно, с формированием офиолитового комплекса.

4. Кристаллические сланцы Бечасынской зоны Большого Кавказа

Рубидий-стронциевое и калий-аргоновое датирование кристаллических сланцев рассматриваемой зоны представлялось весьма интересным с точки зрения не только определения времени их формирования, но и возможной возрастной корреляции с выступами кристаллического субстрата территории Армянской ССР.

В 1981 г. Г. П. Багдасарян совместно с А. М. Борсук (ИГЕМ АН СССР) проводили полевые наблюдения в бассейне реки Баксан (с севера на юг), где хорошо вскрыта значительная часть формаций гранитоидов и вмещающих их кристаллических сланцев и гнейсов Передового хребта и Бечасынской зоны Большого Кавказа.

Известно, что вопросами стратиграфии, тектоники, магматизма, метаморфизма и рудоносности сложно построенного региона Большого Кавказа занималось не одно поколение геологов, в том числе видные исследователи, оставившие большое научное наследие. И тем не менее, проблемы геологии региона привлекают многих современных ученых, причем одной из кардинальных геологических проблем региона является время становления магматических и метаморфических комплексов.

Совместные с А. М. Борсук полевые работы преследовали строго ограниченную задачу, а именно: геолого-петрографические наблюдения, ознакомление с формациями пород, начиная со склонов г. Эльбруса на север по р. Баксан, вплоть до Тырны-Ауза с попутным отбором характерных для Бечасынской зоны образцов кристаллических сланцев и гнейсов для определения рубидий-стронциевым изохронным и калий-аргоновым методами времени их метаморфизма. Из нескольких десятков образцов для изотопного датирования были отобраны четыре наиболее представительные пробы вдоль Баксанского ущелья, начиная с 2 *км* южнее с. Былым вверх (к югу).

Их краткая петрографическая характеристика:

Обр. № 5941. Кварц-полевошпат-хлоритовый сланец (гнейс). Взят в 2 *км* южнее с. Былым. Текстура тонкосланцеватая, параллельная. Состоит из альбита, хлорита, эпидота, кварца, рудного минерала. Порода пронизана кварцевыми и кварц-карбонатными прожилочками.

Обр. № 5942. Кварцево-слюдяной кристаллической сланец. Отобран в 3 *км* южнее места взятия обр. 5941. Текстура сланцеватая. Минеральный состав: кварц, альбит, мусковит, хлорит, биотит, рудный минерал. В гранобластовой кварц-полевошпатовой массе преобладающий мусковит образует сплошные сноповидные прослоечки, иногда переходящие в линзоподобные раздувы, нередко в виде полосочек в кварц-полевошпатовой массе.

Обр. № 5943. Кварцево-слюдяной сланец. Взят в 1,5 *км* южнее по ущелью р. Баксан от места отбора обр. № 5942. Состоит из альбита, мусковита, кварца, частично хлоритизированного и опацитизированного биотита, рудного минерала. Последний в виде мелкой рудной сыпи. Хлорит часто замещает первичный гранат.

Обр. № 5944. Ортогнейс. Отобран в 1 *км* южнее места взятия обр. № 5943. По-видимому, это метаморфизованный первичный туф.

Рубидий-стронциевым методом получена линейная зависимость,

рассматривающаяся как изохрона, где отклонения от прямой лежат в пределах экспериментальных погрешностей. Наклон изохроны соответствует возрасту 345±8 *млн. лет* при первичном отношении $(^{87}Sr/^{86}Sr)_0=0{,}7107$.

Немаловажный интерес представляло определение возраста тех же образцов калий-аргоновым методом с целью сопоставления возрастных значений, полученных этими двумя методами. Получилось прекрасное совпадение результатов: 345±8 *млн. лет* рубидий-стронциевого и 349±7 *млн. лет* калий-аргонового методов.

Все это является неоспоримым доказательством того, что определено время проявления реального геологического события в Бечасынской зоне. В соответствии с данными последней, более совершенной геохронологической шкалы 1985 г. [28], в раннем карбоне, вероятнее на рубеже эпох турне и визе в породах рассматриваемой зоны происходили процессы, приведшие к уравновешиванию изотопного состава стронция. Значение возраста в 345—350 *млн. лет* может быть интерпретировано как время регионального метаморфизма пород Бечасынской зоны, близко отвечающее бретонской фазе герцинского орогенеза.

Результаты исследований обобщены в статье [10]. Напомним, что хорошее схождение датирования одних и тех же образцов Ахумского выхода метаморфической зеленосланцевой толщи (Армянская ССР) рубидий-стронциевым и калий-аргоновым изотопными измерениями получено лабораторией ранее [9].

5. Предварительная корреляция возрастов метаморфизма (и гранитизации) некоторых выходов кристаллического фундамента Малого Кавказа, а также Бечасынской зоны Большого Кавказа

Изложенные выше результаты рубидий-стронциевого и калий-аргонового датирования процессов метаморфизма исследованных выходов кристаллического субстрата территорий Армянской ССР, Бечасынской зоны Большого Кавказа, а также Rb—Sr изохронные данные по Грузинской и Артвино-Болнисской глыбам [18] вызывают необходимость их возрастной корреляции хотя бы в первом приближении. Правда, размещены они в различных структурно-тектонических зонах, отличающихся особенностями строения и историей геологического развития.

Естественно, что решение подобной задачи требует охвата изохронным исследованием (как наиболее информативным, особенно для домезо-палеозойских метаморфических комплексов) еще ряда выходов древних массивов региона в целом. Работы эти намечены к систематическому выполнению лабораторией в 1986—1990 гг. И тем не менее сравнительный анализ и обобщение имеющегося фактического изотопно-геохронологического материала представляется, на наш взгляд, заслуживающим внимания и, вероятно, может оказаться небесполезным для предстоящих коррелятивных построений.

В табл. 1 приведены основные данные о возрасте метаморфизма изученных кристаллических массивов.

Таблица 1

Наименование выступов кристаллического фундамента	Возраст метаморфизма		Первичные отношения $^{87}Sr/^{86}Sr$
	Rb—Sr изохрона	K—Ar датировка	
Амасийский массив (АрмССР)	320±47	—	0,7051
Ахумский массив (АрмССР)	300±7	300±9	0,7060
Дзирульский массив (ГрузССР)	310±5	306±8	0,7187
Бечасынская зона Большого Кавказа	345±15	349±7	0,7107

Как видно из табл. 1, вариация отмеченных возрастных значений укладывается в относительно узком диапазоне, примерно от середины нижнего карбона (визе) до середины верхнего карбона (московской эпохи). Примечательно хорошее схождение возрастных значений, полученных Rb—Sr изохронным и K—Ar методами для одних и тех же выходов метаморфических пород.

По Дзирульскому массиву (Грузинская глыба Закавказья) с фаунистически охарактеризованными нижнекембрийскими филлитами [14] Rb—Sr изохронным методом уверенно установлен возраст их метаморфизма 310±5 *млн. лет* [26]. При этом процессы широкого гранитообразования, приведшие к формированию интрузивов «розовых гранитов», во времени близко отвечают метаморфизму филлитов—305—320 *млн. лет*, что подтверждается также датированием биотита и мусковита из слюдистых сланцев свиты филлитов, давшим, соответственно, 306±8 и 288±11 *млн. лет* [24].

Намечается также временное соответствие гранитообразования (собственно калиевого) Храмского массива Артвинско-Болнисской глыбы 355±85 *млн. лет*, при $(^{87}Sr/^{86}Sr)_0=0{,}7073$, с близкими по петрографическому составу, охарактеризованными выше гранитами небольших интрузивов Апаран-Анкаванского выступа фундамента Цахкунятского антиклинория АрмССР —371±13 *млн. лет*, при $(^{87}Sr/^{86}Sr)_0=0{,}7055$ [11]. Следует также отметить, что время гранитообразования Храмского массива 355±87 *млн. лет* хорошо согласуется с геологическими данными; известно, что в «нижних туффитах», перекрывающих граниты, была найдена богатая фауна и флора среднего-верхнего карбона [26].

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 4.VIII. 1986.

Գ. Պ. ԲԱՂԴԱՍԱՐՅԱՆ, Ռ. Խ. ՂՈՒԿԱՍՅԱՆ, Կ. Ա. ՌԱՇՄԱՋՅԱՆ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԵՎ ՄԵԾ ԿՈՎԿԱՍԻ ԲԵԶԱՍԻԻ ԶՈՆԱՅԻ ՄԻ ՔԱՆԻ ՆԵՐԾԱՅԹՔՈՒԿԱՅԻՆ ԵՎ ՄԵՏԱՄՈՐՖԱՅԻՆ ՀԱՄՈՒՅԹՆԵՐԻ ՀԱՍԱԿԻ ՄԱՍԻՆ ՌՈՒԲԻԴԻՈՒՄ-ՍՏՐՈՆՑԻՈՒՄԱՅԻՆ ԵՎ ԿԱԼԻՈՒՄ-ԱՐԳՈՆԱՅԻՆ ԵՐԿՐԱԺԱՄԱՆԱԿԱԶԱՓՈՒԹՅԱՆ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՀԻՄԱՆ ՎՐԱ (ԵՎ ԴՐԱՆՑ ՆԱԽՆԱԿԱՆ ՀԱՄԱՀԱՐԱԲԵՐԱԿՑՈՒԹՅՈՒՆԸ)

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Հոդվածում ամփոփված են Հայկական ՍՍՀ Ամասիայի և Ապարանի բյուրեղային հիմքի հյուսվածների, Մալիի գրանիտա-գնեյսային համույթի և Մեծ Կովկասի Բեշասիի զոնայի մի քանի մետամորֆային և ներժայթքուկային առաջացումների ռուբիդիում-ստրոնցիումային իզոքրոնային մեթոդով կատարված իզոտոպա-երկրաժամանակագրական հետազոտությունների արդյունքները։

Ամասիայի, Հախումի, Զիրուլայի զանգվածների և Մեծ Կովկասի Բեշասիի զոնայի հասակային համահարաբերակցության առաջին փորձն է արված, որը հիմնված է ռուբիդիում- ստրոնցիումային իզոքրոնային թվագրման վրա։

G. P. BAGHDASARIAN, R. Kh. GHUKASIAN, K. A. RASHMADJIAN

ON THE AGE OF SOME INTRUSIVE AND METAMORPHIC COMPLEXES OF THE ARMENIAN SSR AND THE GREATER CAUCASUS BECHASY ZONE BY Rb—Sr AND K—Ar GEOCHRONOMETRY DATA (AND THEIR PRELIMINARY CORRELATION)

A b s t r a c t

The results of Rb—Sr isochronous isotopical-geochronological investigations of some metamorphic and intrusive formations of the Armenian SSR Amasya and Aparan crystalline foundation prominences, Malev granite-gneiss complex as well as the Greater Caucasus Bechasy zone are generalized in this paper. For the first time an attempt is made for age correlation between Amasya, Hakhum, Dzirula massifs and Bechasy zone.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Абовян С. Б.* Ультраосновные и основные интрузивные комплексы офиолитовых поясов Армянской ССР. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1982, 305 с.
2. *Агамалян В. А.* Региональный диафторез в Арзаканском кристаллическом массиве.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1968, № 1—2, с. 95—102
3. *Агамалян В. А.* Древние метаморфические комплексы территории Армянской ССР и их тектоническое положение.—В сб: Материалы докладов Второго регионального петрографического совещания по Кавказу, Крыму и Карпатам. Ереван, 1973, с. 109—115.
4. *Агамалян В. А.* Докембрий—нижний палеозой Армянской ССР.—В кн.: Геология Армянской ССР, т. V, Литология. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1974. с. 9—56.
5. *Адамян А. И.* Петрография щелочных пород Мегринского района Армянской ССР.—Ереван: Изд. АН АрмССР, 1955, 130 с.
6. *Асланян А. Т.* Региональная геология Армении. Ереван: Айпетрат, 1958. 430 с.
7. *Асланян А. Т., Арутюнян А. Р., Вегуни А. Т., Мкртчян К. А., Оганесян Дж. А.* Тектоническая схема Армянской ССР. Мин. геол. СССР, Упр. геол. АрмССР, 1968.
8. *Асланян А. Т., Сатиан М. А.* К геологической характеристике офиолитовых поясов Закавказья. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1977, № 4—5, с. 13—26.
9. *Багдасарян Г. П., Гукасян Р. Х., Казарян К. Б.* Сравнительное изучение возраста древних метаморфических сланцев бассейна р. Ахум (Армянская ССР) К—Ar и Rb—Sr методами.—В кн.: Геохронология Восточно-Европейской платформы и сочленения Кавказско-Карпатской системы. Наука, 1978, с. 47—56.
10. *Багдасарян Г. П., Борсук А. М., Гукасян Р. Х.* О возрасте кристаллических сланцев Бечасынской зоны Большого Кавказа по данным Rb—Sr и K—Ar методов.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1987 т. XXXVII, № 5, с. 55—60
11. *Багдасарян Г. П., Гукасян Р. Х., Чибухчян З. О.* К вопросу возрастного расчленения древних магматических образований Алаван-Ахкаванского кристаллического массива.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1984, т. XXXVII, № 5, с. 10—24.
12. *Багдасарян Г. П., Меликсетян Б. М., Гукасян Р. Х.* Альпийский гнейсогранитный комплекс Зангезурского выступа доальпийского фундамента.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1985, т. XXXVIII, № 2, с. 9—19.
13. *Багдасарян Г. П., Гукасян Р. Х.* Геохронология магматических, метаморфических и рудных формаций Армянской ССР. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1985, 291 с.
14. *Барсанов Г. П.* Нижний кембрий в Закавказье. Изв. АН СССР, отдел математики и естеств. наук, 1931, № 9, с. 17—26.
15. *Белов А. А., Соколов С. Д.* Реликты мезозойской океанической коры среди кристаллических комплексов Мисханского массива Армении.—«Сов. геология», 1973, № 8. с. 26—42.
16. *Габриелян А. А.* Основные вопросы тектоники Армении. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1958, 185 с.
17. *Габриелян А. А., Акопян В. Т., Вегуни А. Т., Саркисян О. А.*—Тектоническая карта и карта интрузивных формаций Армянской ССР. Ереван Изд. «Митк», 1968. 74 с.
18. *Горохов И. М., Рубинштейн М. М., Кутявин Э. П., Варшавская Э. С.* Применение Rb—Sr метода для датирования некоторых домезозойских пород Грузии.—В кн.:

Геохронология Восточно-Европейской платформы и сочленения Кавказско-Карпатской системы, Наука, 1978, с. 26—33.
19. *Гукасян Р. Х.* К вопросу о возрасте метаморфических сланцев и «древних гранитов» южной части Армянской ССР.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1966, т. XIX, № 5, с. 65—72.
20. *Котляр В. Н.* Памбак. Геология, интрузивы и металлогения. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1958, 228 с.
21. *Магакьян И. Г., Багдасарян Г. П.* Развитие магматизма и минерализации на территории Армянской ССР по данным геологических и геохронологических исследований.—«Геохимия», 1978, № 6, с. 933—939.
22. *Меликсетян Б. М., Багдасарян Г. П., Гукасян Р. Х.* Изотопно-геохимические и геохронологические исследования эклогит-амфиболитов, ассоциирующих с офиолитами Севано-Амасийского пояса (Амасийский массив).—Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, 1984, т. XXXVII, № 1, с. 3—22.
23. *Паффенгольц К. Н.* Геологический очерк Армении и прилегающих частей Малого Кавказа. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1947. 341 с.
24. *Рубинштейн М. М.* Аргоновый метод в применении к некоторым вопросам региональной геологии. Тбилиси: Изд. Мецниереба, 1967, 239 с.
25. *Соколов С. Д.* Тектонический меланж Амасийского района (Малый Кавказ). Геотектоника, 1974, № 1, с. 69—77.
26. *Схиртладзе Н. И.* Новые данные о верхнем палеозое Храмского массива.—ДАН СССР, 1960, т. 130, № 1, с. 170—172.
27. *Татевосян Т. Ш.* Эклогитоподобные метаморфические сланцы Амасийского района Армянской ССР.—Изв. АН АрмССР, физ.-мат., естеств. и техн. науки, 1951, № 2, с. 127—134.
28. *Харленд У. Б., Кокс А. В., Ллевеллин П. Г., Пиктон К. А. Г., Смит А. Г. Уолтерс Р.* Шкала геологического времени. Пер. с англ. М.: Мир, 1985, 140 с.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 3, 21—31, 1987

УДК: 552.313:551.762:550.382(479.2)

А. Р. ИШХАНЯН, И. Я ЦЕНТЕР

ПЕТРОМАГНИТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЮРСКИХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОД АЛАВЕРДСКОЙ ВУЛКАНО-ТЕКТОНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ (МАЛЫЙ КАВКАЗ)

На примере юрских вулканогенных пород Алавердской вулкано-тектонической структуры показана зависимость магнитных свойств пород ($\varkappa$ и J_n) от разных геологических факторов: состава пород, их фациальной принадлежности, степени раскристаллизации и степени изменения. Устанавливается, что главный фактор, определяющий современную низкую магнитную восприимчивость большинства пород Алавердской ВТС,—это полное или частичное замещение ферромагнитных частиц нерудными минералами (сфеном, эпидотом, хлоритом, карбонатом, лейкоксеном).

Алавердская вулкано-тектоническая структура (ВТС) занимает северо-западную часть Сомхето-Карабахской зоны. В региональном плане эта зона характеризуется положительным значением аномального магнитного поля ΔT. На площади Алавердской ВТС напряженность магнитного поля имеет спокойный характер, близкий к нулевому. [1] Геологические и петрографические наблюдения разных исследователей [1, 3, 7], а также детальная геологическая карта, составленная группой Г. А. Туманяна (УГ СМ АрмССР), показывают, что юрские вулканогенные породы, слагающие структуру, характеризуются фациальной и петрохимической неоднородностью и имеют разную степень измененности. Все это не могло не отразиться на их физических свойствах, в частности, магнитных. Сведения о магнитных свойствах пород Алавердского вулканического поля содержатся в работах Ц. Г. Акопяна [2], Т. А. Сируняна [6]. Т. А. Сируняном были проведены специальные палеомагнитные исследования, которые показали

[1] Интенсивные, отрицательные аномалии, вытянутые вдоль русла р. Дебед, связаны с неоген-четвертичными базальтовыми потоками, а положительные изометричные—с диорит-гранодиоритовыми интрузиями.

Геохронология Восточно-Европейской платформы и сочленения Кавказско-Карпатской системы, Наука, 1978, с. 26—33.
19. *Гукасян Р. Х.* К вопросу о возрасте метаморфических сланцев и «древних гранитов» южной части Армянской ССР.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1966, т. XIX, № 5, с. 65—72.
20. *Котляр В. Н.* Памбак. Геология, интрузивы и металлогения. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1958, 228 с.
21. *Магакьян И. Г., Багдасарян Г. П.* Развитие магматизма и минерализации на территории Армянской ССР по данным геологических и геохронологических исследований.—«Геохимия», 1978, № 6, с. 933—939.
22. *Меликсетян Б. М., Багдасарян Г. П., Гукасян Р. Х.* Изотопно-геохимические и геохронологические исследования эклогит-амфиболитов, ассоциирующих с офиолитами Севано-Амасийского пояса (Амасийский массив).—Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, 1984, т. XXXVII, № 1, с. 3—22.
23. *Паффенгольц К. Н.* Геологический очерк Армении и прилегающих частей Малого Кавказа. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1947. 341 с.
24. *Рубинштейн М. М.* Аргоновый метод в применении к некоторым вопросам региональной геологии. Тбилиси: Изд. Мецниереба, 1967, 239 с.
25. *Соколов С. Д.* Тектонический меланж Амасийского района (Малый Кавказ). Геотектоника, 1974, № 1, с. 69—77.
26. *Схиртладзе Н. И.* Новые данные о верхнем палеозое Храмского массива.—ДАН СССР, 1960, т. 130, № 1, с. 170—172.
27. *Татевосян Т. Ш.* Эклогитоподобные метаморфические сланцы Амасийского района Армянской ССР.—Изв. АН АрмССР, физ.-мат., естеств. и техн. науки, 1951, № 2, с. 127—134.
28. *Харленд У. Б., Кокс А. В., Ллевеллин П. Г., Пиктон К. А. Г., Смит А. Г. Уолтерс Р.* Шкала геологического времени. Пер. с англ. М.: Мир, 1985, 140 с.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 3, 21—31, 1987

УДК: 552.313:551.762:550.382(479.2)

А. Р. ИШХАНЯН, И. Я ЦЕНТЕР

ПЕТРОМАГНИТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЮРСКИХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОД АЛАВЕРДСКОЙ ВУЛКАНО-ТЕКТОНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ (МАЛЫЙ КАВКАЗ)

На примере юрских вулканогенных пород Алавердской вулкано-тектонической структуры показана зависимость магнитных свойств пород ($\varkappa$ и J_n) от разных геологических факторов: состава пород, их фациальной принадлежности, степени раскристаллизации и степени изменения. Устанавливается, что главный фактор, определяющий современную низкую магнитную восприимчивость большинства пород Алавердской ВТС,—это полное или частичное замещение ферромагнитных частиц нерудными минералами (сфеном, эпидотом, хлоритом, карбонатом, лейкоксеном).

Алавердская вулкано-тектоническая структура (ВТС) занимает северо-западную часть Сомхето-Карабахской зоны. В региональном плане эта зона характеризуется положительным значением аномального магнитного поля ΔT. На площади Алавердской ВТС напряженность магнитного поля имеет спокойный характер, близкий к нулевому. [1] Геологические и петрографические наблюдения разных исследователей [1, 3, 7], а также детальная геологическая карта, составленная группой Г. А. Туманяна (УГ СМ АрмССР), показывают, что юрские вулканогенные породы, слагающие структуру, характеризуются фациальной и петрохимической неоднородностью и имеют разную степень измененности. Все это не могло не отразиться на их физических свойствах, в частности, магнитных. Сведения о магнитных свойствах пород Алавердского вулканического поля содержатся в работах Ц. Г. Акопяна [2], Т. А. Сируняна [6]. Т. А. Сируняном были проведены специальные палеомагнитные исследования, которые показали

[1] Интенсивные, отрицательные аномалии, вытянутые вдоль русла р. Дебед, связаны с неоген-четвертичными базальтовыми потоками, а положительные изометричные—с диорит-гранодиоритовыми интрузиями.

преимущественно прямую намагниченность вулканических пород всего разреза. Обратнонамагниченные образцы указываются им лишь среди порфиритов верхнего байоса.

Комплексное петрофизическое, петрографическое, минералогическое исследование предпринято авторами с целью выяснения влияния на магнитные свойства пород различных геологических факторов и объяснения на основе полученных результатов характера наблюдаемого над вулкано-структурой магнитного поля.

Геологической основой петромагнитного исследования послужила палеовулканическая реконструкция Алавердской вулканотектонической структуры, проведенная А. С. Остроумовой [5], с выделением четырех вулканических комплексов: дебедского (J_1?—J_2), кошабердского (J_2bj), шихтахтского (J_2bt) и «контрастного» (J_3). К дебедскому комплексу относятся порфировые андезитобазальты, андезиты, дациты и плагиориолиты, а также олигофировые и афировые спилиты и исландиты. Названные породы отмечаются в разных фациях: подводные лавы, лавобрекчии, туфы, тефроиды, дайки, силлы. Кошабердский комплекс представлен андезитами, андезитобазальтами, дацитами, плагиориолитами. Это наземные вулканические образования разных фаций: туфы, брекчии, агломераты, лавы, лавобрекчии, игнимбриты, игниспумиты, дайки, экструзии, субвулканические тела. Шихтахтский комплекс наиболее однороден по составу, для него характерны андезитобазальты, андезиты в лавовой и субвулканической фациях, а также агломераты, туфы, тефроиды, брекчии. К «контрастному» комплексу исключительно относятся мелкие субвулканические тела, силлы и дайки. Состав пород характеризуется с одной стороны: пикритами, меланобазальтами, оливин-пироксен-плагиоклазовыми, пироксен-плагиоклазовыми, плагиофировыми базальтами (долеритами), пироксен-плагиоклазовыми и пироксен-амфибол-плагиоклазовыми андезитобазальтами, с другой—дацитами и риолитами («кварцевые альбитофиры»).

Все вулканические породы Алавердской ВТС в значительной степени подверглись вторичным изменениям. Регионально проявленные изменения, по мнению А. С. Остроумовой, не выходят за пределы эпигенеза и начального низкотемпературного метаморфизма зеленокаменной ступени. На многих участках на них наложены околорудные изменения (образцы околорудно измененных пород в выборку для петромагнитных исследований не были включены). Анализ распределения вторичных минералов по разрезу позволил А. С. Остроумовой выделить две зоны метаморфизма. Первая охватывает «контрастный», шихтахтский и верхнюю часть кошабердского комплекса; для основных и средних пород характерны хлоритизация, карбонатизация, альбитизация, для кислых—окварцевание. Вторая зона включает нижнюю часть кошабердского и дебедский комплексы, где кроме карбоната и хлорита характерным вторичным минералом как в основных, так и в кислых породах является эпидот. Следует отметить, что интенсивность метаморфизма неравномерна: в каждом комплексе наряду с измененными породами присутствуют и более свежие, однако количественное соотношение тех и других различно в выделенных зонах. В «контрастном» и шихтахтском комплексах количественно преобладают более свежие породы, в дебедском и нижней части кошабердского—измененные.

Для петромагнитных исследований использована коллекция образцов А. С. Остроумовой и авторов статьи. Магнитная восприимчивость ($\varkappa$) определена в 460 образцах, которые распределяются по комплексам следующим образом: дебедский—133, кошабердский—85, шихтахтский—95, «контрастный»—147. Остаточная намагниченность (J_n) определялась в меньшем количестве образцов (дебедский—37, кошабердский—15, шихтахтский—23, «контрастный»—36).

Вулканогенные породы Алавердской ВТС имеют широкий диапазон изменения величин магнитной восприимчивости от нулевых до

7200×10^{-5} СИ. Породы вулканогенно-обломочных фаций всех комплексов имеют низкую магнитную восприимчивость ($\varkappa$ менее 200×10^{-5} СИ) и далее не рассматриваются. Породы лавовой, субвулканической и дайковой фаций обнаруживают весьма широкий диапазон колебаний величины магнитной восприимчивости. Минимальные значения (вплоть до нулевых) наблюдаются в базальтах, андезитах, дацитах и риолитах всех комплексов. Максимальные значения закономерно убывают от основных пород к кислым (табл. 1). [2]

Оптическими наблюдениями в отраженном свете установлено, что ферромагнетик во всех породах представлен магнетитом.[3] Максимальные значения $\varkappa$ в каждой группе пород относятся к образцам, в которых магнетит не претерпел изменений. Немагнитными во всех группах пород являются образцы, наиболее измененные, с полностью разложенным первичным ферромагнетиком. Магнетит в некоторых из этих образцов гематитизирован, а в большинстве случаев подвергся замещению силикатными минералами (сфеном, эпидотом, хлоритом), а также карбонатом и лейкоксеном. На рис. 1 показана разная степень такого замещения ферромагнетика, наблюдавшаяся в отраженном и проходящем свете. Микрофотографии выполнены на микроскопе Ортопланполь фирмы Лейтц (ФРГ). Характер изменения аналогичен описанному И. Я. Центер с соавторами [8] в юрских вулканитах разреза Саатлинской сверхглубокой скважины. Для вулканических пород Алавердской ВТС наиболее распространенным является замещение магнетита лейкоксеном, что надежно фиксируется и в обычных петрографических шлифах при косом освещении. Следует отметить, что наблюдаемые в вулканических породах Алавердской ВТС изменения на уровне начального низкотемпературного метаморфизма зеленокаменной ступени приводят к понижению магнитного момента, так как выделение вторичного магнетита при разложении темноцветных силикатов наблюдается редко (исключение и здесь составляют пикриты «контрастного» комплекса). Химический состав магнетита не определялся, но замещающие его характерные титансодержащие минералы—лейкоксен и сфен—свидетельствуют о том, что первичный ферромагнетик представлен титаномагнетитом.

Рассмотрим более подробно магнитные свойства основных и средних пород, входящих в состав дебедского, кошабердского, шихтахтского и «контрастного» комплексов.

Среди базитов дебедского комплекса отмечаются две различные петрографические разновидности: 1—порфировые базальты и андезитобазальты, содержащие магнетит двух генераций: в виде идиоморфных изометричных кристаллов размером 0,05—0,2 *мм*, образовавшихся в интрателлурическую стадию и нередко срастающихся с вкрапленниками плагиоклаза и пироксена, и в виде мелких (0,02—0,01 *мм* и менее) зерен в основной массе, выделившихся в эффузивную стадию; 2—олигофировые и афировые базальты, содержащие магнетит только в виде мелких (0,02—0,01 *мм*) зерен в основной массе. Различий в магнитной восприимчивости пород двух названных петрографических разновидностей не установлено. Гистограмма магнитной восприимчивости (рис. 2а) имеет сложный характер с двумя максимумами. Больше 70% изученных образцов слабомагнитные (до 160×10^{-5} СИ), с максимумом в интервале от $10—40\times10^{-5}$ СИ. Ко второй части гистограммы относятся менее измененные и неизмененные разновидности с максимумом в интервале от $640—2560\times10^{-5}$ СИ.

---

[2] Исключение составляют пикриты «контрастного» комплекса, на чем мы остановимся ниже.

[3] Здесь и далее (при отсутствии точных определений состава) термин «магнетит» употребляется в общем значении, подразумевающем кубический минерал $FeFe_2O_4$, включая и разновидности, содержащие примеси Ti, Al, Mg, Mn, Cr и др. и имеющие соответствующие названия титаномагнетит, алюмомагнетит, магномагнетит и т. д. [4].

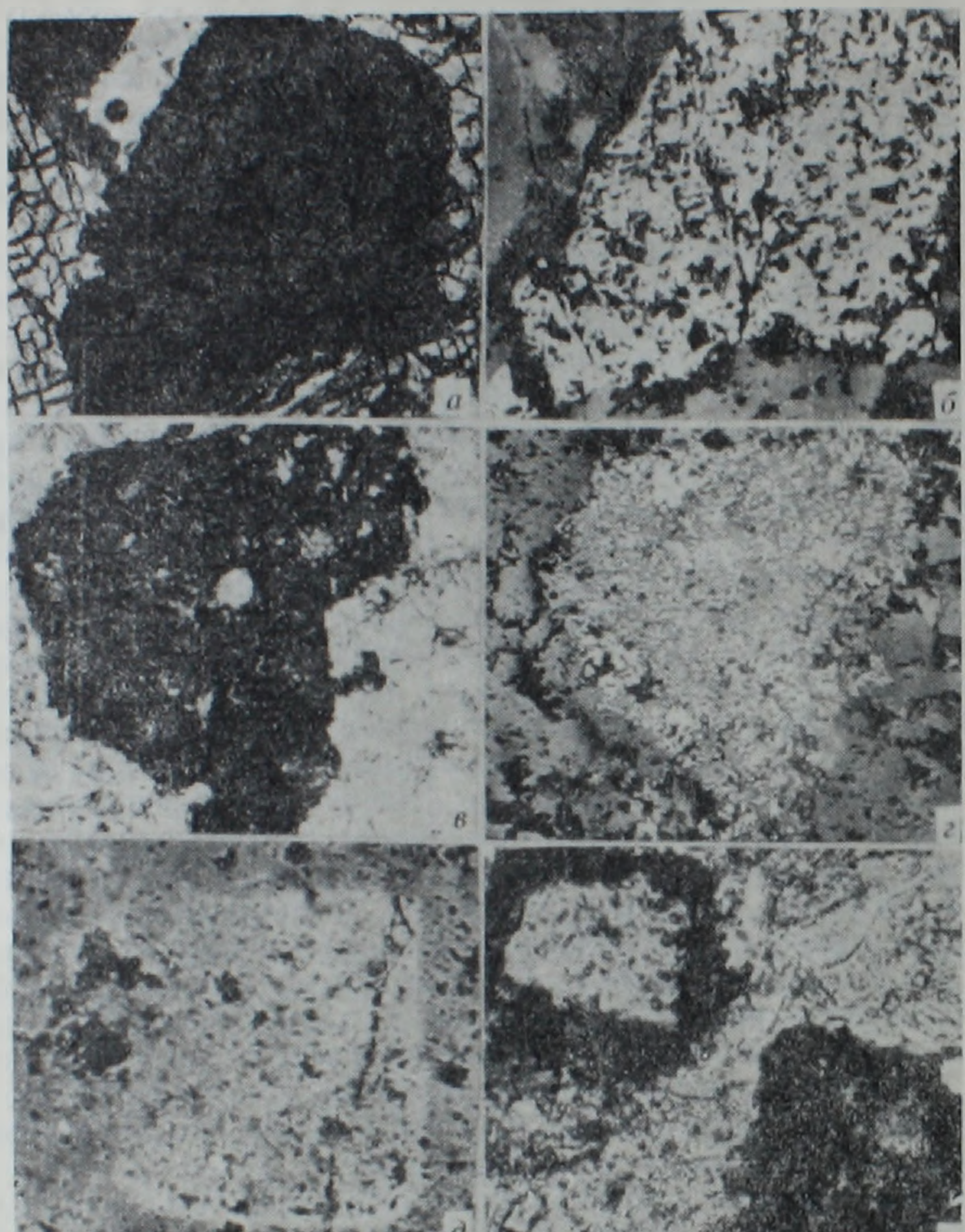

Рис. 1. *а—б)* Зерно свежего титаномагнетита в сростке с фенокристаллом пироксена в андезитобазальте дебедского комплекса: *а)* в проходящем свете (черное—титаномагнетит), *б)* в отраженном свете (белое—титаномагнетит, черное—дефекты полировки). Ув. 140×. *в—г)* Частичное замещение титаномагнетита лейкоксеном в липарите дебедского комплекса: *в)* в проходящем свете, *г)* в отраженном (белое—реликты титаномагнетита, серое—лейкоксен). Ув. 110×. *д)* Полная псевдоморфоза по титаномагнетиту силикатного минерала (?) и лейкоксена (светло-серое и темно-серое в пределах квадратного сечения кристалла титаномагнетита, черное—дефекты полировки) в отраженном свете. Ув 250×. *е)* Полная псевдоморфоза по титаномагнетиту (в проходящем свете), лейкоксену (темно-серое по краю протокристаллов) и хлориту (светло-серое в центре псевдоморфоз). Ув. 275×.

Остаточная намагниченность пород дебедского комплекса ниже индуцированной ($J_i = 0{,}5\ \varkappa$). В общем, при сравнительно небольшой величине суммарной железистости (6—9%) не наблюдается зависимости $\varkappa$ ни от этого параметра (рис. 2*г*), ни от относительного содержания трехвалентного железа (рис. 2*е*). Оптические наблюдения показали, что в большинстве образцов дебедского комплекса имеет место частичное или полное замещение ферромагнетика нерудными минералами. На графике связи $J_n - \varkappa$ (рис. 2*ж*) выделяются две области концентрации точек: к 1-ой относятся образцы, в которых ферромагнетик почти полностью замещен, ко 2-ой—малоизмененные. Единичное аномально высокое значение J_n—39127 10^{-3} *А/м* и Q—28 при $\varkappa = 2760 \times 10^{-6}$ СИ отмечено в образце, относящемся ко второй структурной разновид-

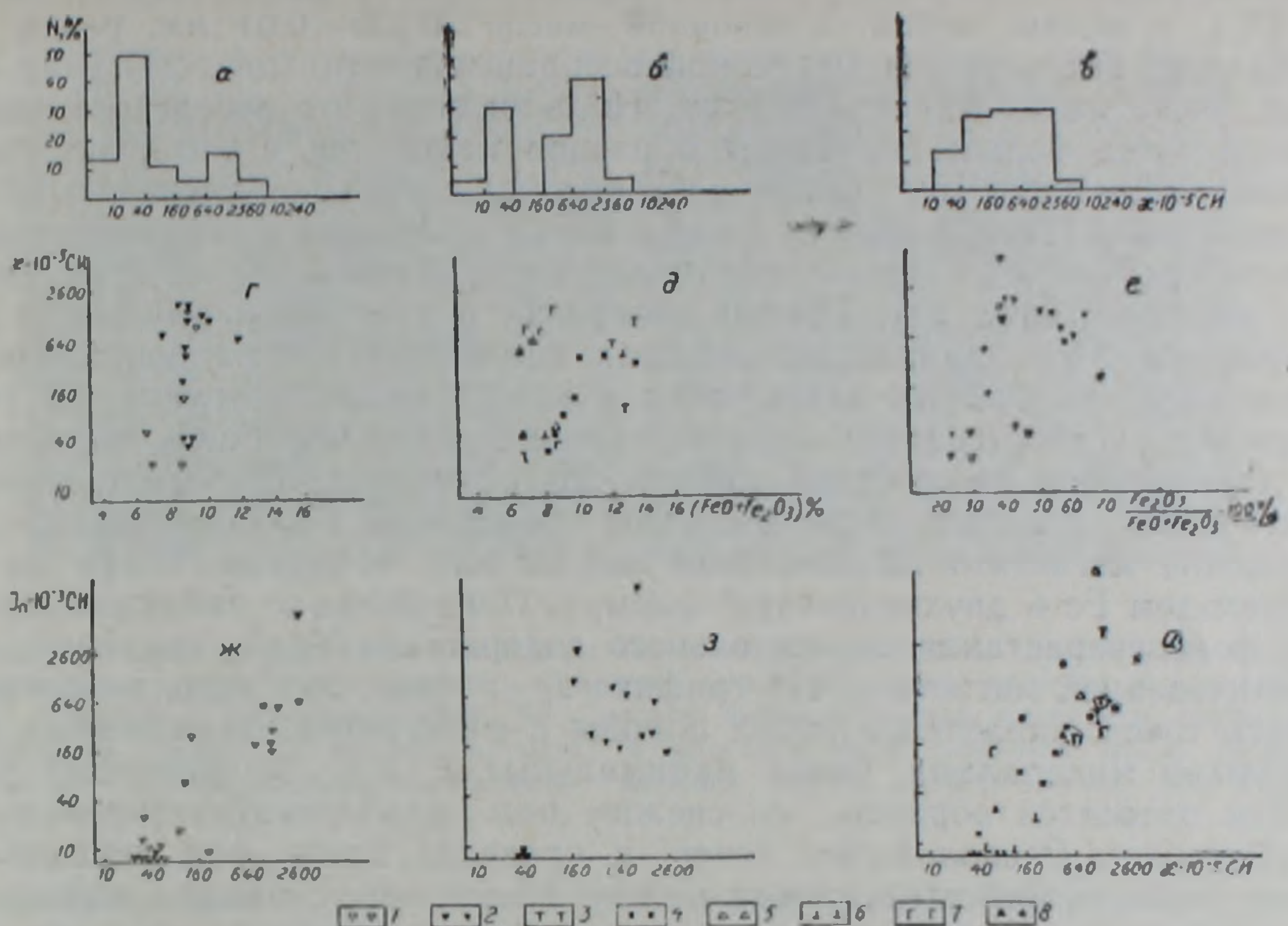

Рис. 2. *а—в)* Гистограммы магнитной восприимчивости основных пород Алавердской ВТС: а) дебедского комплекса, б) шихтахтского комплекса, в) «контрастного» комплекса. *г—д)* Графики зависимости магнитной восприимчивости от суммарного содержания окислов железа в основных и средних породах: *г)* дебедского и шихтахтского комплексов, *д)* «контрастного» комплекса. *е)* График зависимости магнитной восприимчивости от степени окисленности железа в основных породах дебедского и шихтахтского комплексов. *ж—и)* График связи магнитной восприимчивости и остаточной намагниченности основных и средних пород: *ж)* дебедского комплекса, *з)* шихтахтского комплекса, *и)* «контрастного» комплекса. Условные обозначения: 1— базальты и андезитобазальты дебедского комплекса, 2— андезитобазальты и андезиты шихтахтского комплекса; 3—пикриты; 4—меланобазальты; 5—амфибол-пироксен-плагиоклазовые базальты; 6—оливин-пироксен-плагиоклазовые базальты; 7— пироксен-плагиоклазовые базальты; 8—плагиоклазовые базальты

ности базальтов с высоким содержанием мелкого магнетита размером $<0{,}01$ *мм*. Остальные образцы этой же структурной разновидности не имеют высокой остаточной намагниченности, очевидно, вследствие замещения ферромагнетика. Однако степень этого изменения для такой мелкой фракции оптически определить невозможно. В этом случае следует делать по магнитным свойствам заключение о степени разложения ферромагнетика.

Таким образом, высокая магнитность неизмененных основных пород дебедского комплекса обусловлена значительным содержанием первичного ферромагнетика, выделившегося в эффузивную, а в ряде случаев и в интателлурическую стадию. Низкая же магнитность, характерная для большинства пород этого комплекса, связана с замещением первичного ферромагнетика силикатными минералами и лейкоксеном в процессе низкотемпературного регионального метаморфизма.

Андезиты (редко андезитобазальты) кошабердского комплекса, наблюдающиеся в его нижней части, подвержены метаморфизму в той же ступени, что базиты дебедского комплекса и имеют (судя по немногочисленным образцам нашей коллекции) близкую петромагнитную характеристику.

Шихтахтский комплекс, как уже говорилось выше, наиболее однороден петрохимически и петрографически. Преобладающей разновидностью являются порфировые пироксен-плагиоклазовые андезитобазальты, в которых магнетит образует фенокристаллы размером 0,05—0,5 *мм*

(распределенные в породе весьма неравномерно в количестве от 0,5 до 2,5%) и мелкие зерна в основной массе (0,005—0,01 *мм*, редко до 0,02 *мм*). Гистограмма магнитной восприимчивости (рис. 2*б*) этих пород тоже имеет два максимума. Но в отличие от дебедского комплекса здесь больше половины образцов находится в интервале значений 160—3000$\times 10^{-5}$ СИ, в соответствии с меньшей степенью изменения пород. При довольно выдержанных значениях суммарной железистости (7—10%) пород, магнитная восприимчивость их существенно различна (рис. 2*г*). График зависимости $\varkappa$ от относительного содержания Fe_2O_3 показывает сначала повышение, затем понижение $\varkappa$ (рис. 2*е*). Оптические наблюдения и здесь свидетельствуют, что увеличение $\varkappa$ с возрастанием относительного содержания Fe_2O_3 не связано с увеличением содержания первичного магнетита. Наоборот, низкие значения $\varkappa$ и низкие относительные содержания Fe_2O_3 отражают замещение магнетита железистыми силикатами: эпидотом, хлоритом (с переходом Fe в двухвалентную форму). Понижение $\varkappa$ наблюдающееся на фоне возрастания относительного содержания Fe_2O_3, связано с гематитизацией магнетита. На графике J_n—$\varkappa$ (рис. 2*з*) лишь небольшая часть точек, характеризующих породы с магнетитом, замещенным нерудными минералами, имеет минимальные J_n и $\varkappa$. К основному рою точек относятся образцы со свежим или слабогематитизированным магнетитом. Расположение точек в пределах этого роя показывает отсутствие четкой зависимости между J_n и $\varkappa$, что, очевидно, связано с присутствием в шихтахтских базитах ферромагнетика двух разных размерных групп. В свежих разновидностях наиболее высокими значениями J_n при близких величинах $\varkappa$ характеризуются более раскристаллизованные андезитобазальты и андезиты субвулканических тел с большим количеством первичного мелкого магнетита (рис. 3*а*), в отличие от закалочных разновидностей тех же пород в маломощных дайках и приконтактовых зонах субвулканических тел, в которых успевает выкристаллизоваться лишь небольшое количество мелкого магнетита (рис. 3*б*).

В слабоизмененных породах отсутствие увеличения J_n на фоне возрастания $\varkappa$, по всей вероятности, связано с изменением в первую очередь мелкого магнетита, основного носителя остаточной намагниченности[4].

Таким образом, характерные для основных и средних пород шихтахтского комплекса более высокие (чем в дебедском) значения магнитной восприимчивости отражают меньшую степень их изменения. Основным типом изменения магнетита является гематизация; лейкоксенизация наблюдается редко. На данной ступени метаморфизма существенное влияние на магнитные свойства оказывает разная степень изменения крупного и мелкого ферромагнетика. В петрохимически однородных породах, не подвергшихся изменениям, магнитные свойства зависят от различных количественных соотношений крупного и мелкого ферромагнетика, что связано с разной степенью раскристаллизации расплава.

В «контрастном» комплексе образцы с $\varkappa$ меньше 40$\times 10^{-5}$ СИ составляют всего 15% (рис. 2*в*), что соответствует редкой встречаемости среди пород этого комплекса измененных разновидностей с полностью разложенным ферромагнетиком. Это позволяет далее рассматривать в «контрастном» комплексе, главным образом, свежие разновидности базитов. Как уже отмечалось выше, субвулканические и дайковые основные породы «контрастного» комплекса представлены пикритами,

---

[4] Если состав частиц не связан с их размером, то в единицу времени в каждой частице изменяется часть ее объема, равная Δv. Относительная скорость изменения тем выше, чем больше отношение $K = \Delta v / v$, а так как $\Delta v / \Delta t \approx \text{const}$, то $\Delta v / v$ тем выше, чем меньше начальный объем частицы v_0.

Рис. 3. Пироксен-плагиоклазовые андезиты шихтахтского комплекса (без анализатора). а) Фенокристалл магнетита (черное) и мелкий (менее 0,01 *мм*) магнетит в основной массе, близкой к интерсертальной: б) Сросток фенокристаллов магнетита (черное) и пироксена (серое) и мелкий магнетит в апостекловатой основной массе. Количество мелкого ферромагнетика заметно меньше, чем в первом случае. Ув. 57×.

меланобазальтами, пироксен-плагиоклазовыми, плагиофировыми, амфибол-пироксен-плагиоклазовыми базальтами, достаточно разнообразными по химическому и минеральному составу. Поэтому целесообразно рассматривать характеристику железо-титановых окислов и изменения магнитных свойств этих пород для каждого типа в отдельности.

Пикриты, хотя и являются наиболее основными и самыми высокожелезистыми из базитов «контрастного» комплекса, даже в наиболее свежих образцах не показывают высокой магнитной восприимчивости, характерной для базальтов (табл. 1). Это связано с тем, что первичные железосодержащие окислы представлены в пикритах немагнитными хромитом (идиоморфные изометричные кристаллы размером 0,02—0,05 *мм*) и ильменитом (пластинчатые кристаллы с прямоугольными сечениями длиной 0,05—0,2 *мм* при поперечнике 0,01—0,02 *мм*). Небольшое количество магнетита выделяется в виде мелких 0,005 *мм* изометричных кристалликов, образующих цепочки вдоль трещин в оливине при начальной его серпентинизации. Пикриты являются практически единственным типом базитов Алавердской ВТС, в котором намагниченность связана с появлением вторичного магнетита. Однако увеличение степени изменения пород с полной серпентинизацией и отальковании оливина сопровождается лейкоксенизацией выделившегося магнетита и резким падением магнитной восприимчивости. Количество химически проанализированных образцов пикритов в нашей выборке недостаточно для того, чтобы говорить о зависимости магнитных свойств от $FeO+Fe_2O_3$ и $Fe_2O_3/FeO+Fe_2O_3$. Несомненно лишь различие величин магнитной восприимчивости при одинаковой железистости пород (рис. 2*д*), что, очевидно, связано со степенью описанного выше изменения пикритов.

Во всех других разновидностях базитов «контрастного» комплекса—меланобазальтах, пироксен-амфиболовых, пироксен-плагиоклазовых и плагиофировых базальтах—магнетит наблюдается только в основной массе пород. При общих вариациях размера зерен от 0,1—0,2 *мм* до 0,005—0,02 *мм* в большинстве образцов этот размер определяется как 0,03—0,1 *мм*. Величина суммарной железистости в породах «контрастного» комплекса варьирует от 6,5 до 13%. В меланобазальтах отчетливо наблюдается увеличение магнитной восприимчивости с повышением общей железистости породы (рис. 2*д*). Для других разновидностей аналогичной зависимости не устанавливается, но количество образцов недостаточно для достоверных выводов. Величина

Таблица 1

Магнитные свойства вулканических пород Алавердской ВТС

Возраст	Комплексы / Группы пород		Пикриты, пикрито-базальты		Базальты, андезито-базальты		Андезиты, андезито-дациты		Дациты, риолиты		Общие пределы колебаний	
			$\varkappa \cdot 10^{-5}$СИ	$Jn \cdot 10^{-3}$ А/М	$\varkappa \cdot 10^{-5}$СИ	$Jn \cdot 10^{-3}$ А/М	$\varkappa \cdot 10^{-5}$СИ	$Jn \cdot 10^{-3}$ А/М	$\varkappa \cdot 10^{-5}$СИ	$Jn \cdot 10^{-3}$ А/М	$\varkappa \cdot 10^{-5}$СИ	$Jn \cdot 10^{-3}$ А/М
J_3	„Контрастный"	Среднее	1100	1200	570	320			20	10		
		Пределы колебаний	2300—90	3900—200	3800—30	2000—0			120—0	45—0	3800—0	3900—0
		Аномальные значения	—	—	—	39700			—	—	—	—
		Число образцов	6	4	44	26			11	7	61	37
J_2	Шихтахтский	Среднее			820	490	590	340	260			
		Пределы колебаний			2600—0	3000—0	1000—0	870—0	740—0	—	2600—0	3000—0
		Аномальные значения	—		—	18340	—	—	—			
		Число образцов			20	17	11	6	3		34	23
J_2	Кошабердский	Среднее					320	60	40	10		
		Пределы колебаний					1200—20	120—0	130—0	25—0	1200—0	120—0
		Аномальные значения					—	9150	—	—		
		Число образцов					11	5	10	10	21	15
$J_3?—J_3$	Дебедский	Среднее			570	100			40	5		
		Пределы колебаний			7200—0	660—0			170—0	10—0	7200—0	660—0
		Аномальные значения				39127			—	—		
		Число образцов			50	31			7	5	57	36
	Общие пределы колебаний		2300—90	3900—200	7200—0	3000—0	1600—0	870—0	740—0	45—0	7200—0	3500—0
	Количество образцов		6	4	114	74	22	11	31	22	173	111

остаточной намагниченности в большинстве образцов, как и в других комплексах ниже индуцированной. График связи $J_n - \varkappa$ показывает в основном прямую зависимость между ними. Для меланобазальтов J_n, как и $\varkappa$, зависит от величины общей железистости пород (рис. 2и). Вдоль оси абцисс, в нижней части графика, располагаются точки, относящиеся к образцам с ферромагнетиком, замещенным нерудными минералами (как в дебедском комплексе).

Разнообразие изученных на примере Алавердской ВТС юрских вулканогенных пород по составу и степени метаморфизма позволяет показать зависимость магнитных свойств вулканических пород от разных геологических факторов.

1. Высокая магнитность основных и средних вулканических пород лавовой и субвулканической фации всех комплексов Алавердской ВТС, характерная для неизмененных разновидностей, обусловливается высоким содержанием первичного ферромагнетика, выделявшегося в эффузивную, а в ряде разновидностей и в интрателлурическую стадию кристаллизации расплава.

2. В свежих породах разного состава количество первичного ферромагнетика (и в наибольшей мере величина $\varkappa$) определяется основностью пород (от базальтов до риолитов).

3. В свежих разновидностях близкой основности величина магнитной восприимчивости пород зависит от вариации их суммарной железистости (меланобазальты «контрастного» комплекса), а при стабильности этого параметра (шихтахтский комплекс)—от степени раскристаллизации основной массы породы.

4. Главным фактором, определяющим современную низкую магнитную восприимчивость большинства пород Алавердской ВТС, является начальный низкотемпературный региональный метаморфизм зеленокаменной ступени, приведший к полному или частичному замещению ферромагнетика нерудными минералами. Этот процесс особенно характерен для пород дебедского и кошабердского комплексов, а также для обломочных фаций во всех комплексах. Другим типом изменения ферромагнетика, приводящим к понижению $\varkappa$, является гематитизация, наиболее обычная для пород шихтахтского комплекса.

5. В изученных нами комплексах установлены два типа соотношений величин J_n и $\varkappa$: а) прямая связь—для дебедского и «контрастного» комплексов. Однако интерпретация такого вида зависимости различна. В дебедском комплексе и та, и другая величины зависят только от степени замещения ферромагнетика. В свежих базальтах «контрастного» комплекса, содержащих магнетит только мелкого размера, $\varkappa$ и J_n одинаково зависят от количества первичного ферромагнетика. б) Отсутствие зависимости J_n и $\varkappa$ для свежих базитов шихтахтского комплекса, содержащих ферромагнетик двух разных размерных групп, связано с изменением количества первичного мелкого магнетита и степени его гематитизации при постоянном количестве и сохранности крупных зерен.

6. Особое положение по магнитным свойствам занимают пикриты «контрастного» комплекса, являющиеся редкостью в Алавердском вулканическом поле. Наиболее основные и наиболее железистые из всех изученных базитов—пикриты—имеют низкую магнитную восприимчивость, так как окислы железа представлены в них хромитом и ильменитом. Пикриты являются единственной разновидностью пород Алавердской ВТС, в которой увеличение магнитной восприимчивости связано с появлением вторичного магнетита при начальной стадии серпентинизации оливина.

На примере вулканогенных пород Алавердской ВТС показана зависимость магнитных свойств пород от разных геологических факторов: состава пород, степени их раскристаллизации и степени их изменения. Наблюдается разная интенсивность изменения вулканитов в

каждом комплексе, но для всей структуры в целом количественно преобладают породы, подвергшиеся начальному региональному метаморфизму, что и обусловливает спокойный характер напряженности магнитного поля (ΔT) на рассматриваемой площади.

Авторы приносят искреннюю благодарность А. С. Остроумовой за предоставленную коллекцию образцов, шлифов и результаты химических анализов, Н. Б. Дортман и И. В. Розенталю за интерес к работе и обсуждение результатов и Д. С. Кашику за помощь в микрофотографировании.

Армнипроцветмет, Ереван,
ВСЕГЕИ, Ленинград

Поступила 4.VIII.1986.

Ա. Ռ. ԻՇԽԱՆՅԱՆ, Ի. Յա. ՑԵՆՏԵՐ

ԱԼԱՎԵՐԴԻ ՀՐԱԲԽԱ-ՏԵԿՏՈՆԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՔԻ ՅՈՒՐԱՅԻ ՀՐԱԲԽԱՅԻՆ ԱՊԱՐՆԵՐԻ ԱՊԱՐԱՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ (ՓՈՔՐ ԿՈՎԿԱՍ)

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Ալավերդու հրաբխա-տեկտոնական կառույցի յուրայի հրաբխային ապարների օրինակով ցույց է տրված ապարների մագնիսական հատկանիշների (χ և J_n) կախվածությունը տարբեր երկրաբանական գործոններից՝ կազմությունից, նրանց ֆացիալ պատկանելիությունից, բյուրեղացման աստիճանից և փոփոխվածության աստիճանից։ Հաստատված է, որ Ալավերդու հրաբխատեկտոնական կառույցի ապարների մեծամասնության ցածր մագնիսական ընկալունակությունը հիմնականում պայմանավորված է երկաթամագնիսական մասնիկների լրիվ կամ մասնակի տեղակալմամբ ոչհանքային միներալներով (սֆեն, էպիդոտ, քլորիտ, կարբոնատ, լեյկոքսեն)։

A. R. ISHKHANIAN, I. Ya. TZENTER

THE PETROMAGNETIC CHARACTERISTIC OF THE ALAVERDI VOLCANIC-TECTONIC STRUCTURE JURASSIC VOLCANIC ROCKS (MINOR CAUCASUS)

A b s t r a c t

The Alaverdi volcanic-tectonic structure Jurassic volcanic rocks being an example the dependence of rocks magnetic properties (χ and J_n) on different geological factors as rocks composition, their facial identity, crystallization degree and alteration degree is shown in this paper. Total or partial replacement of ferromagnetic particles by sphene, epidote, chlorite, carbonate, leucoxene is established to be the main factor of the rocks majority contemporary low magnetic susceptibility.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алтунян А. З., Джрбашян Р. Т., Магакян Р. Г.* К геологии и условиям образования агломератовых пород Алавердского рудного района.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1979, № 5, с. 20—29.
2. Геология Армянской ССР. Том X, Геофизика. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1972, с. 19—36.
3. *Котляр В. Н., Сейранян В. Б.* Некоторые особенности вулканогенных месторождений Алаверди-Кафанской металлогенической зоны.—ДАН СССР, 1971, т. 196, № 1, с. 169—171.
4. Минералы. Том II, вып. 3, М.: Наука, 1967, 638 с.
5. *Остроумова А. С., Голынко И. И.* Комплексное исследование вулканических образований (на примере Алавердского рудного узла).—В кн.: Принципы и методы оценки рудоносности геологических формаций. Магматические формации. Л.: Недра, 1983, с. 236—248.
6. *Сирунян Т. А.* Палеомагнетизм мезозоя Армянской ССР. Ереван: Изд. АН Арм. ССР, 1981. 130 с.
7. *Сонко Л. Ф.* Колчеданные месторождения Малого Кавказа. М.: Недра, 1971. 255 с.
8. *Центер И. Я., Ильина Л. И., Куранова В. Н.* О преобразовании магнетита в процессе низкотемпературного изменения вулканических пород.—ЗВМО, 1986, № 1, с. 34—49.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 3, 31—37, 1987

УДК: 553.411(55)

Е. Ф. РОМАНЬКО

О ЗОЛОТОНОСНОСТИ ИРАНСКОЙ ОБЛАСТИ СРЕДИЗЕМНОМОРСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА

Сообщаются новые сведения о находках в Иранском регионе золота, анализируются его основные металлогенические связи. Устанавливается ассоциация золотопроявлений с двумя этапами тектоно-магматической активности—киммерийским и альпийским. Отдельную группу составляют разнообразные телетермальные проявления. Прогнозируется выявление в регионе новой золоторудной провинции.

В истории древнего горного промысла на территории современного Ирана имеются упоминания о кустарной добыче золота из небольших россыпей, однако свидетельств о сколько-нибудь значительных масштабах разработок не имеется [4]. В геологической литературе есть краткая характеристика месторождения Муте, расположенного между городами Исфаган и Арак [1], и упоминания о примеси золота в рудах некоторых других месторождений [6]. В то же самое время в последние годы учащаются находки здесь проявлений различных типов золоторудной минерализации, сведения о которых еще не публиковались или рассредоточены в описаниях разнообразных комплексных месторождений. Теперь становится все более очевидным, что данный регион в значительной мере золотоносен, и здесь можно ожидать открытия новых месторождений золота. Данная статья ставит своей задачей в самых общих чертах проанализировать новейшие сведения о находках золота в Иране и наметить его основные металлогенические связи.

Этот вопрос представляет интерес для советских геологов, работающих у южных границ нашей страны, так как многие региональные структуры восточного сектора Средиземноморского складчатого пояса на нашей территории представлены только малыми частями и не дают полного представления о его металлогении. Основой статьи является материал, полученный главным образом в результате работ советских геологов в Центральном Иране в 1979—1983 гг. [2, 5], а также некоторые устные сообщения иранских исследователей. Малая изученность золотопроявлений пока не позволяет классифицировать

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алтунян А. З., Джрбашян Р. Т., Магакян Р. Г.* К геологии и условиям образования агломератовых пород Алавердского рудного района.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1979, № 5, с. 20—29.
2. Геология Армянской ССР. Том X, Геофизика. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1972, с. 19—36.
3. *Котляр В. Н., Сейранян В. Б.* Некоторые особенности вулканогенных месторождений Алаверди-Кафанской металлогенической зоны.—ДАН СССР, 1971, т. 196, № 1, с. 169—171.
4. Минералы. Том II, вып. 3, М.: Наука, 1967, 638 с.
5. *Остроумова А. С., Голынко И. И.* Комплексное исследование вулканических образований (на примере Алавердского рудного узла).—В кн.: Принципы и методы оценки рудоносности геологических формаций. Магматические формации. Л.: Недра, 1983, с. 236—248.
6. *Сирунян Т. А.* Палеомагнетизм мезозоя Армянской ССР. Ереван: Изд. АН Арм. ССР, 1981. 130 с.
7. *Сонко Л. Ф.* Колчеданные месторождения Малого Кавказа. М.: Недра, 1971. 255 с.
8. *Центер И. Я., Ильина Л. И., Куранова В. Н.* О преобразовании магнетита в процессе низкотемпературного изменения вулканических пород.—ЗВМО, 1986, № 1, с. 34—49.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 3, 31—37, 1987

УДК: 553.411(55)

Е. Ф. РОМАНЬКО

О ЗОЛОТОНОСНОСТИ ИРАНСКОЙ ОБЛАСТИ СРЕДИЗЕМНОМОРСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА

Сообщаются новые сведения о находках в Иранском регионе золота, анализируются его основные металлогенические связи. Устанавливается ассоциация золотопроявлений с двумя этапами тектоно-магматической активности—киммерийским и альпийским. Отдельную группу составляют разнообразные телетермальные проявления. Прогнозируется выявление в регионе новой золоторудной провинции.

В истории древнего горного промысла на территории современного Ирана имеются упоминания о кустарной добыче золота из небольших россыпей, однако свидетельств о сколько-нибудь значительных масштабах разработок не имеется [4]. В геологической литературе есть краткая характеристика месторождения Муте, расположенного между городами Исфаган и Арак [1], и упоминания о примеси золота в рудах некоторых других месторождений [6]. В то же самое время в последние годы учащаются находки здесь проявлений различных типов золоторудной минерализации, сведения о которых еще не публиковались или рассредоточены в описаниях разнообразных комплексных месторождений. Теперь становится все более очевидным, что данный регион в значительной мере золотоносен, и здесь можно ожидать открытия новых месторождений золота. Данная статья ставит своей задачей в самых общих чертах проанализировать новейшие сведения о находках золота в Иране и наметить его основные металлогенические связи.

Этот вопрос представляет интерес для советских геологов, работающих у южных границ нашей страны, так как многие региональные структуры восточного сектора Средиземноморского складчатого пояса на нашей территории представлены только малыми частями и не дают полного представления о его металлогении. Основой статьи является материал, полученный главным образом в результате работ советских геологов в Центральном Иране в 1979—1983 гг. [2, 5], а также некоторые устные сообщения иранских исследователей. Малая изученность золотопроявлений пока не позволяет классифицировать

их на конкретные рудные формации, ниже они характеризуются на основе генетической классификации В. И. Смирнова [3].

Скарновые золоторудные проявления связаны с позднеэоценовыми или олигоцен-миоценовыми гранитоидными интрузивами и концентрируются в двух районах—Анарекском в Центральном Иране и в Иранском Азербайджане близ границы с СССР. В первом районе проявления золота недавно обнаружены в скарнированных известняках, залегающих в виде прослоев среди роговиков и метаморфических сланцев венд-палеозойского возраста. Сопутствующие минералы—шеелит, пирит, магнетит. В Иранском Азербайджане золото в меднорудных скарновых месторождениях известно и ранее (месторождения Сунгун, Гюмюшолан, Карачиляр и др.), иранские геологи сообщают о новых находках.

Гидротермальные месторождения и рудопроявления имеют большое распространение. По особенностям строения и взаимоотношению с магматическими образованиями среди них выделяются плутоногенные, вулканогенные и телетермальные (амагматические).

Плутоногенные золоторудные объекты, как становится теперь ясно, формировались в киммерийскую и альпийскую тектоно-магматические эпохи, в обоих случаях—в связи с небольшими интрузивами гранит-гранодиоритовой, реже «пестрой» гранитоидной формаций. Более древних золотоносных гранитоидных комплексов доказательно наметить не удается, хотя ранее предполагалось, что упомянутое месторождение Муте приурочено к докембрийскому интрузиву [7]. Теперь установлен палеозойский или венд-палеозойский возраст вмещающих метаморфических толщ, а прорывающего их рудоносного интрузива,—скорее всего, мезозойский. Краткая характеристика этого месторождения, которое некоторое время эксплуатировалось, приводилась в нашей литературе [1]. Этот объект, считающийся наиболее крупным в Иране, представляет собой серию рудоносных зон дробления, насыщенных кварцево-пиритовыми жилами и прожилками. Среднее содержание золота—7 *г/т* [4] при колебаниях от 4 до 400 *г/т* (сообщение газеты «Эттелаат» от 20.09.86)[1].

Проявления золотокварцевого типа обнаружены вокруг небольших гранитоидных массивов мезозойского возраста в северной краевой части Анарек-Хурского массива в Центральном Иране (Гороува и др.). Это небольшие кварц-баритовые жильные тела, приуроченные к разломам в толще метаморфических сланцев верхнего протерозоя. Золоту сопутствуют сульфиды меди, пирит, гематит. Знаки золота отмечаются в аллювиально-пролювиальных отложениях долин, пересекающих выступ метаморфического фундамента с мезозойскими интрузиями между сел. Джандак и Арусан.

Интересный тип мезозойской золоторудной минерализации представлен на медно-вольфрамовом месторождении Чах-Паланг в одноименной складчатой зоне киммерийского возраста, в 55 *км* к юго-востоку от сел. Анарек. Вмещающими породами являются черные слабометаморфизованные песчано-глинистые триас-юрские породы формации Шемшек, видимо, образующие здесь кровлю невскрытого интрузива (в старых выработках обнаружены жилы гранитоидов). Гидротермальная медная и вольфрамовая минерализация связана с тектоническими зонами дробления и трещиноватости. В добывавшихся в прошлом медных рудах присутствуют золото-вольфрамовая, меднорудная (халькопирит, ковеллин, пирит), медно-никелевая (халькопирит, пентландит, никелин, пирит) и медно-висмутовая (халькопирит, борнит, халькозин, ковеллин, пирит, теллуровисмутит и стибиотеллуровисмутит) минеральные ассоциации, взаимоотношения которых в естественном залегании неясны. Золото-вольфрамовая ассоциация представ-

---

[1] Газета «Джомхурие Эслами» 02.09.86 сообщила также о завершении разведки в этом районе месторождения Каван с запасами около 5 *т* золота (1,2 *млн. т* руды) при среднем содержании металла 4 *г/т*.

лена крупными выделениями вольфрамита (до 1,5 *см*) в кварце, отмечаются пирит и гипергенные минералы меди и железа. Золото встречается в мелких выделениях (от 3—10 *микрон* до 0,015 *мм*) в тонких прожилках кварца, либо среди гипергенных минералов железа.

Представляется, что на более глубоких срезах этого и подобных объектов в Центральном Иране можно ожидать относительно высокотемпературное золотокварцевое оруденение. Об этом, в частности, говорит обнаружение М. Лотфи в том же районе, южнее месторождения Чах-Паланг, золотоносных брекчий среди роговиков в экзоконтакте мезозойского гранитоидного интрузива Заррех, прорывающего ту же песчано-сланцевую формацию Шемшек. В современных пролювиальных отложениях вокруг интрузива найдены сростки золота до 5 *мм* в поперечнике.

Есть указание на связь с мезозойскими интрузивами и других типов золотосодержащих руд, в частности грейзеновых (?) арсенопиритовых с высоким содержанием золота—до 150 *г/т* на месторождении Торик-Доррех на северо-востоке Ирана [4].

В альпийскую эпоху золото ассоциирует с некоторыми массивами гранитоидов эоцен-миоценового возраста. В Анарекском районе наиболее важным типом оруденения являются кварцевые жилы и зоны окварцевания с золотом в эндо- и экзоконтактах позднеэоценовых интрузивов (Кух-е Дом 1, Восточное Хуни и др.). Мощность таких жил (жильных зон) достигает 1,7 *м*, протяженность—300-400 *м*. Содержания золота в целом низкие (0,6—5,7 *г/т*), но иногда достигают 27 *г/т*. Размеры золотин до 0,025 *мм*, иногда—до 0,5 *мм*. Главными рудными минералами являются гематит, пирит, встречаются халькопирит, халькозин, ковеллин, борнит, самородная медь, галенит, сфалерит, шеелит.

Золотокварцевые тела или золотокварцево-сульфидные жильные зоны (с пиритом, галенитом, сфалеритом, халькопиритом, халькозином, самородной медью, штромейеритом) вдоль нарушений накладываются на рудный штокверк медно-молибденового месторождения Кал-е Кафи в Анарекском районе. Штокверк размещается в массиве гранит-порфиров, рвущих гранодиорит-монцонитовый интрузив позднеэоценового возраста. Содержания золота в рудных телах достигают 29 *г/т*, в медно-молибденовых рудах—0,1-0,7 *г/т;* в промышленном медном концентрате содержится 4 *г/т* золота, в молибденовом—16 *г/т*. Близ месторождения Кал-е Кафи на удалении 1—2 *км* от интрузива во вмещающих венд-палеозойских породах размещается золото-полиметаллическое месторождение Хуни. Жильно-метасоматические рудные тела концентрируются в доломитах, подошву которых в подстилающей сланцевой толще сопровождают согласные зоны пиритизации с убогими содержаниями золота. Полиметаллические руды содержат до 2,6 *г/т* золота пробностью 780—840 в кварце и 920—960—в гидроокислах железа.

Аналогичный тип золотоносности известен в районе между Керманом и Сирджаном. Меднопорфировые месторождения этого района (Сар Чешме, Чахар Гонбар, Мейдук и др.), ассоциирующие с наиболее молодыми миоценовыми интрузивами Центрально-Иранского вулканического пояса, также содержат в рудах примеси золота [6].

Вулканогенные проявления связаны в основном с эоценовым эффузивным комплексом Центрально-Иранского вулканического пояса и его одновозрастными ареалами в зонах активизации доальпийских структур других районов Ирана. Золоторудная вулканогенная минерализация двух типов—золотокварцевая и колчеданная. Примером первого типа является проявление Чах Алихан в горах Кух-е Дом к северу от г. Ардекан, в центральной части Центрального Ирана. Оруденение локализуется в толще эоценовых андезито-базальтов, которые перекрываются дацитами и их туфами. Широко развиты дайки базальтового состава. Рудные тела кварц-гематитового состава приурочены к разломам. Содержания золота—0,8—5,2 *г/т*.

Колчеданное оруденение, связанное с эоценовыми эффузивами и субвулканами, имеет наложенную природу: оно локализуется вдоль разломов в зонах гидротермальной проработки, имеющих форму метасоматических куполов, линейных или неправильных тел до нескольких сотен метров длиной или в поперечнике. Согласные напластованию зоны не отмечались. Рудная минерализация представлена исключительно мелкозернистым пиритом. Отмечаются сульфиды Cu, Pb, Zn, арсенопирит, молибденит, кобальтин, киноварь. Предполагается, что носителем золота является пирит. Содержания металла не достигают промышленных концентраций, отношение Au:Ag в пределах 1:(2—60).

Большую и разнообразную группу проявлений составляют объекты телетермальной золоторудной минерализации. В большинстве случаев генезис их не вполне ясен, видимо, в основном они имеют полигенную природу. Наибольший практический интерес может иметь золоторудная минерализация, связанная с углеродистыми (черными) сланцами, которая выявлена пока только в одном пункте—в горах Кух-е Дом в Центральном Иране (месторождение Горгаб III). Оруденение локализуется в выступе метаморфического фундамента, прорванного дайками андезитов, дацитов, гранодиорит-порфиров позднеэоценового возраста. Вмещающими породами являются метаморфизованные терригеннные и вулканогенные породы палеозойского возраста. Для метапсаммитов и метапелитов характерны парагенезисы Кв+Му+Хл и Кв+Аб+Му+Хл, для метавулканитов—Аб+Акт+Эп+Хл±Кв (зеленосланцевая фация).

Рудная минерализация представлена двумя типами—стратиформным и жильным. Первый тип локализуется на удалении от интрузий и дайковых полей в согласной зоне (более 100 *м*) тонкозернистой вкрапленности сульфидов (преимущественно пирита) среди углеродистых сланцев. Максимальные содержания металлов (до 0,8% Pb, 2% Zn, 0,15 As, 0,04 Cu, 0,001 Ag) приурочены к интервалам наиболее интенсивной графитизации (?) и сосредоточения согласных кварц-сульфидных прожилков. Тела жильного типа контролируются разломами или зальбандами даек и характеризуются более богатыми золото-полиметаллическими рудами: 16—22,6% Pb и Zn (в сумме), до 0,3% Cu, 1,2 *г/т* Au, 63,2 *г/т* Ag. Различаются золотосодержащие галенит-сфалеритовые и пирит-сфалеритовые (с подчиненным галенитом) руды. Второстепенные минералы—арсенопирит, халькопирит, марказит. Жильные минералы—кварц, карбонаты. Термобарометрические исследования показали, что сульфидные минералы сформировались при Т 250—260°С и Р 4,0—4,2 10^7Па.

Представляется, что бедная стратиформная минерализация возникла при региональном зеленосланцевом метаморфизме углеродистых палеозойских толщ (210—220 *млн. лет* по K/Ar), а более богатые контрастные золото-полиметаллические руды жильных тел связаны с эоценовой тектоно-магматической активизацией: отсюда их контроль альпийскими разломами и пространственная близость к дайковому полю.

Другим телетермальным типом являются золото-лиственитовые проявления, ассоциирующие в различных районах Ирана с тектонически переработанными офиолитовыми ассоциациями («цветным меланжем») в шовных структурах—реликтами доальпийской или раннеальпийской коры океанического типа. Иногда золоторудная минерализация связана с разнообразными пластинами альпинотипных гипербазитов, чаще всего среди древних метаморфических толщ. В таких случаях золоту сопутствует киноварь, минералы Cu, Ni, Co, Sb и др. Такое оруденение значительных масштабов пока не известно. По геологическим условиям проявления золото-лиственитового типа стоят близко к известным в Центральном Иране штокверковым и жильным комплексным («семиэлементным») месторождениям, в которых ассоциирует Cu, Ni, Co, As, U, Ag, Au, иногда Bi, Pb, Zn, Mo (Байче-Баг,

Мескани, Талмеси, Гоуд-е Морад, Себарз и др.). Такие месторождения также формируются в пространственной близости к офиолитовым швам или массивам метасоматически переработанных гипербазитов, иногда на участках с эоценовыми вулканоструктурами, но чаще на удалении от них. Эти месторождения нередко соседствуют с жильными сурьмяными месторождениями (Патиар, Торкемани), в которых также фиксируются примеси золота (золотосурьмяный тип). Содержания металла в медно-никель-кобальтовых и сурьмяных рудах невелики: следы—десятые доли *г/т*, в редких случаях достигают первых *г/т*.

В последние годы присутствие самородного золота установлено также в убогих и бедных рудах стратиформных медных, медно-свинцово-цинковых различных полиэлементных проявлений, преимущественно среди пестроцветных отложений и вулканогенной молассы позднеальпийских впадин Ирана [5]. Тонкодисперсное золото ассоциирует с пиритом, марказитом, галенитом, сфалеритом, сульфидами меди, самородной медью, баритом, целестином, гипсом и др.

Золотоносные россыпи издавна известны на юго-западе (Астане), северо-западе (Заршуран) и севере (Кух-е Зар) Центрального Ирана. Сведений о них в литературе практически не имеется; считается, что промышленного значения они не имеют [4]. По-видимому, все эти россыпи относятся к пролювиально-аллювиальному типу. Отмечается, что размеры золотин в них достигают 0,25 и даже 1 *мм* (Заршуран). Недавно интересная находка сделана И. Г. Чинаковым в Анарекском районе, в 5 *км* восточнее заброшенного сурьмяного рудника Торкемани—золотой самородок «Анарек» массой 50,6 *г*. Это первая задокументированная находка самородка в Иране. Он обнаружен в русле временного водотока, среди современных аллювиально-пролювиальных отложений, содержащих редкие знаки золота. Самородок массивный, уплощенной формы, размеры—45×25×5 *мм*. С одной стороны поверхность ровная, окатанная, мелкоячеистая, образовавшаяся в результате волочения. Другая сторона неровная, бугристая; хорошо видны кристаллы, дендриты, пластины и комковидные выделения золота. Углубления, ячеи заполнены кальцитом, зернами кварца, мартита и гематита. Цвет самородка—ярко-желтый. Первичный источник золота неясен. На прилежащих участках золото обнаружено в цементе плиоценовых конгломератов (знаки) и среди лиственитизированных гипербазитов, образующих протрузивные пластины в зоне глубинного Торкемани-Ордибского разлома.

Проявления россыпного золота обнаружены недавно и в ряде других пунктов Центрального Ирана. М. Момензаде сообщил о следах кустарной добычи россыпного золота в районе г. Хорремабад на юго-западе Ирана. В этом же районе им найдены древние металлургические шлаки с примесью золота.

При всей скупости геологической информации о месторождениях и рудопроявлениях золота на территории Ирана и их тектонической позиции, уже сейчас можно заметить рудоносность тех или иных региональных структур, которые могут рассматриваться как золоторудные металлогенические зоны первого порядка. К ним в первую очередь относятся (с юга на север):

1) Сенендедж-Сирджанская (Хамаданская) складчатая зона с палеозойским (позднепротерозойским-палеозойским?) метаморфическим фундаментом и триас-юрским терригенным геосинклинальным структурно-формационным комплексом, прорванным золотоносными мезозойскими гранитоидными интрузивами. Оруденение представлено плутоногенными собственно золоторудными месторождениями, комплексными (W—Cu—Au и др.) месторождениями и россыпями.

2) Центрально-Иранский альпийский (эоцен-миоценовый) орогенный наложенный вулканический пояс и сопряженные с ним локальные ареалы одновозрастного андезито-базальтового вулканизма. Ору-

денение скарновое, плутоногенное и вулканогенное, ассоциирующее с гипабиссальными интрузивами, субвулканическими телами и эффузивными покровами. Оруденение как собственно золоторудное, так и в виде сопутствующего золота в медно-молибденовых, медных, полиметаллических и колчеданных рудах.

3) Сочетающая металлогенические черты двух первых структур зона Центрального Ирана, или Центрально-Иранский массив, с докембрийским и венд-раннепалеозойским метаморфическим фундаментом и триас-юрским (киммерийским) или раннемеловым (раннеальпийским) геосинклинальными структурно-формационными комплексами в локальных структурах (авлакогенах или парагеосинклинальных зонах). Золотоносные интрузивы мезозойские (киммерийские) и эоцен-миоценовые (альпийский вулкано-плутонический комплекс). Месторождения собственно золоторудные и комплексные с золотом—скарновые, плутоногенные, вулканогенные, а также разнообразные телетермальные (видимо, полигенные) и россыпи. Именно в этой зоне установлена связь золотого оруденения с черносланцевыми формациями.

Близко к этим трем основным типам золотоносных региональных структур стоят районы Иранского Азербайджана на северо-западе страны (золотоносные скарны и плутоногенные проявления того же возраста, что и в Центрально-Иранском вулканическом поясе), а также на северо-востоке Ирана у границ с СССР и Афганистаном (тип минерализации неясен, но по геологической позиции сближается с рудоносностью мезозойских интрузивов зоны Сенендеджа-Сирджана и Центрального Ирана).

Приведенный материал позволяет видеть достаточное многообразие и широкое распространение золотопроявлений на территории рассматриваемой области. Таким образом, есть геологические предпосылки полагать, что перечень их будет расширяться, а Иранский регион может в будущем выступать как значительная золоторудная провинция.

Объединение по геологоразведочным работам
за рубежом «Зарубежгеология», Москва

Поступила 10.II.1987.

Ն. Ֆ. ՌՈՄԱՆԿՈ

ՄԻՋԵՐԿՐԱԾՈՎԱՅԻՆ ԾԱԼՔԱՎՈՐ ԳՈՏՈՒ ԻՐԱՆՅԱՆ ՄԱՐԶԻ ՈՍԿԵԲԵՐՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Հոդվածում տեղեկություններ են բերված Իրանյան մարզում ոսկու նոր գտածոների վերաբերյալ և վերլուծված են նրա հիմնական մետաղածնական կապերը։ Հաստատված է ոսկու հանքաերևակումների հարելը կիմմերյան և ալպյան տեկտոնա-մագմատիկ ակտիվության փուլերին։

Առանձին խումբ են կազմում ամենատարբեր տելեթերմալ հանքային երևակումները, կանխատեսվում է նոր ոսկերեր մարզի հայտնաբերման հնարավորությունը։

Е. Ф. РОМАНЬКО

ON THE AURIFEROUSNESS OF THE MEDITERRANEAN FOLDED BELT IRANIAN REGION

A b s t r a c t

New information is brought on the finds of gold in the Iranian region and its main metallogenic relations are analysed. It is established the gold ore manifestations association with Cimmerian and Alpine epochs of tectonic-magmatic activity. The various telethermal ore manifestations form an individual group. Revealing of a new aurriferous province is predicted in the region.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Геология и рудные месторождения Среднего Востока./Под ред. М. В. Муратова. М.: Недра, 1973. 384 с.
2. *Романько Е. Ф.* Типы эндогенных месторождений в Анарекском рудном районе Ирана.—Разв. и охрана недр, 1982, № 7, с. 65—68.
3. *Смирнов В. И.* Геология полезных ископаемых. М.: Недра, 1982, 669 с.
4. *Beriand P., Issakhanian V., Sadrzbdeh M.* Preliminary mettalogenic map of Iran, 1 : 2 500 000. Geol Surv. Iran, Rep. № 7, 47 p.
5. Ouline of metallogeny of Anarak area (Central Iran) / E. Romanko et al. V/O „Technoexport", M., 1984, 136p.
6. *Taghizadeh N., Mallakpour M.* Mineral distribution map of Iran. Geol. Surv. Iran, 1976.
7. *Thiele O., Alavi M., Zahedi M.* Geological map 1 : 250 000 of the Golpaigan Quadrangle. Geol. Surv. Iran, 1966.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, 37—43, 1987

УДК 550.837

Е. М. ЛУЛЕЧЯН

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ ВЫСОКООМНЫХ ПЛАСТООБРАЗНЫХ ТЕЛ В МЕЖВЫРАБОТОЧНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

В статье представлены результаты экспериментальных исследований поля точечного источника при наличии высокоомного пластообразного тела, расположенного в пространстве между питающим электродом и профилем наблюдений. По результатам лабораторных иследований выведены эмпирические формулы и предложена методика для определения элементов залегания плохопроводящего пластообразного тела. Опробование предложенной методики при разведке кварц-карбонатных жил показало хорошие результаты.

В практике часто возникают задачи выявления и прослеживания высокоомных жильных пород, расположенных в межвыработочном пространстве. Однако пути решения этих задач недостаточно изучены. Известные в литературе исследования относятся к сплошным, достаточно протяженным слоям высокоомных пород [1, 2, 3, 4, 6].

В настоящей статье представляются результаты лабораторных и полевых (подземных)исследований, посвященных разработке методики выявления и определения элементов залегания плохопроводящих пластообразных тел ограниченных размеров, находящихся в межвыработочном (межскважинном) пространстве.

Изучались закономерности распределения поля и характер экран-

Е. Ф. РОМАНЬКО

ON THE AURIFEROUSNESS OF THE MEDITERRANEAN FOLDED BELT IRANIAN REGION

A b s t r a c t

New information is brought on the finds of gold in the Iranian region and its main metallogenic relations are analysed. It is established the gold ore manifestations association with Cimmerian and Alpine epochs of tectonic-magmatic activity. The various telethermal ore manifestations form an individual group. Revealing of a new aurriferous province is predicted in the region.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Геология и рудные месторождения Среднего Востока./Под ред. М. В. Муратова. М.: Недра, 1973. 384 с.
2. *Романько Е. Ф.* Типы эндогенных месторождений в Анарекском рудном районе Ирана.—Разв. и охрана недр, 1982, № 7, с. 65—68.
3. *Смирнов В. И.* Геология полезных ископаемых. М.: Недра, 1982, 669 с.
4. *Beriand P., Issakhanian V., Sadrzbdeh M.* Preliminary mettalogenic map of Iran, 1 : 2 500 000. Geol Surv. Iran, Rep. № 7, 47 p.
5. Ouline of metallogeny of Anarak area (Central Iran) / E. Romanko et al. V/O „Technoexport", M., 1984, 136p.
6. *Taghizadeh N., Mallakpour M.* Mineral distribution map of Iran. Geol. Surv. Iran, 1976.
7. *Thiele O., Alavi M., Zahedi M.* Geological map 1 : 250 000 of the Golpaigan Quadrangle. Geol. Surv. Iran, 1966.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, 37—43, 1987

УДК 550.837

Е. М. ЛУЛЕЧЯН

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ ВЫСОКООМНЫХ ПЛАСТООБРАЗНЫХ ТЕЛ В МЕЖВЫРАБОТОЧНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

В статье представлены результаты экспериментальных исследований поля точечного источника при наличии высокоомного пластообразного тела, расположенного в пространстве между питающим электродом и профилем наблюдений. По результатам лабораторных иследований выведены эмпирические формулы и предложена методика для определения элементов залегания плохопроводящего пластообразного тела. Опробование предложенной методики при разведке кварц-карбонатных жил показало хорошие результаты.

В практике часто возникают задачи выявления и прослеживания высокоомных жильных пород, расположенных в межвыработочном пространстве. Однако пути решения этих задач недостаточно изучены. Известные в литературе исследования относятся к сплошным, достаточно протяженным слоям высокоомных пород [1, 2, 3, 4, 6].

В настоящей статье представляются результаты лабораторных и полевых (подземных)исследований, посвященных разработке методики выявления и определения элементов залегания плохопроводящих пластообразных тел ограниченных размеров, находящихся в межвыработочном (межскважинном) пространстве.

Изучались закономерности распределения поля и характер экран-

ного влияния высокого сопротивления при различных расстояниях источника и профиля наблюдений от исследуемого объекта, а также характер кривых градиента потенциала (ΔU) от угла между пластом и профилем наблюдений (α).

Работы выполнялись в электролитическом баке, заполненном водой с удельным электрическим сопротивлением 60 *Ом·м*. В качестве моделей плохопроводящего пластообразного тела использовались пластинки из винипласта (изолятор с $\rho = 10^{14}$ *Ом·м*), фанеры (плохой проводник с $\rho = 450$ *Ом·м*) и меди (идеальный проводник). Размеры моделей по простиранию (L) выбирались: 8, 14 и 20 *см*; по падению—20 *см* и бесконечный, по мощности (δ)—0,3 *см*. Измерялся градиент потенциала при MN = 1 *см*, шаге наблюдений—1 *см*.

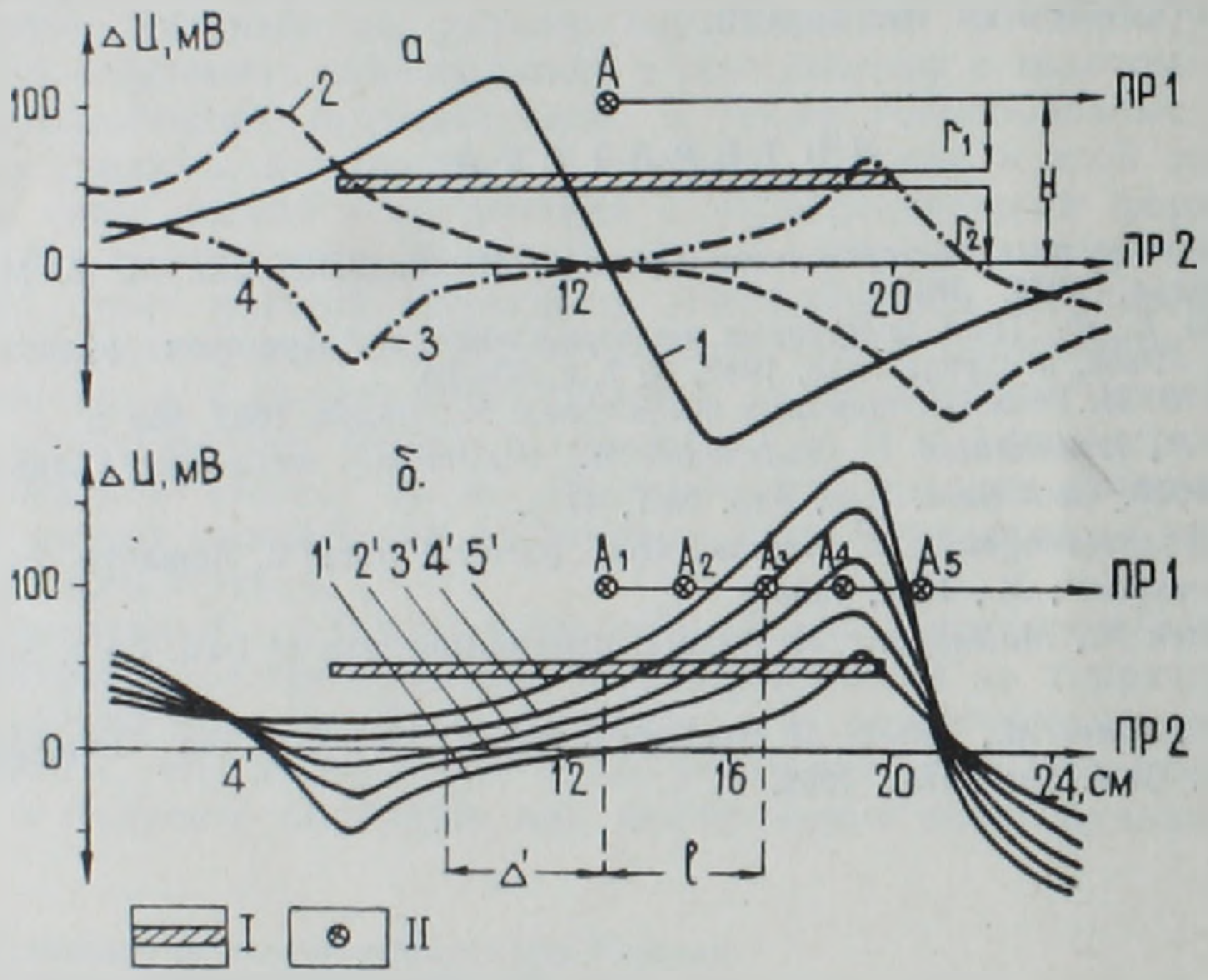

Рис. 1. Кривые градиента потенциала: *а*—в присутствии плохо- и хорошопроводящей модели рудного тела, *б*—при различных расположениях точечного источника вдоль пласта ($r_1 = r_2 = 2$ *см*). 1—кривая ΔU без модели; 2, 3—кривая ΔU при наличии хорошо- и плохопроводящего пластообразного тела соответственно. 1'–5'—кривые ΔU при расположении точечного источника на точках A_1—A_5 соответственно. I—модель высокоомного тела, II—точечный источник.

На рис. 1 (а) представлены кривые ΔU в присутствии хорошо- (кривая 2) и плохопроводящего (кривая 3) пласта, при параллельном простирании последнего по отношению профиля наблюдений. При наличии модели низкоомного пласта кривая ΔU характеризуется смещением экстремальных точек по отношению кривой ΔU при отсутствии модели. Наблюдается увеличение расстояния между точками экстремумов (d). Обратная картина наблюдается при наличии высокоомного пласта. Слева от точки перехода кривой через нуль градиент потенциалов отрицателен, справа—положителен, а расстояние между точками экстремумов меньше, чем величина L. Такое различие формы кривой ΔU может служить хорошим признаком для разделения высокоомных пластов от хорошопроводящих.

При расположении питающего электрода на расстоянии r_1 от центра пласта экстремальные значения равны по абсолютной величине, а точка перехода кривой через нуль совпадает с основанием перпендикуляра точечного источника на линию профиля наблюдений. Местоположение точек экстремумов не меняется с изменением пара-

метра r_1 (при $r_1 \leqslant 0{,}5L$). При перемещении источника вдоль пласта ветви кривой ΔU становятся асимметричными (рис. 1 б). По ходу перемещения источника в правую сторону от центра пласта наблюдается смещение точки перехода кривой ΔU через нуль в обратную сторону. Величина смещения $\Delta = \Delta' + l$, где Δ'—расстояние между проекцией центра пласта на профиль наблюдения и точкой перехода кривой ΔU через нуль; l—расстояние между проекциями точечного источника и центра пласта на профиль наблюдений.

Результаты модельных работ показали, что при $r_2 \leqslant 0{,}7L$ $\Delta' = l$. Таким образом, зная величину Δ, можно определить центр пласта.

При увеличении расстояния между профилем наблюдения и пластом (r_2) значения ΔU резко снижаются. Уменьшается также расстояние между точками экстремумов. Проведенные лабораторные исследования показали, что параметр d находится в линейной зависимости от расстояния r_2 и выражается эмпирической формулой:

$$d = L - \frac{r_2}{\sqrt{2}}. \qquad (1)$$

Представленная зависимость сохраняется при $r_2 \leqslant 0{,}7L$.

По формуле (1) можно определить протяженность и местоположение кромок пласта. Следует производить измерение ΔU по схеме взаимной увязки: измерять ΔU по профилю 1 при положении точечного источника на профиле 2, далее измерять градиент потенциала по 2-му профилю при положении питающего электрода на профиле 1. Протяженность пласта определяется по формулам:

$$L = d_1 + \frac{r_1}{\sqrt{2}} \qquad (2) \quad \text{и} \quad L = d_2 + \frac{r_2}{\sqrt{2}}, \qquad (3)$$

где d_1, d_2—расстояния между точками экстремумов кривых на профилях наблюдения 1 и 2 соответственно.

Так как мощность пласта невелика ($\delta \ll H$), то можно принять $H = r_1 + r_2$, следовательно, из формул (2) и (3) получим:

$$r_1 = \frac{H - \sqrt{2}(d_1 - d_2)}{2} \qquad (4); \qquad r_2 = \frac{H + \sqrt{2}(d_1 - d_2)}{2}, \qquad (5).$$

Таким образом, точки экстремумов смещены от проекции концов пласта в сторону его центра на величину, равную $r_1/2\sqrt{2}$ (r_1 — расстояние от кромки пласта до профиля наблюдений).

На рис. 2 представлены кривые градиента потенциала, полученные в присутствии плохопроводящей модели пластообразного тела при ориентировке профиля наблюдения под углом 10°. Величина проекции пласта (L') на профиль наблюдений 1 и 2 определяется формулами:

$$L' = d_1 + \frac{r_1}{2\sqrt{2}} + \frac{r_2}{2\sqrt{2}}; \quad L' = d_2 + \frac{r_3}{2\sqrt{2}} + \frac{r_4}{2\sqrt{2}}.$$

Так как мощность пласта мала, то можно допустить, что

$$r_1 + r_3 = r_2 + r_4 = H.$$

Имея в виду, что $\frac{r_1}{2\sqrt{2}} = \frac{r_3}{2\sqrt{2}} + m$ (6) и $\frac{r_2}{2\sqrt{2}} = \frac{r_4}{2\sqrt{2}} - n$, (7)

где $m(n)$—расстояние между точками максимумов (минимумов) кривых, полученных на профилях наблюдений 1 и 2.

Из формул 6 и 7 следует:

$$r_1 = 0{,}5(H + 2\sqrt{2}m) \qquad r_3 = 0{,}5(H - 2\sqrt{2}m)$$

$$r_2 = 0{,}5(H - 2\sqrt{2}n) \qquad r_4 = 0{,}5(H + 2\sqrt{2}n).$$

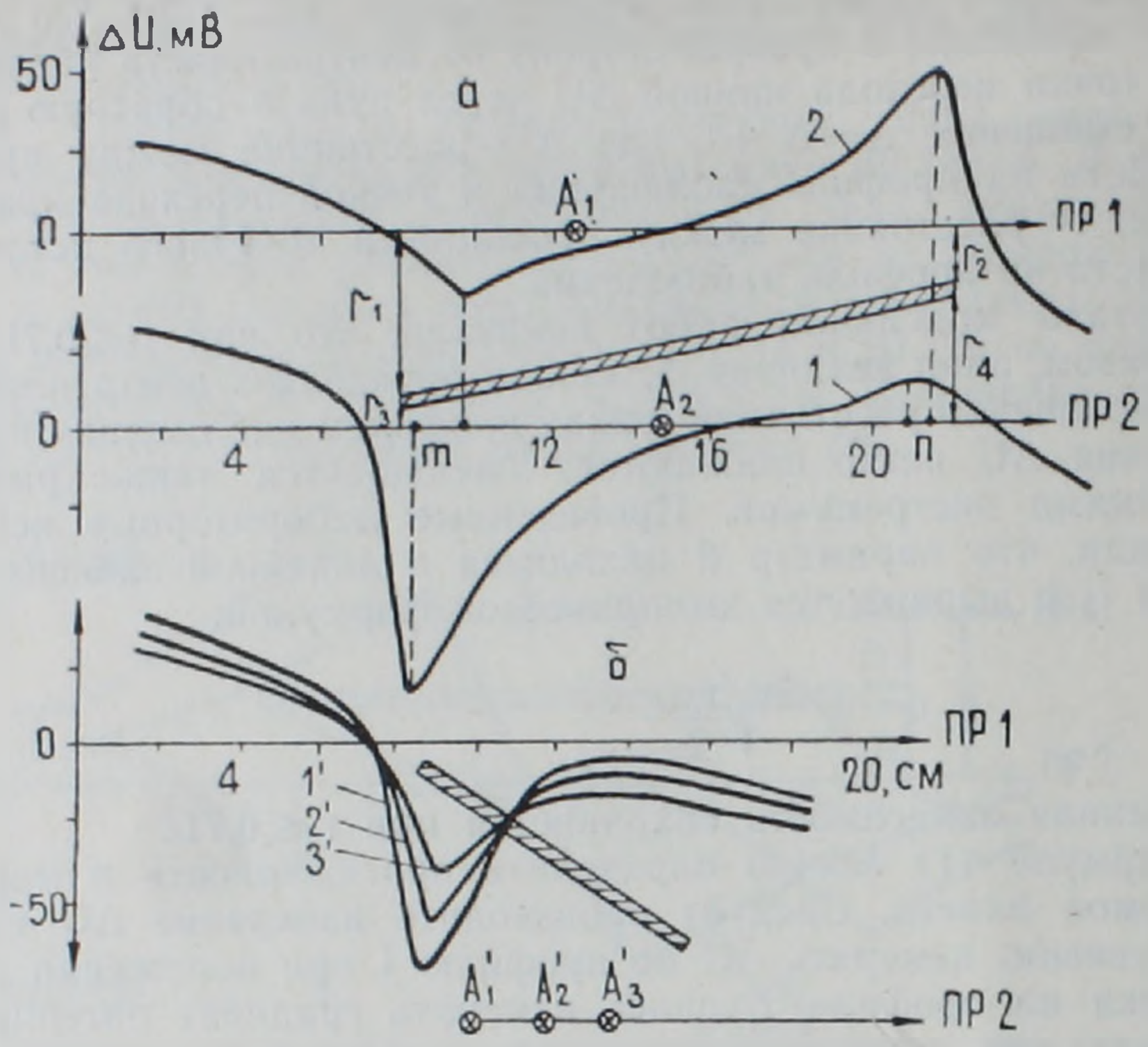

Рис. 2. Кривые градиента потенциала при ориентировке профиля наблюдения под углом с плохопроводящим пластом. а—кривые ΔU при $\alpha=10°$, б—кривые ΔU при $\alpha=35°$. 1, 2—кривые ΔU при расположении точечного источника на точках A_1 и A_2 соответственно. 1'—3'—кривые ΔU при расположении точечного источника на точках A'_1—A'_3 соответственно, Усл. обозначения как на рис. 1.

Соответственно, величина проекции пласта, протяженность и угол между высокоомным пластом и профилем наблюдений определяются по формулам:

$$L'=d_1+\frac{H+\sqrt{2}(m-n)}{2\sqrt{2}}=d_2+\frac{H-\sqrt{2}(m-n)}{2\sqrt{2}},$$

$$\alpha=\operatorname{arctg}\frac{r_1-r_2}{L'}=\operatorname{arctg}\frac{\sqrt{2}(m+n)}{L'},\quad L=\frac{\sqrt{2}(m+n)}{\sin\alpha}.$$

Наблюдения проводились также при значениях α от 5 до 60° через каждые 5°. Многократные опыты показали, что положение точки экстремума не зависит от угла между пластом и профилем наблюдений. Оно определяется расстоянием профиля наблюдений от кромки пласта, однако вышепредставленные закономерности остаются справедливыми при $\alpha=5—30°$. При $\alpha>30°$ кривые ΔU характеризуются только четко выделенным максимумом или минимумом, т. е. невозможно определить параметр d, следовательно, при этом определение элементов залегания вышеуказанным способом невозможно.

Максимальная дальность просвечивания плохопроводящего тела постоянным током, при которой экстремумы градиента потенциала отчетливо проявляются, составляет примерно $r_2=0{,}7L$ при $r_1=0{,}5L$.

Как показали лабораторные исследования, представленные закономерности остаются справедливыми для пласта с удельным электрическим сопротивлением, в пять и более раз превосходящим удельное сопротивление вмещающей среды.

Разработанную методику можно применять также в скважинном варианте для выявления и определения элементов залегания высокоомных тел конечных размеров по падению в межскважинном прост-

ранстве, при глубине положения точечного источника в 2—3 раза превосходящем расстояние между двумя скважинами, в которых производятся измерения [5].

Рассмотренные закономерности кривых ΔU и приемы интерпретации проверялись в полевых условиях в горных выработках Шаумянского месторождений АрмССР.

Объектом исследования была выбрана кварц-карбонатная даечная жила с удельным электрическим сопротивлением 2700—3200 *Ом·м*, залегающая среди андезито-дацитовых порфиритов со средним удельным сопротивлением 65 *Ом·м*.

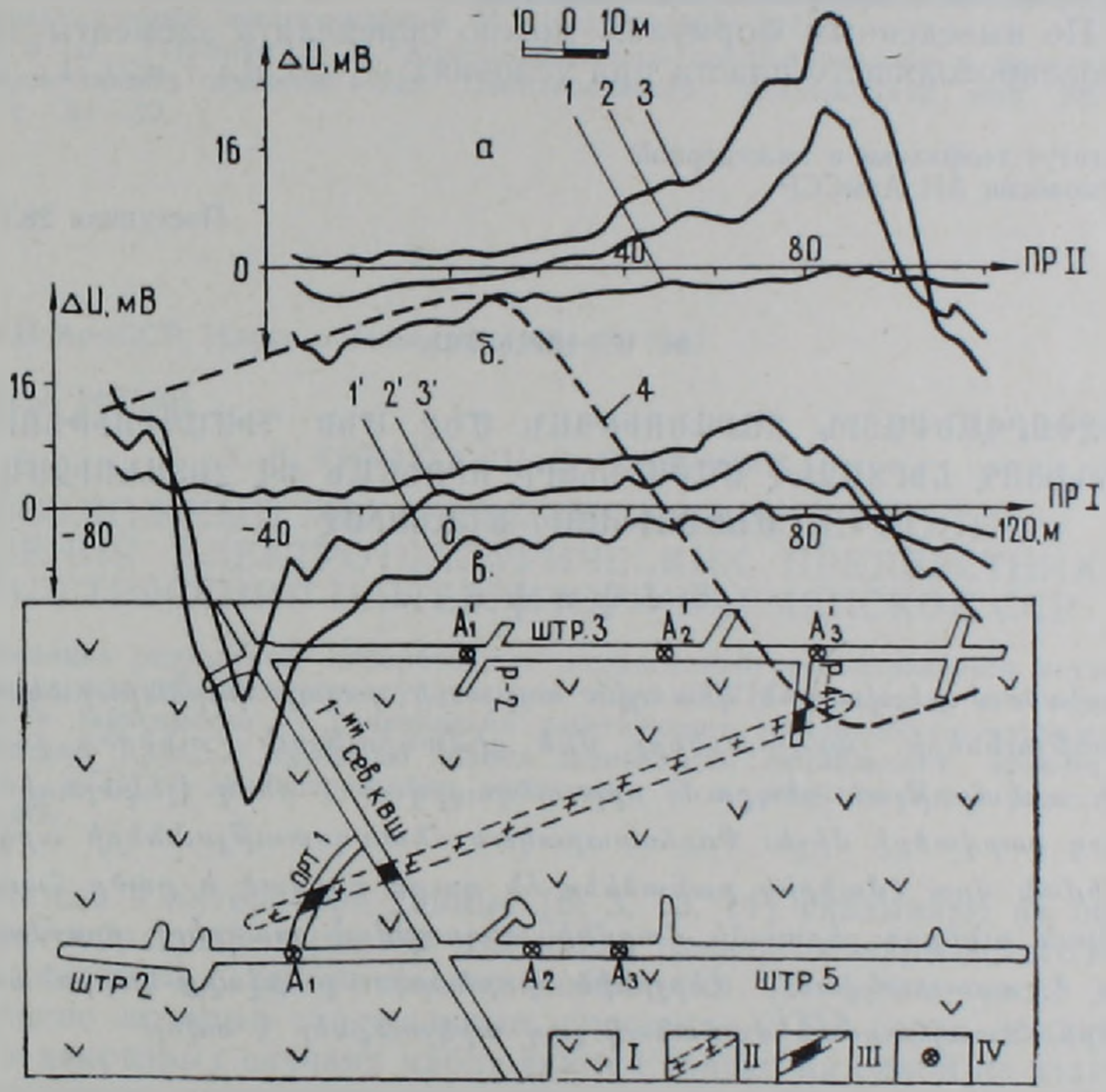

Рис. 3 Кривые градиента потенциала (а, б) и геологический план горизонта штольни № 1 (в) Шаумянского месторождения. 1—3—кривые ΔU, полученные в западном штреке 3 при расположении точечного источника на точках A_1, A_2 и A_3 в штреках 2 и 5. 1'—3'—кривые ΔU, полученные в штреках 2 и 5 при расположении точечного источника на точках A'_1—A'_3 в штреке 3. 4—расчетная кривая ΔU нормального поля при расположении точечного источника на точке A'_2. I—андезито-дацитовые порфириты, II—кварц-карбонатная дайка, III—вскрытая кварц-карбонатная дайка, IV—точечный источник.

На рис. 3 приведены кривые ΔU (графики 1—3), полученные в штреке 3 (пр. 2), при расположении точечного источника в штреках 2 и 5 на точках A_1, A_2 и A_3. Измерялось также ΔU в штреках 2 и 5 (пр. 1, кривые 1′—3′) при положении точечного источника в штреке 3 на точках A_1, A_2 и A_3. Штреки параллельны друг другу, расстояние между ними (H) составляет 67 *м*. Как видно из рисунка, кривые 1'—3' при всех положениях источника характеризуются четко выделенным максимумом на пикете 70 и минимумом на пикете 44, т. е. положения точки экстремумов не зависят от расположения точечного источника.

Исходя из полученных характерных точек кривых и результатов расчета установлено: протяженность пласта составляет 144 *м*, угол между ним и профилем наблюдений—20°. Полученные результаты подтверждаются данными геологической разведки.

Простота способа и возможность использования любой электроразведочной и каротажной аппаратуры при проведении работ позволяют рекомендовать его для поисков и разведки плохопроводящих рудных тел в межвыработочном (межскважинном) пространстве.

На основании проведенных лабораторных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Положение экстремумов кривой ΔU не зависит от положения точечного источника по отношению к пласту. Оно определяется расстоянием профиля наблюдений от кромки пласта.

2. Параметр d находится в линейной зависимости от расстояния между пластом и профилем наблюдения.

3. По выведенным формулам можно определить элементы залегания плохопроводящего пласта при условиях: $r_1 \leqslant 0{,}5L$; $r_2 \leqslant 0{,}7L$; $\alpha \leqslant 30^\circ$

Институт геофизики и инженерной
сейсмологии АН АрмССР

Поступила 28.IV.1986.

Ե. Մ. ԼՈՒԼԵՉՅԱՆ

ՄԻՋՓՈՐՎԱԾՔԱՅԻՆ ՏԱՐԱԾՈՒԹՅԱՆ ՄԵՋ ՄԵԾ ԴԻՄԱԴՐՈՒԹՅՈՒՆ ՈՒՆԵՑՈՂ ՇԵՐՏԱՁԵՎ ՄԱՐՄԻՆՆԵՐԻ ՈՐՈՆՄԱՆ ԵՎ ՀԵՏԱԽՈՒԶՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻԿԱՅԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Հոդվածում բերված են կետային աղբյուրի դաշտի փորձարարական հետազոտությունների արդյունքները մեծ դիմադրություն ունեցող շերտաձև մարմնի առկայության դեպքում, որը տեղադրված է անոդ էլեկտրոդի և դիտարկվող կտրվածքի միջև։ Փորձարարական հետազոտությունների արդյունքների հիման վրա էմպիրիկ բանաձևեր են դուրս բերված և դածր հաղորդականություն ունեցող շերտաձև մարմնի տեղադրման տարրերի որոշման մեթոդիկա է առաջարկված։ Վերջինիս փորձարկումը քվարց-կարբոնատային երակների հետախուզման ժամանակ լավ արդյունքներ է տվել։

E. M. LULECHIAN

DEVELOPMENT OF THE SEARCHING AND PROSPECTING FOR HIGH-OHM BEDIFORM BODIES IN THE WORKINGS INTERSPACE

A b s t r a c t

The results of experimental investigations of a point source field in the presence of a high-ohm bediform body situated between the feeding electrode and investigation profile are represented. According to the results of laboratory investigations empiric formulas are deduced and methods for determination of the low-conducting bediform body positions are suggested. Testing of the suggested methods during prospecting quartz-carbonate veins has shown good results.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гуревич Ю. М.* Корреляция пластов высокоомных горных пород в разрезах скважин.—Геофизическая разведка. Вып. 15, М.: Недра, 1964, с. 144—152.
2. *Козырин А. К.* Электрическая корреляция разрезов скважин. М.: Недра, 1985. 132 с.
3. *Меньшиков В. А., Шибанов В. И.* Корреляция пластов высокого электрического сопротивления.—В кн.: Подземная геофизика при поисках и разведке минерального сырья. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1983, с. 95—102.
4. *Попов В. В.* Определение мощности крутопадающих пластов высокого сопротивления по одноэлектродному методу.— Разведочная геофизика. Вып. 8. М: Недра, 1968, с. 140—146.
5. *Саковцев Г. П., Редозубов А. А.* Методы скважинной электроразведки при поисках и разведке рудных месторождений. М.: Недра, 1968. 127 с.
6. *Терехов Б. И., Терехова Р. В.* Комбинированное профилирование в присутствии плохопроводящих объектов.—Зап. Ленинградского университета, вып. 28, Л.: 1980, с. 21—30.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, 43—48, 1987

УДК 550.343.6 (479.25)

Х. В. КИРАКОСЯН, В. Б. ГАМОЯН

ВОЗМОЖНЫЙ МЕХАНИЗМ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ АРМЯНСКОЙ ССР

На основании результатов лабораторных исследований рассматривается механизм аномальных изменений электротеллурического поля (ЭТП) вследствие его перераспределения, в зависимости от направления действующих тектонических напряжений. Для территории АрмССР проведен анализ зависимости аномального времени ΔT предвестника ЭТП от эпицентрального расстояния R и энергетической классности землетрясения.

Известные в литературе данные [6, 3, 13, 14] указывают на обратимый бухтообразный характер изменения электротеллурического поля (ЭТП), связанный с сейсмическими событиями. Известны также данные, согласно которым аномальные изменения ЭТП перед землетрясениями в некоторых случаях наблюдаются только на одной из взаимоперпендикулярно расположенных приемных установок [5, 12, 13].

В отношении прогноза места, времени и силы землетрясений большой интерес вызывает изучение аномального времени предвестников землетрясений ΔT в зависимости от эпицентрального расстояния и энергетического класса $K=\lg E$ (E—энергия землетрясения в *Дж*). По всей вероятности, конкретный район, исходя их характерного геолого-тектонического строения и сейсмичности, вносит поправку в пространственно-временную зависимость проявления аномалий, связанную с сейсмическим событием.

В настоящей статье сделана попытка на основании данных режимных наблюдений и лабораторно-экспериментальных исследований рассматривать возможный механизм и некоторые особенности проявления предвестников ЭТП, а также, используя данные, полученные по территории АрмССР, найти связь между изменением параметров ΔT, K, средней амплитудой аномального изменения напряжения ЭТП ($\Delta U_{ср}$) и эпицентральным расстоянием (R).

Особенности проявления аномалий ЭТП

Известно, что возникновение предвестников землетрясений ЭТП объясняется изменением напряженного состояния в сейсмоактивной зоне: развитие процесса трещинообразования сопровождается механо-

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гуревич Ю. М.* Корреляция пластов высокоомных горных пород в разрезах скважин.—Геофизическая разведка. Вып. 15, М.: Недра, 1964, с. 144—152.
2. *Козырин А. К.* Электрическая корреляция разрезов скважин. М.: Недра, 1985. 132 с.
3. *Меньшиков В. А., Шибанов В. И.* Корреляция пластов высокого электрического сопротивления.—В кн.: Подземная геофизика при поисках и разведке минерального сырья. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1983, с. 95—102.
4. *Попов В. В.* Определение мощности крутопадающих пластов высокого сопротивления по одноэлектродному методу.— Разведочная геофизика. Вып. 8. М: Недра, 1968, с. 140—146.
5. *Саковцев Г. П., Редозубов А. А.* Методы скважинной электроразведки при поисках и разведке рудных месторождений. М.: Недра, 1968. 127 с.
6. *Терехов Б. И., Терехова Р. В.* Комбинированное профилирование в присутствии плохопроводящих объектов.—Зап. Ленинградского университета, вып. 28, Л.: 1980, с. 21—30.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, 43—48, 1987

УДК 550.343.6 (479.25)

Х. В. КИРАКОСЯН, В. Б. ГАМОЯН

ВОЗМОЖНЫЙ МЕХАНИЗМ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ АРМЯНСКОЙ ССР

На основании результатов лабораторных исследований рассматривается механизм аномальных изменений электротеллурического поля (ЭТП) вследствие его перераспределения, в зависимости от направления действующих тектонических напряжений. Для территории АрмССР проведен анализ зависимости аномального времени ΔT предвестника ЭТП от эпицентрального расстояния R и энергетической классности землетрясения.

Известные в литературе данные [6, 3, 13, 14] указывают на обратимый бухтообразный характер изменения электротеллурического поля (ЭТП), связанный с сейсмическими событиями. Известны также данные, согласно которым аномальные изменения ЭТП перед землетрясениями в некоторых случаях наблюдаются только на одной из взаимоперпендикулярно расположенных приемных установок [5, 12, 13].

В отношении прогноза места, времени и силы землетрясений большой интерес вызывает изучение аномального времени предвестников землетрясений ΔT в зависимости от эпицентрального расстояния и энергетического класса $K=\lg E$ (E—энергия землетрясения в *Дж*). По всей вероятности, конкретный район, исходя их характерного геолого-тектонического строения и сейсмичности, вносит поправку в пространственно-временную зависимость проявления аномалий, связанную с сейсмическим событием.

В настоящей статье сделана попытка на основании данных режимных наблюдений и лабораторно-экспериментальных исследований рассматривать возможный механизм и некоторые особенности проявления предвестников ЭТП, а также, используя данные, полученные по территории АрмССР, найти связь между изменением параметров ΔT, K, средней амплитудой аномального изменения напряжения ЭТП ($\Delta U_{ср}$) и эпицентральным расстоянием (R).

Особенности проявления аномалий ЭТП

Известно, что возникновение предвестников землетрясений ЭТП объясняется изменением напряженного состояния в сейсмоактивной зоне: развитие процесса трещинообразования сопровождается механо-

электрическими преобразованиями, электрокинетическими явлениями, пьезо-, сейсмо- и трибоэлектрическими эффектами и т. п. [1, 3, 8, 11]. Помимо этих явлений в сейсмоактивных районах можно ожидать искажение ЭТП, за счет изменения тензора электропроводности горных пород, что эквивалентно проявлению фиктивного электрического источника в земной коре [3]. Исходя из этого, одним из возможных механизмов изменения напряженности ЭТП перед сейсмическим событием можно считать изменение анизотропии среды под влиянием тектонических напряжений. При таком предположении изменение поля, составляющие которого регистрируются на взаимоперпендикулярных приемных установках, в основном может быть обусловлено изменением направления полного вектора ЭТП [6] в зависимости от направления действующих тектонических напряжений.

С целью подтверждения вышесказанного на образцах пород (туф, базальт), насыщенных дистиллированной водой, проведены лабораторно-экспериментальные исследования. Основной задачей эксперимента было изучение изменения электрического поля во взаимоперпендикулярных направлениях при одноосном сжатии.

Применяемая установка состоит из ручного пресса, прессных подушек из непроводящего материала, электродной установки из оргстекла с камерами, которые заполняются раствором медного купороса и снизу закрываются войлоком, что и дает возможность избавиться от контактных потенциалов (рис. 1). Сверху камеры закрываются с помощью специальных винтиков из меди, которые осуществляют контакт с образцом через раствор медного купороса и войлок. Применяемая электродная установка позволяет избавиться как от контактных, так и электрохимических потенциалов.

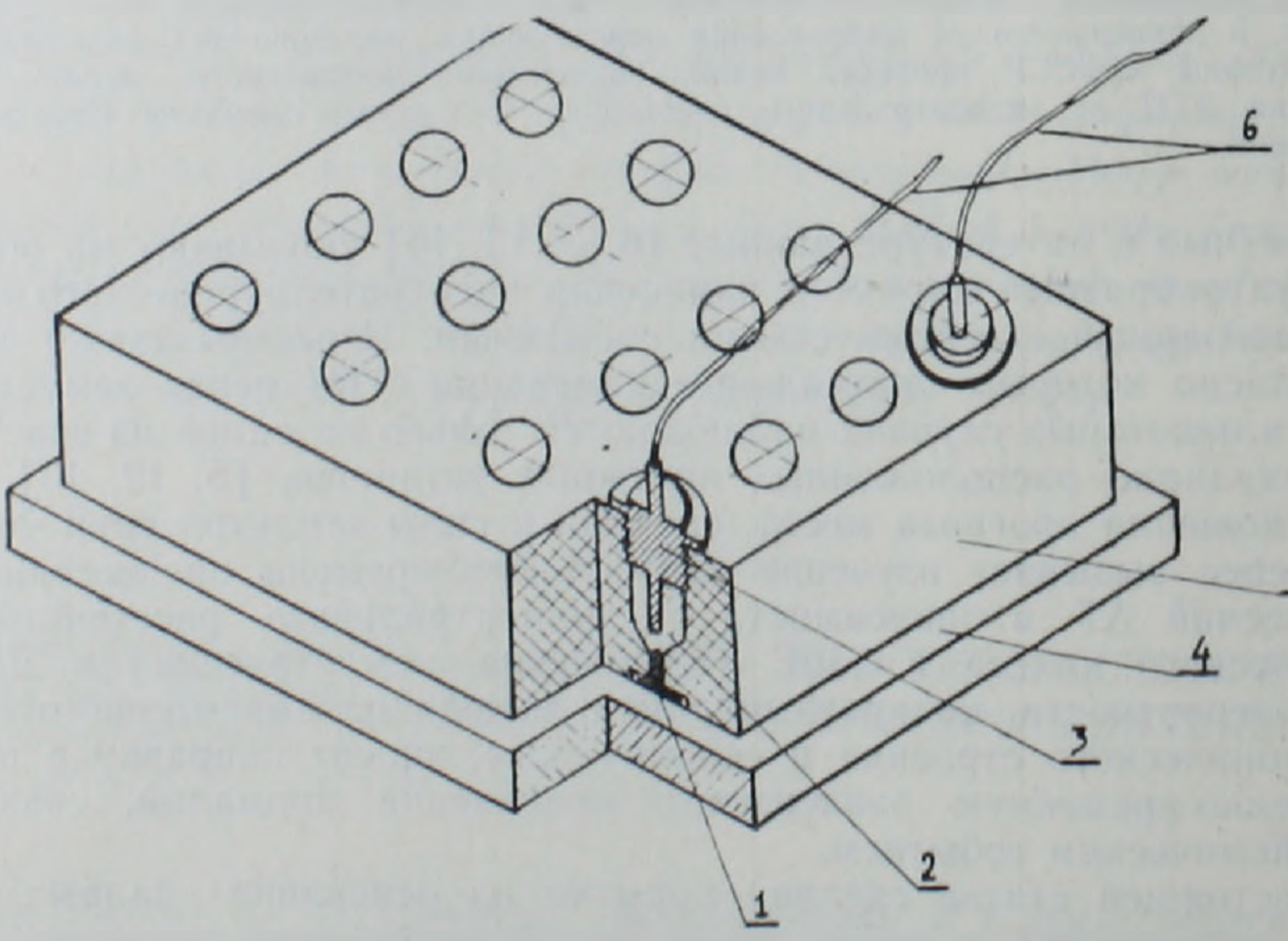

Рис. 1. Электродная установка для измерения электрического поля на образце. 1—войлок, осуществляющий контакт с образцом; 2—раствор медного купороса с желатином; 3—медные винтики; 4—образец; 5—корпус электродной установки (оргстекло); 6—соединительные провода.

Образец размером 12×8×2,5 *см*, заранее насыщенный дистиллированной водой, закрепляется к электродной установке специальными жгутами и производится одноосное сжатие с помощью ручного пресса. Разность потенциалов на взаимоперпендикулярно расположенных электродах одновременно записывается на самопищущих милливольтметрах типа Н—339, в диапазоне чувствительности 0,05 *мВ/мм*. На

приемной установке, параллельной оси сжатия, наблюдается скачкообразное изменение напряженности электрического поля в среднем на 0,65—0,7 *мВ/см* для туфов и 0,25—0,3 *мВ/см* для базальтов, при сжатии образца до появления макротрещин. На перпендикулярной к оси сжатия установке изменения напряженности Е пренебрежительно малы. После снятия нагрузки, напряженность электрического поля также скачкообразно возвращается на фоновый уровень. В некоторых случаях, особенно у туфов, наблюдаются небольшие остаточные явления при появлении макротрещин.

Проведенные лабораторные исследования показывают, что перераспределение электрического поля вследствие действующих напряжений зависит от направления сил сжатия. Исходя из этого, можно предполагать, что амплитуда аномальных вариаций на взаимоперпендикулярных приемных установках находится в зависимости от направления действующих сил. Видимо, этим и объясняются известные в литературе [13, 14] и полученные нами в пункте наблюдения «Гюлагарак» аномальные изменения ЭТП, в связи с землетрясением 17 января 1982 года с К=11 [5], когда аномальные изменения наблюдались только на одной из взаимоперпендикулярно расположенных приемных установках.

Исходя из результатов лабораторных исследований, можно предполагать, что в таких случаях действующие тектонические напряжения могут быть направлены параллельно к одной приемной установке и перпендикулярно к другой. Амплитуда аномальных изменений на взаимоперпендикулярных приемных установках, в теоретическом случае (если среду считать однородной) будет распределена равномерно, при направлении тектонических напряжений под углом 45° по отношению приемных установок.

Особенности проявления аномалий ЭТП

Для проведения анализа зависимости аномального времени предвестника ΔТ и амплитуды аномального изменения напряжения ЭТП от параметров землетрясений использованы данные по аномальному изменению ЭТП, полученные нами по территории АрмССР.

На рис. 2 представлена зависимость функции $\lg\Delta TR$ от энергетического класса землетрясений, аппроксимированная прямой методом наименьших квадратов [2]. Как видно из рисунка, с увеличением энергетической классности $\lg\Delta TR$ увеличивается по формуле:

$$\lg\Delta TR = 0{,}116K + 1{,}32.$$

Коэффициент корреляции прямой с реальными значениями составляет $r = 0{,}71$, дисперсия точек $S_0^2 = 0{,}035$.

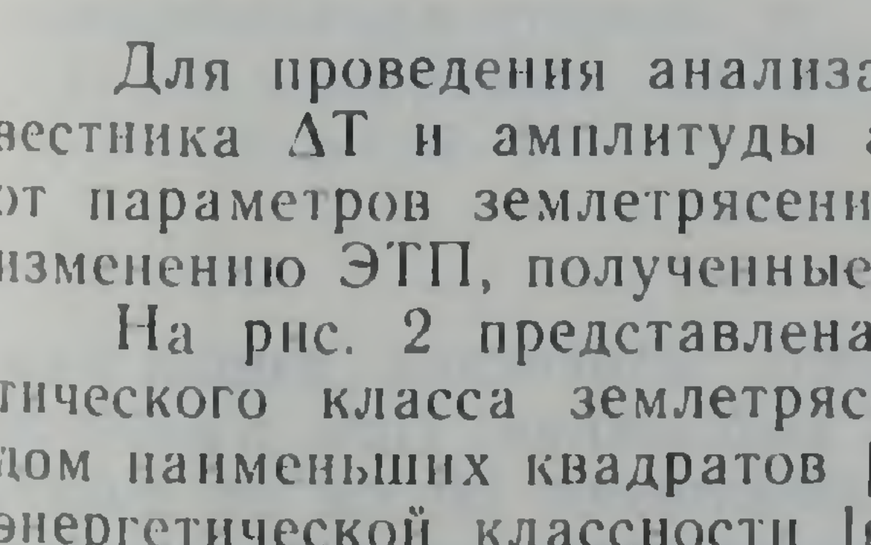

Рис 2. График зависимости функции $\lg\Delta TR$ от энергетического класса землетрясений.

Из полученной пространственно-временной зависимости предвестников ЭТП от энергии землетрясения К следует, что для конкретной К, $\lg\Delta TR = \text{const}$. Следовательно, для землетрясений с конкретным энергетическим классом можно находить зависимость ΔТ от эпицентрального расстояния (рис. 3). Исходя из этой зависимости, по имеющимся в настоящее время данным для территории АрмССР, можно

оценить как зону проявления предвестников ЭТП, так и соответственно время проявления аномальных изменений. Однако, особенно для такого сложного в геологическом отношении региона как АрмССР в дальнейшем следует учитывать возможность несимметричности пространственно-временного распределения предвестников относительно эпицентра готовящегося землетрясения ,и другие факторы отклонения от полученных зависимостей.

Полученные результаты показывают, что (рис. 3, 4) при увеличении эпицентрального расстояния длительность и амплитуда аномального сигнала уменьшаются.

Наглядным примером сказанного является график зависимости амплитуды аномального сигнала от эпицентрального расстояния соответствующего землетрясения (рис. 4). Для землетрясений с $K>10$

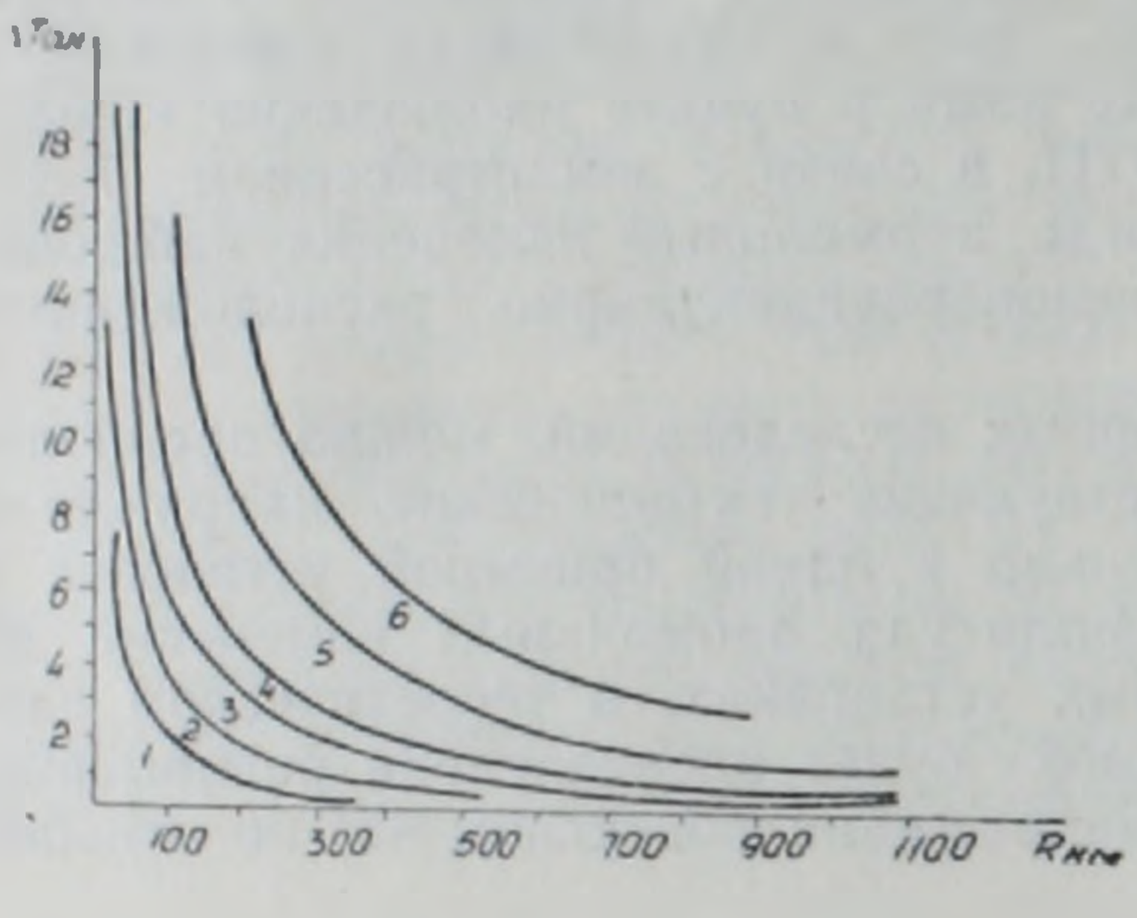

Рис. 3. График зависимости аномального времени ΔT от эпицентрального расстояния: 1—для землетрясений с энергетическим классом $K=9$, 2—$K=10$, 3—$K=11$, 4—$K=12$, 5—$K=13$, 6—$K=14$.

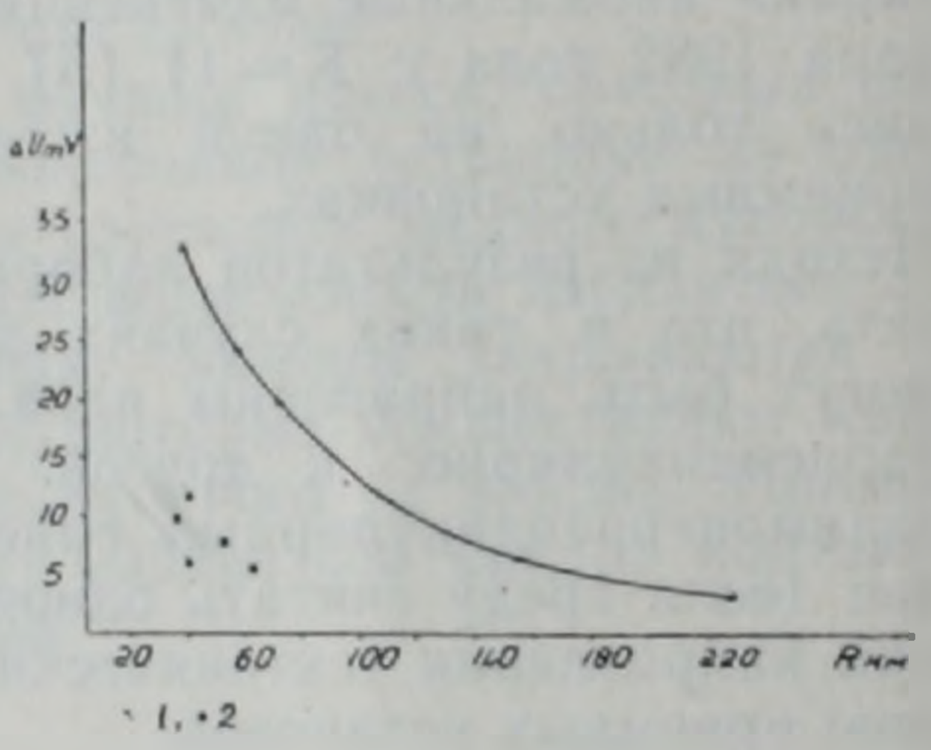

Рис 4. График зависимости амплитуды аномального сигнала от эпицентрального расстояния: 1—для землетрясений $K>10$, $2—9\leqslant K\leqslant 10$.

наблюдается экспоненциальная зависимость изменения амплитуды аномального сигнала от эпицентрального расстояния. При $K=9\div 10$, эпицентральные расстояния которых не превышают 50 *км* от пункта наблюдений, четкого закономерного распределения не наблюдается. Видимо, это объясняется тем; что приведенные на графике землетрясения (рис. 4) с $K\leqslant 10$ имеют приблизительно одинаковые эпицентральные расстояния ($40\div 55$ *км*) и энергию ($K=9\div 9{,}5$).

Полученные результаты для землетрясений с $K>10$ показывают, что с увеличением расстояния полезный сигнал уменьшается и его возникновение существенно искажается флуктуациями фона ЭТП, обусловленными геомагнитными вариациями, индустриальными помехами и т. п.

Поскольку ΔT зависит от эпицентрального расстояния, можно пользоваться уже введенным [4] понятием скорости распространения предсейсмического возмущения геофизического поля, которое в отличие от принятого в работе [4] этого же понятия определяется отношением эпицентрального расстояния к аномальному времени ΔT, зарегистрированного в пункте наблюдения, а не к ΔT_0 [4], что представляет собой отрезок времени от момента регистрации предвестника в эпицентре до момента землетрясения. Такое изменение понятия скорости распространения предсейсмического возмущения геофизического поля вызвано тем, что инструментальное определение ΔT_0 почти невозможно, а его теоретическое определение, видимо, имеет субъективный характер и определенную неточность. По предвестникам ЭТП для АрмССР и сопредельных районов она составляет 22 *км/сутки*. Ин-

тересно отметить, что, по мировым данным [4], скорость распространения предвестников ЭТП составляет в среднем 30 *км/сутки*. Некоторое несоответствие в значениях скорости распространения предвестников ЭТП может быть обусловлено как некоторым изменением этого понятия в нашем случае, так и геологическими и геоэлектрическими особенностями в различных регионах.

Представленные результаты в дальнейшем, с накоплением статистики, подлежат уточнению и дополнению, а пока на основании имеющихся данных можно сделать приведенные ниже первые приближенные оценки пространственно-временных закономерностей распределения предвестников ЭТП для территории АрмССР.

1. Перераспределение электрического поля в образце при одноосном сжатии является обратимым процессом с небольшими остаточными явлениями, в случае сжатия образца до появления макротрещин.

2. Аномальное изменение ЭТП перед сейсмическими событиями, наряду с другими причинами, видимо, может происходить вследствие изменения анизотропии среды под влиянием тектонических напряжений.

3. Амплитуда изменений электрического поля на взаимоперпендикулярных установках как на образце, так и в естественных условиях, находится в зависимости от направления действующих напряжений по отношению к их ориентации.

4. Как аномальное время ΔT, так и амплитуда ΔU аномальных изменений предвестников ЭТП находятся в экспоненциальной зависимости от эпицентрального расстояния R землетрясений.

5. При сопоставлении полученных для территории АрмССР пространственно-временных закономерностей предвестников ЭТП с аналогичными результатами для отдельных регионов [12, 13, 14] и по мировым данным [4, 7, 9] выявляются различия, что, видимо, обусловлено геологическим строением.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии
АН Армянской ССР

Поступила 11.IX.1986

Խ. Վ. ԿԻՐԱԿՈՍՅԱՆ, Վ. Բ. ԳԱՄՈՅԱՆ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԲՆԱՏԱՐԱԾՔՈՒՄ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԵՐԻ ԷԼԵԿՏՐԱԹԵԼՈՒՐԱԿԱՆ ՆԱԽԱՆՇԱՆՆԵՐԻ ԱՐՏԱՀԱՅՏՄԱՆ ՕՐԻՆԱՉԱՓՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԵՎ ՀՆԱՐԱՎՈՐ ՄԵԽԱՆԻԶՄԸ

Ամփոփում

Փորձարարական հետազոտությունների արդյունքների հիման վրա բննարկվում է էլեկտրաթելուրիկ դաշտի (ԷԹԴ) վերաբաշխման հետևանքով առաջացած անոմալ փոփոխությունների մեխանիզմը՝ կախված ազդող տեկտոնական լարվածություններից։ Հայկական ՍՍՀ բնատարածքի համար վերլուծված է ԷԹԴ-ի նախագուշակի անոմալ ΔT ժամանակի կախվածությունը էպիկենտրոնային R հեռավորությունից և երկրաշարժերի էներգետիկ դասից։

Kh. V. KIRAKOSIAN, V. B. GAMOYAN

A POSSIBLE MECHANISM AND DISPLAYING REGULARITIES OF THE EARTHQUAKES ELECTRIC-TELLURIC PRECURSORS ON THE ARMENIAN SSR TERRITORY

A b s t r a c t

On the basis of laboratory investigations results the mechanism of electric-telluric field (ETF) anomalous changes is considered due to its redistribution depending on the direction of acting tectonic stresses. For the Armenian SSR territory dependence of the ETF precursor anomalous time ΔT on the epicentral distance R and the earthquake magnitude is revealed.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Барсуков О. М.* Электропроводность низкопористых горных пород и трещинообразование.—Изв. АН СССР, Физика Земли, № 4, 1983.
2. *Зайдель А. Н.* Ошибки измерений физических величин. Л.: Наука, 1974.
3. *Зубков С. И., Мигунов Н. И.* О времени возникновения электромагнитных предвестников землетрясений.—Геомагнетизм и аэрономия. Том XV, 1975, № 6.
4. *Зубков С. И.* О зависимости времени возникновения и радиуса зоны проявления электротеллурического предвестника от энергии землетрясения.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1983, № 4.
5. *Киракосян Х. В., Саргсян Г. В.* Изменение геофизических параметров в связи с сейсмической активизацией Джавахетского нагорья.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1985, № 1.
6. *Киракосян Х. В.* Изменение параметров электротеллурического поля при сейсмических событиях.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1985. № 6.
7. *Мячкин В. И., Зубков С. И.* Сводный график предвестников землетрясений.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1973, № 6.
8. *Пономарев А. В., Соболев Г. А.* Изменение естественного электрического поля в условиях Кавказа и сопоставление его изменений с местными землетрясениями.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1981, № 9
9. *Сидорин А. Я.* Зависимость времени проявления предвестников землетрясений от эпицентрального расстояния.—Докл. АН СССР, 1979, т. 245, № 4.
10. *Соболев Г. А., Славина Л. Б.* Быстрые изменения электрических и сейсмических свойств среды в сейсмоактивном районе.—Докл. АН СССР, 1974, том 215, № 5.
11. *Соболев Г. А., Семерчан А. А., Салов Б. Г. и др.* Предвестники разрушения большого образца горной породы.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1982, № 8.
12. *Янагихара К., Иосимацу Т.* Локальные изменения теллурических токов в Какиоке перед землетрясениями.—В кн.: Предсказание землетрясений. М.: Мир, 1968.
13. *Varotsos P. and Alexopoulos K.* Physical Properties of the Variations of the Earth Preceding Eartquaks. Tectonophysics, 110: 72—98.
14. *Varotsos P., Alexopoulos K. and Nomicos K.* Electric Signals preceding Earthquakes. 4th. Int. Conf. on Basement Tectonics. Oslo, August 1981.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 3, 49—56, 1987

УДК 550.348.436.098 (479.25)

В. С. ГАСПАРЯН, С. Н. НАЗАРЕТЯН

НЕКОТОРЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ТЕРРИТОРИИ АРМЯНСКОЙ ССР И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РАЙОНОВ

Определены размеры, объем очагов 52 исторических землетрясений с $M \geqslant 5$, а также энергия и время их подготовки, площадь главного разрыва. Опираясь на полученные данные, приблизительно определяются ширина зон дробления и глубина тех разломов, к которым они приурочены. Составлена схема основных очаговых зон территории республики и сопредельных районов.

При решении задач сейсмотектоники территории Армянской ССР очаги землетрясений принимались как «точечные», хотя давно известно, что очаг имеет определенный объем и необходимо пространственно сопоставить геологические и сейсмологические объекты. По этой причине невозможно было решить ряд важных вопросов сейсмотектоники и прогноза землетрясений или они решались с большими ошибками.

Цель настоящей работы—определение размеров и объема очага, величины площади основного разрыва, энергии и времени подготовки 52 относительно точно определенных исторических землетрясений с $M \geqslant 5$ [7] и их сейсмической энергии. Для этого использованы известные соотношения между параметрами и магнитудой землетрясений. Эти соотношения приближенные и, вводя в качестве аргумента магнитуду и выражая все характеристики в зависимости от нее, получим возможность сравнить разные землетрясения между собой. На основе полученных параметров изучены некоторые особенности разломной тектоники республики.

Понятие «очаг землетрясения» в научной литературе трактуется весьма разнообразно. В данной работе под термином «очаг землетрясения» подразумевается формулировка Н. В. Шебалина: «это минимальная односвязная достаточно изометрическая область, внутри которой заключены все первичные необратимые деформации, происшедшие при данном землетрясении» [12]. Очаг имеет форму, близкую к форме эллипсоида вращения [9, 12]. При таком определении размеры очага близки к максимальному размеру включений, где согласно физической модели очага, предложенной И. П. Добровольским, возникают, развиваются и распадаются неоднородности свойств в земной коре вследствие накопления напряжений [5].

При определении параметров очага нами использованы наиболее принятые эмпирические зависимости.

Размеры очага определены по формулам Ю. В. Ризниченко [9]:

$$L = 10^{0,44M-1,29} \ км$$

$$l = 10^{0,40M-1,45} \ км$$

и Н. В. Шебалина [12]:

$$L = 10^{0,7M-2,8} \ км$$

$$l = 10^{0,3M-0,8} \ км,$$

где L—большая, а l—маленькая оси эллипса.

Объем очага (V) также рассчитан по формулам вышеуказанных авторов:

$V = 10^{1,24M-4,47} \ км^3$ [9] и $V = 10^{1,3M-4,68} \ км^3$ [12].

Энергия подготовки землетрясения (ω) определена по формуле: $\omega = 10^{1,24M+8,93} \ Дж$ [5], а сейсмическая энергия землетрясений (E)—по двум формулам:

$E = 10^{1,5M+5} \ Дж$ [4]; $E = 10^{2,3+2,7M-0,1M^2} \ Дж$ [11].

Время подготовки (T) определено согласно способу, описанному в работе [2]:

$$T=10^{0,8M-0,01} \text{ лет.}$$

Площадь главного разрыва (S) рассчитана с помощью зависимости

$$\lg S=M-3,6 \text{ км}^2,$$

причем принято, что она с глубиной очага уменьшается при постоянном M [12].

Все расчеты представлены в виде таблицы (таблица 1).

Заметно, что разница между величинами параметров очага землетрясения, определенными разными зависимостями, несущественная. Так, расхождение величин энергии землетрясений меньше одного порядка, а для размеров очага составляет в среднем 15—25%. Следовательно, эти данные можно использовать для решения задач сейсмотектоники.

Размеры очагов самых сильных землетрясений с $M\sim6,8$ изучаемой территории составляют 50×20 *км*, объем 9000 $км^3$ (согласно формулам Ю. В. Ризниченко). Для подготовки таких землетрясений необходимо 15 *лет* и энергия величиной 10^{17} *Дж*, причем их сейсмическая энергия на 1—2 порядка меньше энергии подготовки. Площадь главного разрыва этих землетрясений достигает около 1600 $км^2$.

Из приведенного очевидно, что для создания больших неоднородностей (области дробления) в верхних частях земной коры достаточно несколько таких сильных землетрясений. Таким образом, в создании неоднородностей верхних частей земной коры территории Армянской ССР роль тектонических землетрясений очевидна.

Распределение очагов и их приуроченность к зонам глубинных разломов показаны на рис. 1, причем на схеме размеры очагов изображены согласно масштабу. Направление вытянутости очагов выбрано,

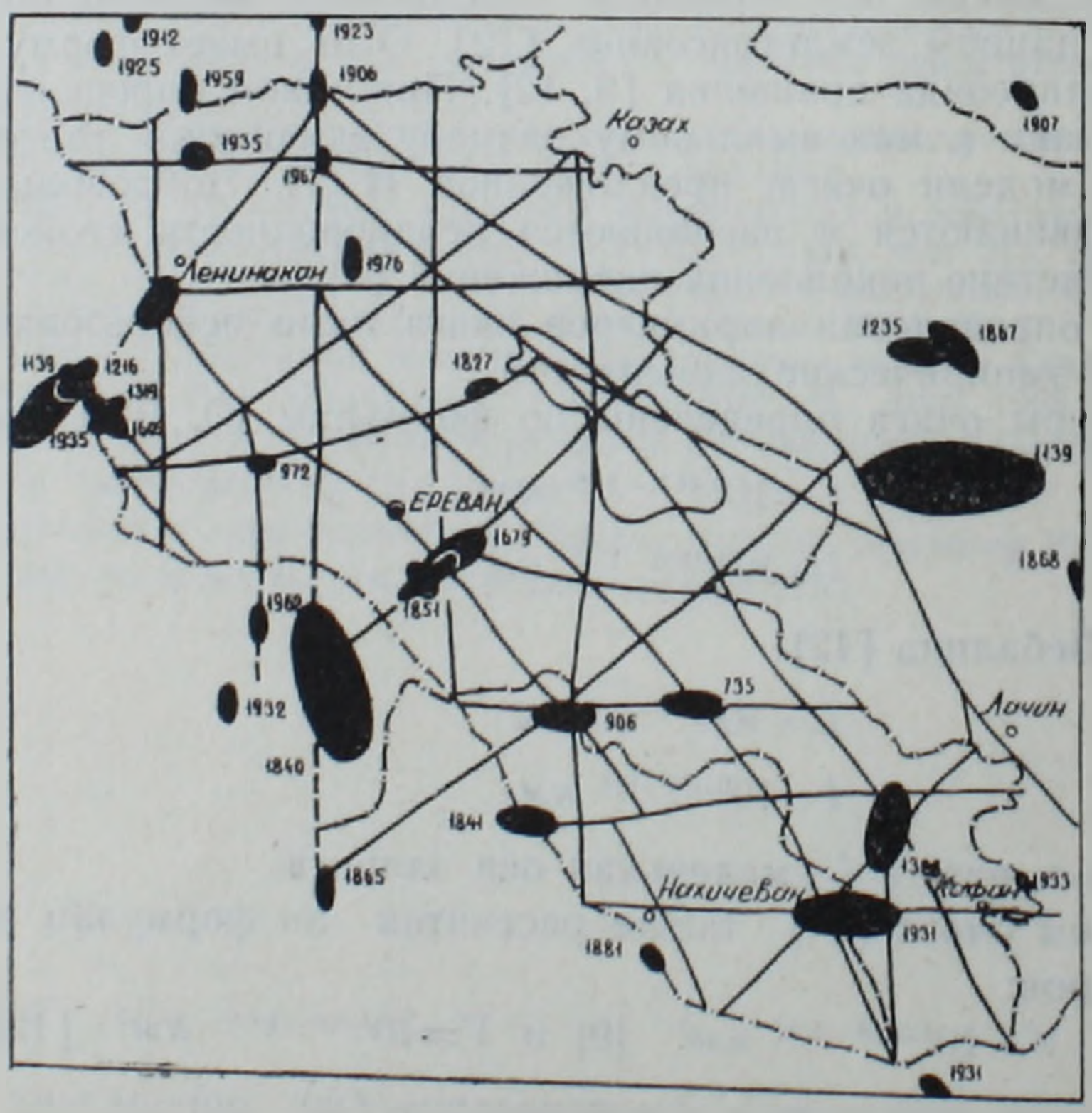

Рис. 1. Схема расположения очагов землетрясений с $M\geq5$ и глубинных разломов [6] территории Армянской ССР и сопредельных районов.

Таблица 1

Некоторые параметры очагов землетрясений

Координаты эпицентров		Время	Магнитуда	Глубина очага в *км*	Объем очага в $км^3$ по формулам:		Размеры очага в *км* по формулам:				Площадь гл. разрыва в $км^2$	Энергия подготовки землетрясения в *Дж*	Сейсмическая энергия землетрясения в *Дж* по:		Время подготовки (*лет*)
							Ризниченко		Шебалина						
φ	λ				Ризниченко	Шебалина	L	l	L	l	S		Газовскому	Тулиани	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
39,7	45,5	03·VII·735	5,8	16	527	724	18	7	18	9	116	$1{,}3 \cdot 10^{16}$	$5{,}0 \cdot 10^{13}$	$3{,}9 \cdot 10^{14}$	10
40,0	44,6	851	5,1	10	95	120	10	4	7	6	40	$2{,}4 \cdot 10^{15}$	$6{,}3 \cdot 10^{12}$	$4{,}3 \cdot 10^{13}$	8
40,0	44,6	27·III·893	5,3	5	127	152	11	5	8	6	63	$3{,}2 \cdot 10^{15}$	$8{,}9 \cdot 10^{12}$	$6{,}3 \cdot 10^{13}$	8
39,7	45,1	IV·906	5,7	15	396	537	17	7	16	8	94	$9{,}95 \cdot 10^{15}$	$3{,}5 \cdot 10^{13}$	$2{,}8 \cdot 10^{14}$	10
40,3	44,1	972	5,0	8	54	66	8	4	5	5	22	$1{,}3 \cdot 10^{15}$	$1{,}99 \cdot 10^{12}$	$1{,}99 \cdot 10^{13}$	7
40,5	43,5	1046	5,5	15	224	295	14	6	11	7	58	$5{,}6 \cdot 10^{15}$	$1{,}8 \cdot 10^{13}$	$1{,}3 \cdot 10^{14}$	9
41,4	43,2	22·IV·1088	5,3	10	127	162	11	5	8	6	50	$3{,}2 \cdot 10^{15}$	$8{,}9 \cdot 10^{12}$	$6{,}3 \cdot 10^{13}$	8
40,5	43,5	1132	5,3	15	127	162	11	5	8	6	37	$3{,}2 \cdot 10^{15}$	$8{,}9 \cdot 10^{12}$	$6{,}3 \cdot 10^{13}$	8
40,3	46,3	1139	6,8	15	9162	14454	50	19	91	17	1585	$2{,}3 \cdot 10^{17}$	$1{,}6 \cdot 10^{15}$	$1{,}1 \cdot 10^{16}$	15
40,6	46,2	1235	5,7	10	396	537	17	7	16	8	126	$9{,}95 \cdot 10^{15}$	$3{,}5 \cdot 10^{13}$	$2{,}8 \cdot 10^{14}$	10
39,4	46,2	1308	6,1	15	1242	1778	25	10	30	11	234	$3{,}1 \cdot 10^{16}$	$1{,}4 \cdot 10^{14}$	$1{,}1 \cdot 10^{15}$	11
40,4	43,6	1319	5,4	16	168	219	12	5	10	7	47	$4{,}2 \cdot 10^{15}$	$1{,}2 \cdot 10^{13}$	$9{,}2 \cdot 10^{13}$	9
40,4	43,6	1605	5,6	20	298	392	15	6	13	8	74	$7{,}5 \cdot 10^{15}$	$2{,}5 \cdot 10^{13}$	$1{,}9 \cdot 10^{14}$	9
40,1	44,7	04·VI·1679	5,9	15	702	977	20	8	21	9	200	$1{,}8 \cdot 10^{16}$	$7{,}1 \cdot 10^{13}$	$5{,}6 \cdot 10^{14}$	11
40,5	44,8	08·X·1827	5,0	9	54	66	8	4	5	5	22	$1{,}3 \cdot 10^{15}$	$3{,}2 \cdot 10^{12}$	$1{,}99 \cdot 10^{13}$	7
39,7	44,4	02·VII·1840	6,7	18	6887	10715	46	17	78	16	1259	$1{,}7 \cdot 10^{17}$	$1{,}1 \cdot 10^{15}$	$7{,}9 \cdot 10^{15}$	15
39,7	44,4	26·VII·1840	5,0	4	54	66	8	4	5	5	22	$1{,}3 \cdot 10^{15}$	$3{,}2 \cdot 10^{12}$	$1{,}99 \cdot 10^{13}$	7
39,4	45,0	17·V·1841	5,7	15	396	537	17	7	16	8	94	$9{,}95 \cdot 10^{15}$	$3{,}5 \cdot 10^{13}$	$2{,}8 \cdot 10^{14}$	10
40,6	46,3	23·VII·1863	5,8	15	527	724	18	7	18	9	116	$1{,}3 \cdot 10^{16}$	$5{,}10 \cdot 10^{13}$	$3{,}9 \cdot 10^{14}$	10
40,0	46,8	18·III·1868	6,3	35	2198	3236	30	12	41	12	371	$5{,}5 \cdot 10^{16}$	$2{,}8 \cdot 10^{14}$	$2{,}1 \cdot 10^{15}$	12
39,1	45,4	21·IX·1881	5,0	15	54	66	8	4	5	5	18	$1{,}3 \cdot 10^{15}$	$3{,}2 \cdot 10^{12}$	$1{,}99 \cdot 10^{13}$	7
41,6	45,2	22·IX·1896	5,2	18	95	120	10	4	7	6	30	$2{,}4 \cdot 10^{15}$	$6{,}3 \cdot 10^{12}$	$4{,}3 \cdot 10^{13}$	8
41,6	43,5	31·XII·1899	5,4	8	168	129	12	5	10	7	79	$4{,}2 \cdot 10^{15}$	$1{,}2 \cdot 10^{13}$	$9{,}2 \cdot 10^{13}$	9
40,2	47,4	16·II·1905	5,2	32	95	120	10	4	7	6	30	$2{,}4 \cdot 10^{15}$	$6{,}3 \cdot 10^{12}$	$4{,}2 \cdot 10^{13}$	8
41,1	47,1	02·XI·1903	5,0	36	54	66	8	4	5	5	18	$1{,}3 \cdot 10^{15}$	$3{,}2 \cdot 10^{12}$	$1{,}99 \cdot 10^{13}$	7
41,2	44,3	20·X·1906	5,2	26	95	120	10	4	7	6	30	$2{,}4 \cdot 10^{15}$	$6{,}3 \cdot 10^{13}$	$4{,}3 \cdot 10^{13}$	8

1	2	3	4	5	6	7	8
41·2	46·5	19·I ·1907	5·0	28	54	66	8
41·4	43·7	12·X ·1912	5·6	28	298	398	15
41·5	44·0	13·X ·1912	5·0	30	54	66	8
39·3	43·0	27·I ·1913	5·6	15	298	398	15
41·5	44·6	20·V ·1913	5·5	36	298	398	15
40·8	44·4	14·XI ·1916	5·3	26	127	162	11
41·4	44·3	12·V ·1923	5·2	20	95	120	10
41·3	43·6	13·V ·1925	5·1	18	71	89	9
40·7	43·7	22·X ·1926	5·2	8	95	120	10
40·7	43·7	22·X ·1926	5·7	7	396	537	17
39·2	46·0	27·IV ·1931	6·3	22	2198	3236	30
38·8	46·3	12·V ·1931	5·3	21	127	162	11
39·7	44·0	15·III ·1932	5·3	15	127	162	11
39·3	46·6	06·XI ·1933	5·0	20	54	69	8
38·7	45·1	22·II ·1934	5·6	29	298	398	15
41·1	43·9	25·I ·1935	5·0	30	54	66	8
40·4	43·4	01·V ·1935	6·2	14	1652	2399	27
41·5	46·6	02·IX ·1936	5·3	22	127	162	11
41·7	43·8	07·V ·1940	6·0	29	933	1318	22
41·5	44·0	10·VII·1940	5·1	18	71	89	9
39·5	43·0	10·IX ·1941	5·8	28	527	724	18
41·6	46·4	29·VI ·1948	6·1	48	1242	1778	25
41·2	43·86	08·XII·1959	5·1	10	10	71	89
39·9	44·09	04·IX ·1962	5·2	10	95	120	10
41·03	44·32	30·I ·1967	5·0	5	54	66	8
39·24	44·23	29·IV ·1968	5·4	18	168	19	12

9	10	11	12	13	14	15	16
4	5	5	18	$1,3 \cdot 10^{15}$	$3,2 \cdot 10^{12}$	$1,99 \cdot 10^{13}$	7
6	13	8	74	$7,5 \cdot 10^{15}$	$2,5 \cdot 10^{13}$	$1,9 \cdot 10^{14}$	9
4	5	5	18	$1,3 \cdot 10^{15}$	$2,2,10^{12}$	$1,99 \cdot 10^{13}$	7
6	13	8	74	$7,5 \cdot 10^{15}$	$2,5 \cdot 10^{13}$	$1,9 \cdot 10^{14}$	9
6	13	8	74	$7,5 \cdot 10^{15}$	$2,5 \cdot 10^{13}$	$1,9 \cdot 10^{14}$	9
5	8	6	37	$3,2 \cdot 10^{15}$	$8,9 \cdot 10^{13}$	$1,3 \cdot 10^{13}$	8
4	7	6	30	$2,4 \cdot 10^{15}$	$6,3 \cdot 10^{12}$	$1,3 \cdot 10^{13}$	8
4	6	5	24	$1,8 \cdot 10^{15}$	$4,5 \cdot 10^{12}$	$1,9 \cdot 10^{13}$	8
4	7	6	50	$2,4 \cdot 10^{15}$	$6,3 \cdot 10^{12}$	$1,3 \cdot 10^{13}$	8
7	16	8	158	$9,9 \cdot 10^{15}$	$3,5 \cdot 10^{13}$	$1,8 \cdot 10^{14}$	10
12	41	12	371	$5,5 \cdot 10^{16}$	$2,8 \cdot 10^{14}$	$1,1 \cdot 10^{15}$	12
5	8	6	37	$3,2 \cdot 10^{15}$	$8,9 \cdot 10^{13}$	$1,3 \cdot 10^{13}$	8
5	8	6	37	$3,2 \cdot 10^{15}$	$8,9 \cdot 10^{12}$	$1,3 \cdot 10^{13}$	8
4	5	5	18	$1,3 \cdot 10^{15}$	$3,2 \cdot 10^{12}$	$1,9 \cdot 10^{13}$	7
6	13	8	74	$7,5 \cdot 10^{15}$	$2,5 \cdot 10^{13}$	$1,9 \cdot 10^{14}$	9
4	5	5	18	$1,3 \cdot 10^{15}$	$3,2 \cdot 10^{12}$	$1,9 \cdot 10^{14}$	7
11	35	12	498	$4,1 \cdot 10^{16}$	$1,9 \cdot 10^{14}$	$1,6 \cdot 10^{15}$	12
5	8	6	37	$3,2 \cdot 10^{15}$	$8,3 \cdot 10^{12}$	$1,3 \cdot 10^{14}$	8
9	25	10	251	$2,3 \cdot 10^{16}$	$1,0 \cdot 10^{14}$	$1,9 \cdot 10^{14}$	11
4	6	5	24	$1,8 \cdot 10^{15}$	$4,5 \cdot 10^{12}$	$1,9 \cdot 10^{13}$	8
7	18	9	116	$1,3 \cdot 10^{16}$	$5,0 \cdot 10^{13}$	$1,9 \cdot 10^{14}$	10
10	30	11	234	$3,1 \cdot 10^{16}$	$1,4 \cdot 10^{14}$	$1,1 \cdot 10^{15}$	11
9	4	6	5	$1,8 \cdot 10^{15}$	$4,5 \cdot 10^{12}$	$1,9 \cdot 10^{13}$	8
4	7	6	40	$2,4 \cdot 10^{15}$	$6,3 \cdot 10^{12}$	$1,3 \cdot 10^{13}$	8
4	5	5	22	$1,3 \cdot 10^{15}$	$3,2 \cdot 10^{12}$	$1,9 \cdot 10^{14}$	7
5	10	7	47	$4,2 \cdot 10^{15}$	$1,2 \cdot 10^{13}$	$1,2 \cdot 10^{13}$	9

исходя из вытянутости изосейст [3, 7, 8, 12] или их приуроченности к зонам разломов. Однако лишь некоторые землетрясения имеют качественные карты изосейст, а определить вытянутость очага, приуроченного к зоне пересечения разломов, весьма сложно, поэтому ориентировки очагов на схеме условны. Следовательно, нельзя применять схему (направление вытянутости очагов) для определения действующих региональных напряжений в земной коре.

Наиболее крупные очаги расположены в основном на западе и юго-востоке территории. Нижние части очагов сильных землетрясений расположены на глубине до 45 *км*, т. е. по вышеуказанным данным глубина разломов, к зонам которых приурочены очаги, равна минимум этой величине.

Расчеты показывают, что на глубинах до 20 *км* трещины могут существовать в свободном состоянии. Ниже этого, вследствие высокого гидростатического давления и температуры, наличие свободных трещин исключается [1, 10]. Таким образом, на основе этих данных можно заключить, что зоны разломов как зоны дробления могут существовать на глубинах не более 20 *км*. Ниже зона разлома, по-видимому, имеет другое строение, а вещество приобретает пластические свойства.

Иногда возникает необходимость узнать, возможен ли при густой сети глубинных разломов обхват одного и того же участка земной коры одновременно двумя очагами землетрясений. Из полученных результатов видно, что такое наложение возможно лишь в зонах пересечения разломов разных направлений (дизъюнктивных узлов). Но и в этом случае всю область остаточных деформаций надо принять как один очаг сложной формы. Ширина зон остаточных деформаций, образованных после землетрясений 8—9 баллов, составляет максимум 10—15 *км*, причем наиболее крупные разрушения будут в центре очага, а по мере удаления от центра степень раздробленности пород сильно уменьшается. Таким образом, ширина зон дробления глубинных разломов Армянской ССР не должна превышать 10—15 *км*

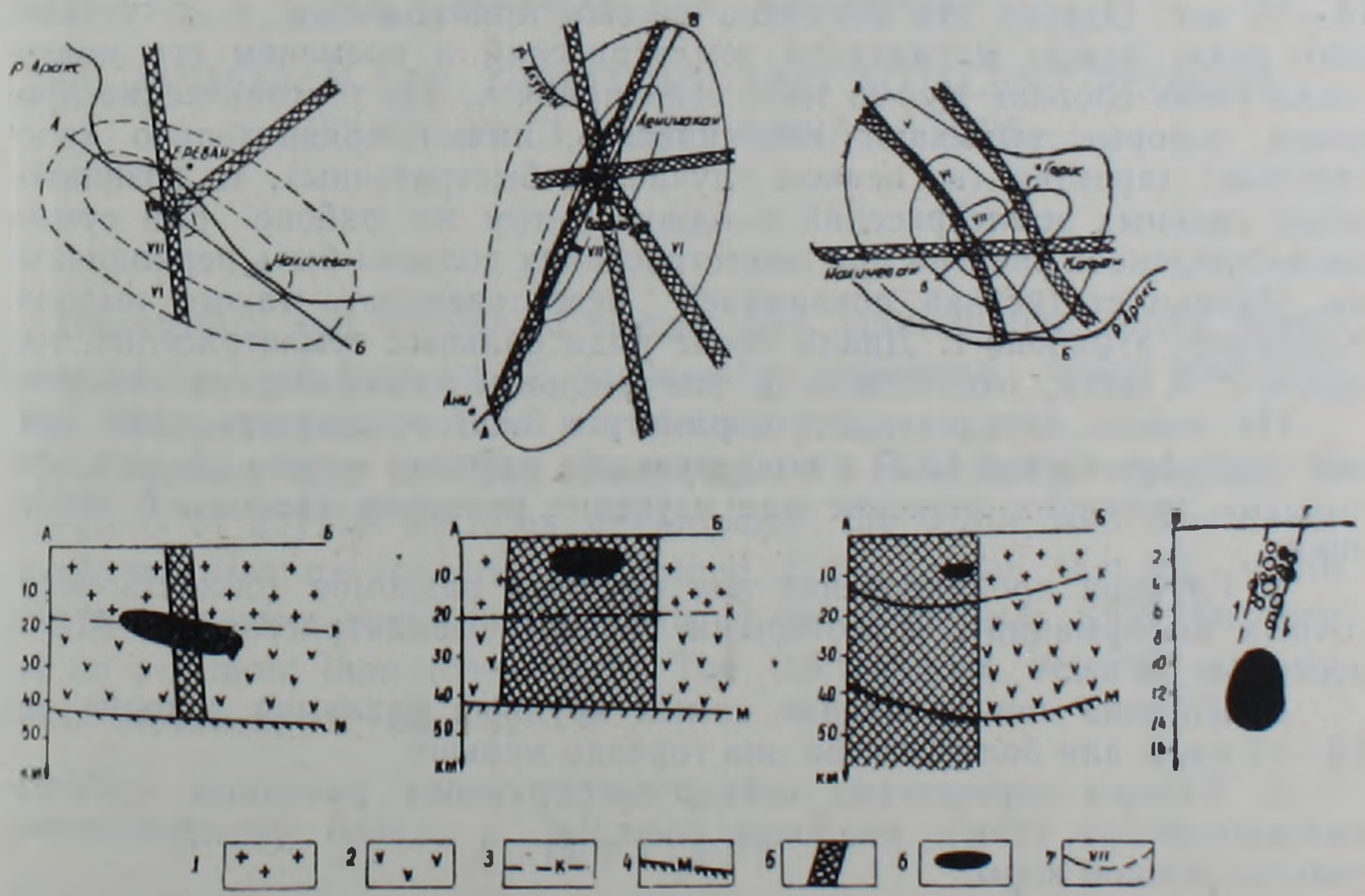

Рис. 2. Положение очагов землетрясений в разрезах земной коры:
а—Араратского 1840 г., *б*—Ленинаканского 1926 г., *в*—Зангезурского 1968 г. 1—гранитный слой, 2—базальтовый слой, 3—граница Конрада, 4—граница Мохоровичича, 5—зоны глубинных разломов, 6—очаг землетрясения, 7—изосейсты землетрясений [3, 8].

и, если учитывать, что основные деформации сконцентрированы в осевой части разлома, то эта величина более уменьшится. Причем эта величина является максимальной шириной зон дробления самых крупных разломов, а известно, что землетрясения наибольшей силы произошли лишь в зонах некоторых разломов.

Для составления общего представления о пространственном расположении очагов сильных землетрясений в земной коре территории АрмССР составлены разрезы для трех наиболее хорошо изученных землетрясений: Араратского 1840 г. (рис. 2а), Ленинаканского 1926 г. (рис. 2б) и Зангезурского 1968 г. (рис. 2в). Из рисунков заметно, что очаги землетрясений расположены до границы Конрада. Очаги Араратского и Зангезурского землетрясений имеют наклон по отношению к горизонту, о чем свидетельствует асимметричное расположение изосейст по отношению к эпицентру. Направление вытянутости очагов совпадает с направлением вытянутости изосейст.

Интересная картина наблюдается после Зангезурского землетрясения 1968 г. Афтершоковая область расположена не в очаговой зоне, а выше нее [8].

Площадь главного разрыва разрушительных землетрясений составляет до 1600 $км^2$, а для очагов с $M=5$ порядка 20 $км^2$. Таким образом, следует отрицать приуроченность землетрясений с $M\geqslant 5$ к зонам так называемых локальных, малоглубинных, «маленьких» и т. п. разломов или разломов фундамента, как иногда делается в литературе. Землетрясения такой интенсивности приурочены к крупным разломам. Даже если отрицать такой факт, то после землетрясения образуется (а более точно, активизируется) разлом, который никак нельзя относить к категории вышеперечисленных разломов.

При сравнении упругой накопленной потенциальной энергии подготовки землетрясений с эмпирической сейсмической энергией получается, что лишь несколько процентов накопленной энергии превращаются в сейсмическую, а основная часть (70—80% [5]) расходится на разрушение и диссипацию энергии в очаге.

Время подготовки наиболее сильных землетрясений территории республики, определенное по формуле И. В. Ананьина, составляет 10—15 *лет*. Однако эта величина весьма приближенна, т. к. установить связь между магнитудой землетрясений и временем его подготовки очень сложно. Кроме того, если принять, что тектонические процессы, которые вызывают сейсмичность, имеют сравнительно «постоянный» характер (во всяком случае не быстротечны), то возникновение сильных землетрясений в одном и том же районе или сумма высвобожденной энергии при землетрясениях должны быть периодичными. Однако статистика показывает недостоверность такого вывода. Например, в районе г. Двина после ряда сильных землетрясений, начиная с X века, отсутствовали значительные сейсмические события.

На основе определенных параметров очагов землетрясений земной коры Армянской ССР и сопредельных районов можно сделать ряд выводов, имеющих значение для изучения вопросов разломной тектоники:

1. Глубина проникновения зон крупных разломов (область остаточных деформаций), с которыми связаны землетрясения с $M\geqslant 5$, достигает 45 *км*.

2. Ширина зон дробления самых крупных разломов доходит до 10—15 *км*, а для большинства она гораздо меньше.

3. Районы пересечения сейсмогенерирующих разломов (сейсмодизъюнктивные узлы) наиболее сложные и сильно раздробленные участки земной коры.

4. Для активизации существующего крупного разлома изучаемой территории длиной 100 *км* и глубиной 45 *км* достаточно энергии нескольких восьмибалльных землетрясений. Если учесть, что период проявления таких землетрясений в пределах одного и того же разлома

по сравнению с геологическим масштабом времени очень незначителен, то будет понятна «быстрота» активизации такого разлома.

5. Связь относительно сильных землетрясений с зонами маленьких разломов или т. н. разломов фундамента исключается, т. к. при таком одном землетрясении может быть образована достаточно протяженная (45 *км*) и глубинная (15 *км*) зона разломов (дробления).

Институт геофизики и инженерной
сейсмологии АН АрмССР

Поступила 27.I.1986

Վ. Ս. ԳԱՍՊԱՐՅԱՆ, Ս. Ն. ՆԱԶԱՐԵԹՅԱՆ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԲՆԱՏԱՐԱԾՔԻ ԵՎ ՀԱՐԱԿԻՑ ՇՐՋԱՆՆԵՐԻ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԵՐԻ ՕՋԱԽՆԵՐԻ ՈՐՈՇ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Որոշված է 5-ից մեծ կամ հավասար մագնիտուդ ունեցող 52 պատմական երկրաշարժերի օջախների չափերը, ծավալը, երկրաշարժերի ժամանակ առաջացած գլխավոր խզման մակերևույթը, երկրաշարժերի նախապատրաստման էներգիան և ժամանակը։

Ելնելով խորքային բեկվածքների շրջանում տեղի ունեցած ուժեղ երկրաշարժերի օջախների չափերից, որոշված է բեկվածքների բեկորատման գոտու լայնությունն ու խորությունը։ Ապացուցված է, որ խորքային բեկվածքների լայնությունը հանրապետության սահմաններում չի գերազանցում 10—15 կմ։ Որոշված է սեյսմաակտիվ շերտի հզորությունը, որը կազմում է 5—30 կմ։

V. S. GASPARIAN, S. N. NAGARETIAN

THE ARMENIAN SSR TERRITORY AND ADJACENT REGIONS SEISMIC FOCI SOME PARAMETERS

A b s t r a c t

Dimensions and volume of seismic foci, main rupture plain, preliminary energy and time for 52 earthquakes registered during historical period with a magnitude $M \geq 5$ are determined.

Proceeding from the foci dimensions of earthquakes localized in the regions of abyssal fractures development the width and the depth of a abyssal fracture zone is determined. It is shown that the width of abyssal fractures zones in the limits of the Armenian SSR territory must be not more than 10—15 km. The thickness of seismic activity stratum makes up 5—30 km.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ананьин И. В.* Карта коэффициентов затухания интенсивности сейсмоактивных районов СССР.—В кн.: Геофизические условия в очаговых зонах сильных землетрясений. М.: Наука, 1983, с. 40—45.
2. *Ананьин И. В.* Сейсмогенность Северного Кавказа. М.: Наука, 1977, 148 с.

3. *Бабаян Т. О.* О зоне Ахурянского сейсмогенного тектонического нарушения.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1984, XXXVII, № 5, с. 54—61.
4. *Гзовский М. В.* Основы тектонофизики. М.: Наука, 1975. 536 с.
5. *Добровольский И. П.* Механика подготовки тектонического землетрясения.—Тр. Института физики Земли АН СССР, М.: 1984, 189 с.
6. *Назаретян С. Н.* Глубинные разломы территории Армянской ССР. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1984. 138 с.
7. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древних времен до 1975 г. с картой. М.: Наука, 1977, 535 с.
8. Результаты комплексного исследования Зангезурских землетрясений. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1972. 263 с.
9. *Ризниченко Ю. В.* Размеры очага корового землетрясения и сейсмический момент.—В кн.: Исследования по физике очага землетрясений. М.: Наука, 1976. с. 9—15.
10. *Стейси Ф.* Физика Земли. М.: Мир, 1972. 342 с.
11. *Тулиани Л. И.* О соотношении общей структуры японских островов с мощностью литосферы.—Геотектоника, 1982, № 1, с. 115—120.
12. *Шебалин Н. В.* Очаги сильных землетрясений на территории СССР. М.: Наука, 1974. 54 с.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 3. 56—59. 1987

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК: 550.834

С. С. СИМОНЯН

ЗАВИСИМОСТЬ СЕЙСМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ОДНООСНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ НАСЫЩЕНИИ ОБРАЗЦОВ РАСТВОРАМИ ПОВАРЕННОЙ СОЛИ

Эксперименты по изучению поведения сейсмоэлектрического эффекта второго рода (эффект Е) [5], в зависимости от напряженного состояния водонасыщенных горных пород, в перспективе открывают реальную возможность для оценки напряженного состояния горных массивов, с целью прогноза землетрясений, горных ударов, оползней и др.

Возможность использования этого явления в разведочной геофизике пока ограничена [2, 3], ввиду невысокой интенсивности электрического поля, генерируемого упругими волнами, и его малоглубинности.

В настоящей работе изложены результаты серии экспериментов по изучению сейсмоэлектрического эффекта (СЭЭФ) в зависимости от напряженного состояния водосодержащих пород туфа, открытая пористость которых составляет $\sim 40\%$.

Для изучения СЭЭФ в лабораторных условиях применена установка, которая позволяет произвести измерения при одноосном давлении. Установка состоит из следующх узлов: излучатель упругих волн, пьезокерамический звуковой приемник для измерения амплитуды упругих волн и электроды. Звуковое воздействие на испытываемых образцах, для возбуждения СЭЭФ, осуществлено мощным сегнетоэлектрическим излучателем, с частотой 11 *кГц*, собственная частота которого $f = 25$ *кГц*. Необходимая для эксперимента нагрузка передается на остальной корпус, выдерживающий механические нагрузки до $\sigma = (100—120)$ *МПа*, внутри которого находится излучатель.

В качестве приемника упругих волн использована пьезокерамическая таблетка типа ЦТС, собственная частота которой равна $f = 1{,}5$ *МГц*. Большое отличие между частотой воздействия для возбуждения эффекта Е (11 *кГц*) и собственной частотой звукового приемника исключает образование параметрического возбуждения колебаний между ними. Пьезокерамическая таблетка приклеивалась в лунке легированного стального диска, защищающего ее от механической нагрузки. Для интегрального приема эффекта Е использованы медные электроды толщиной 2 *мм*, которые полностью покрывали поверхности верхней и нижней граней испытываемого образца и были расположены перпендикулярно распространению упругой волны. Измерения сейсмоэлектрического и акустического сигналов осуществлялись дискретно, с помощью милливольтметров переменного тока.

Для выполнения экспериментов были использованы образцы артикского туфа кубической формы, с размерами 40 *мм*. Перед испытанием они тщательно промывались в бидистиллированной воде три-четыре раза. После цикла промывания образцы высушивались до постоянного веса и насыщались растворами NaCl. Известно, что при деформировании и разрушении образцов горных пород, а также при воздействии упругой волны в них могут возникать: пьезоэлектрический эффект, эффект Сте-

3. *Бабаян Т. О.* О зоне Ахурянского сейсмогенного тектонического нарушения.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1984, XXXVII, № 5, с. 54—61.
4. *Гзовский М. В.* Основы тектонофизики. М.: Наука, 1975. 536 с.
5. *Добровольский И. П.* Механика подготовки тектонического землетрясения.—Тр. Института физики Земли АН СССР, М.: 1984, 189 с.
6. *Назаретян С. Н.* Глубинные разломы территории Армянской ССР. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1984. 138 с.
7. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древних времен до 1975 г. с картой. М.: Наука, 1977, 535 с.
8. Результаты комплексного исследования Зангезурских землетрясений. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1972. 263 с.
9. *Ризниченко Ю. В.* Размеры очага корового землетрясения и сейсмический момент.—В кн.: Исследования по физике очага землетрясений. М.: Наука, 1976. с. 9—15.
10. *Стейси Ф.* Физика Земли. М.: Мир, 1972. 342 с.
11. *Тулиани Л. И.* О соотношении общей структуры японских островов с мощностью литосферы.—Геотектоника, 1982, № 1, с. 115—120.
12. *Шебалин Н. В.* Очаги сильных землетрясений на территории СССР. М.: Наука, 1974. 54 с.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 3. 56—59. 1987

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК: 550.834

С. С. СИМОНЯН

ЗАВИСИМОСТЬ СЕЙСМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ОДНООСНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ НАСЫЩЕНИИ ОБРАЗЦОВ РАСТВОРАМИ ПОВАРЕННОЙ СОЛИ

Эксперименты по изучению поведения сейсмоэлектрического эффекта второго рода (эффект Е) [5], в зависимости от напряженного состояния водонасыщенных горных пород, в перспективе открывают реальную возможность для оценки напряженного состояния горных массивов, с целью прогноза землетрясений, горных ударов, оползней и др.

Возможность использования этого явления в разведочной геофизике пока ограничена [2, 3], ввиду невысокой интенсивности электрического поля, генерируемого упругими волнами, и его малоглубинности.

В настоящей работе изложены результаты серии экспериментов по изучению сейсмоэлектрического эффекта (СЭЭФ) в зависимости от напряженного состояния водосодержащих пород туфа, открытая пористость которых составляет $\sim 40\%$.

Для изучения СЭЭФ в лабораторных условиях применена установка, которая позволяет произвести измерения при одноосном давлении. Установка состоит из следующх узлов: излучатель упругих волн, пьезокерамический звуковой приемник для измерения амплитуды упругих волн и электроды. Звуковое воздействие на испытываемых образцах, для возбуждения СЭЭФ, осуществлено мощным сегнетоэлектрическим излучателем, с частотой 11 *кГц*, собственная частота которого $f = 25$ *кГц*. Необходимая для эксперимента нагрузка передается на остальной корпус, выдерживающий механические нагрузки до $\sigma = (100—120)$ *МПа*, внутри которого находится излучатель.

В качестве приемника упругих волн использована пьезокерамическая таблетка типа ЦТС, собственная частота которой равна $f = 1{,}5$ *МГц*. Большое отличие между частотой воздействия для возбуждения эффекта Е (11 *кГц*) и собственной частотой звукового приемника исключает образование параметрического возбуждения колебаний между ними. Пьезокерамическая таблетка приклеивалась в лунке легированного стального диска, защищающего ее от механической нагрузки. Для интегрального приема эффекта Е использованы медные электроды толщиной 2 *мм*, которые полностью покрывали поверхности верхней и нижней граней испытываемого образца и были расположены перпендикулярно распространению упругой волны. Измерения сейсмоэлектрического и акустического сигналов осуществлялись дискретно, с помощью милливольтметров переменного тока.

Для выполнения экспериментов были использованы образцы артикского туфа кубической формы, с размерами 40 *мм*. Перед испытанием они тщательно промывались в бидистиллированной воде три-четыре раза. После цикла промывания образцы высушивались до постоянного веса и насыщались растворами NaCl. Известно, что при деформировании и разрушении образцов горных пород, а также при воздействии упругой волны в них могут возникать: пьезоэлектрический эффект, эффект Сте-

панова, эффект контактов и другие механоэлектрические эффекты не сейсмоэлектрической природы [4]. Предварительные эксперименты, проведенные на сухих и влажных образцах, образцах разной длины в импульсном режиме позволили оценить величину указанных эффектов. Пьезоэлектрический эффект в исследуемой породе не обнаруживался, остальные вышеуказанные эффекты по сравнению с СЭЭФ имеют незначительную величину.

Методика проведения экспериментов

Из генератора гармонических или импульсных сигналов на вход излучателя подается постоянное по величине гармоническое или импульсное напряжение. Частота воздействия на испытываемый образец для возбуждения СЭЭФ составлена 5 и 10 *кГц*. Указанные частоты были выбраны экспериментально на основании измерений акустического сигнала J при разных уровнях давления. Для этого лобовые части излучателя и пьезоприемника, покрытых солидолом, прикладывались друг к другу. Система вставлялась между пуассонами пресса и испытывалась под одноосным давлением с $\sigma=6{,}25—31{,}25$ *МПа* (σ—одноосное давление). Амплитуда акустического сигнала измерялась после каждого увеличения давления на величину $\sigma=6{,}25$ *МПа*. Верхний предел давления на систему излучатель-пьезоприемник соответствовал максимальной разрушающей образец нагрузке. Исследования проводились в частотном диапазоне от 2 до 20 *кГц*. Полосы (4—5,5) *кГц* и (9—11) *кГц* отличались диапазонами хорошей повторяемости амплитуды акустического сигнала J, которая почти не зависит от нагрузки пресса. В указанных полосах частот разброс результатов J не превышал (3—4%) от среднего его значения.

Образцы для испытания прижимались к центральной части излучателя. Влажность в испытываемом образце в течение эксперимента сохранялась постоянной с помощью тонкой полиэтиленовой пленки, неплотно прижимающейся к свободной поверхности образца. Как сейсмоэлектрический эффект, так и акустический сигнал измерялись дискретно во время нагружения, вплоть до момента разрушения образцов.

Для создания одноосной нагрузки была использована жесткая механическая машина типа ЧМЭ—10ТМ, имеющая 10 строго постоянных скоростей перемещения рабочего столика. В основном в нижеописанном эксперименте была использована скорость деформирования $\Delta l=5\cdot10^{-2}$ *мм/мин*. Измерительный сигнал СЭЭФ усиливался и подавался на регистрирующий прибор.

Иследования проведены на образцах, насыщенных раствором с концентрациями 0,08, 0,16 и 0,32%. В качестве растворителя использована бидистиллированная вода. Для каждого типа растворов проведено испытание при полностью и наполовину насыщенных ими образцах.

Для выявления зависимости эффекта E от процентного содержания NaCl, разбавленной в абсорбционном растворе, первоначально проведены эксперименты на образцах при наличии постоянного давления $\sigma=2{,}5$ *МПа*. При этом в каждом последующем эксперименте процентное содержание NaCl увеличивалось в вышеуказанном порядке. В каждом отдельном случае эксперимент повторялся для трех значений амплитуды акустической волны, воздействующей на образец.

Результаты экспериментов

На рис. 1 представлены результаты экспериментов, полученные на образцах туфа, полностью (E_1) и наполовину (E_2) насыщенных растворами NaCl при воздействии звукового сигнала частотой $f=10$ *кГц*, с напряженностью 25 *В (а)*, 20 *В (б)* и 10 *В (в)*.

Из рисунка следует, что напряженность СЭЭФ-а находится в прямой зависимости от амплитуды возбуждающей упругой волны, от насыщенности образца раствором. При всех амплитудах упругой волны и насыщенности образцов раствором, кривые зависимости E от содержания раствора (i) плавно падают. Аналогичные испытания проведены на частоте $f=5$ *кГц*. Полученные результаты качественно не отличаются от результатов, представленных на рис. 1. Однако амплитуда СЭЭФ получается значительно меньше, что обусловлено уменьшением мощности излучателя при его возбуждении низкой частотой.

Следующий цикл экспериментов проведен при наличии одноосного давления. Как видно из рис. 2, при постепенном увеличении напряженного состояния образцов наблюдается закономерное увеличение $U_1=E_1/J$ и $U_2=E_2/J$ до момента разрушения. При сравнении величин U, полученных на образцах, полностью и наполовину насыщенных 0,08% раствором NaCl, устанавливается, что перед разрушением в первом случае величина U получается больше, чем во втором, т. е. $U_1>U_2$. При насыщении испытанных образцов 0,16 и 0,32% растворами NaCl вышеуказанные закономерности ($U_1>U_2$) до момента разрушения полностью сохраняются (рис. 2*б*, *в*). В аналогичных экспериментах, выполненных на частоте воздействия звукового сигнала $f=5$ *кГц*, полученные результаты U_1 и U_2 качественно не отличались от результатов вышеописанных экспериментов.

Из рис. 3 следует следующая особенность: при полном насыщении образцов более концентрированным раствором NaCl (0,32%) график $U=f(\sigma)$ получается более плавным (кривые с оцифровкой 3).

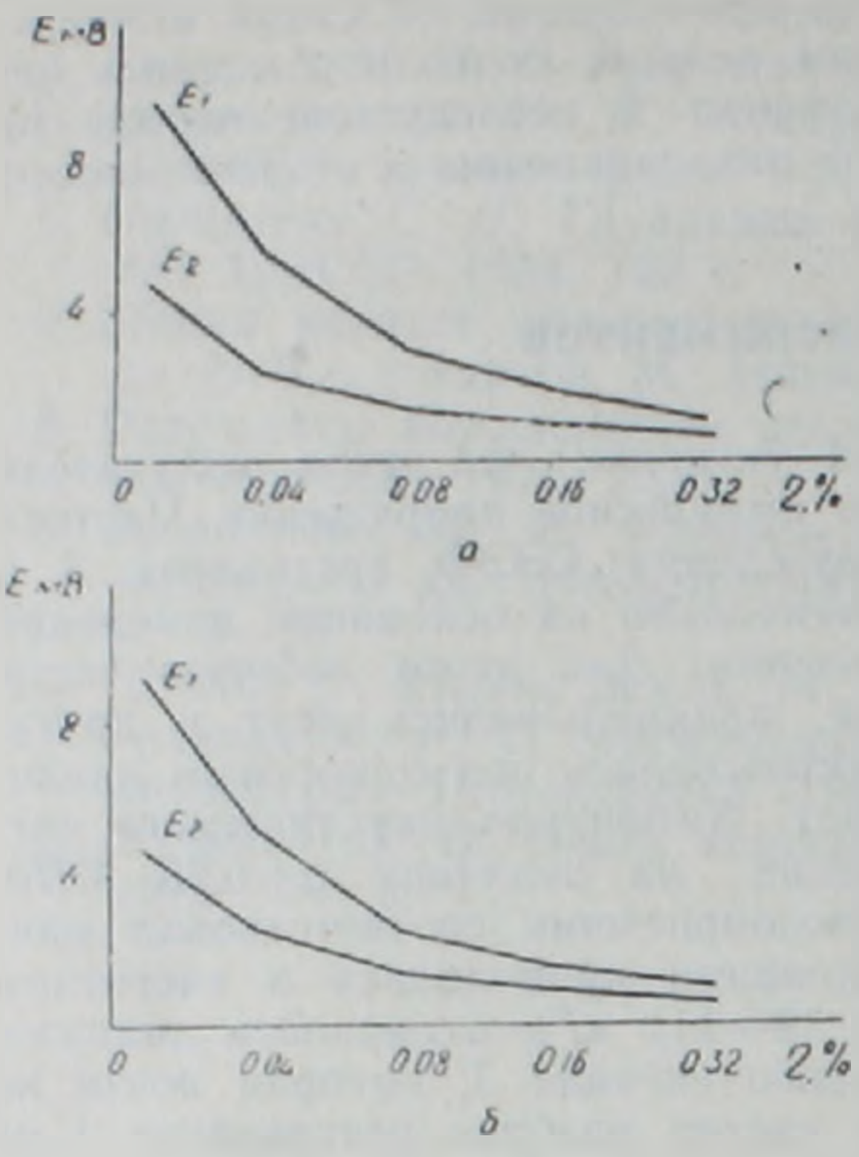

Рис. 1. Амплитудные характеристики эффекта E в зависимости от процентного содержания NaCl. Частота возбуждения эффекта E. (E_1) f=10 *кГц*. (E_2) f=5 *кГц*. Полностью насыщенный образец. Выходное напряжение Зг-генератора соответственно составляет 25 *в*. 20 *в*, 10 *в*.

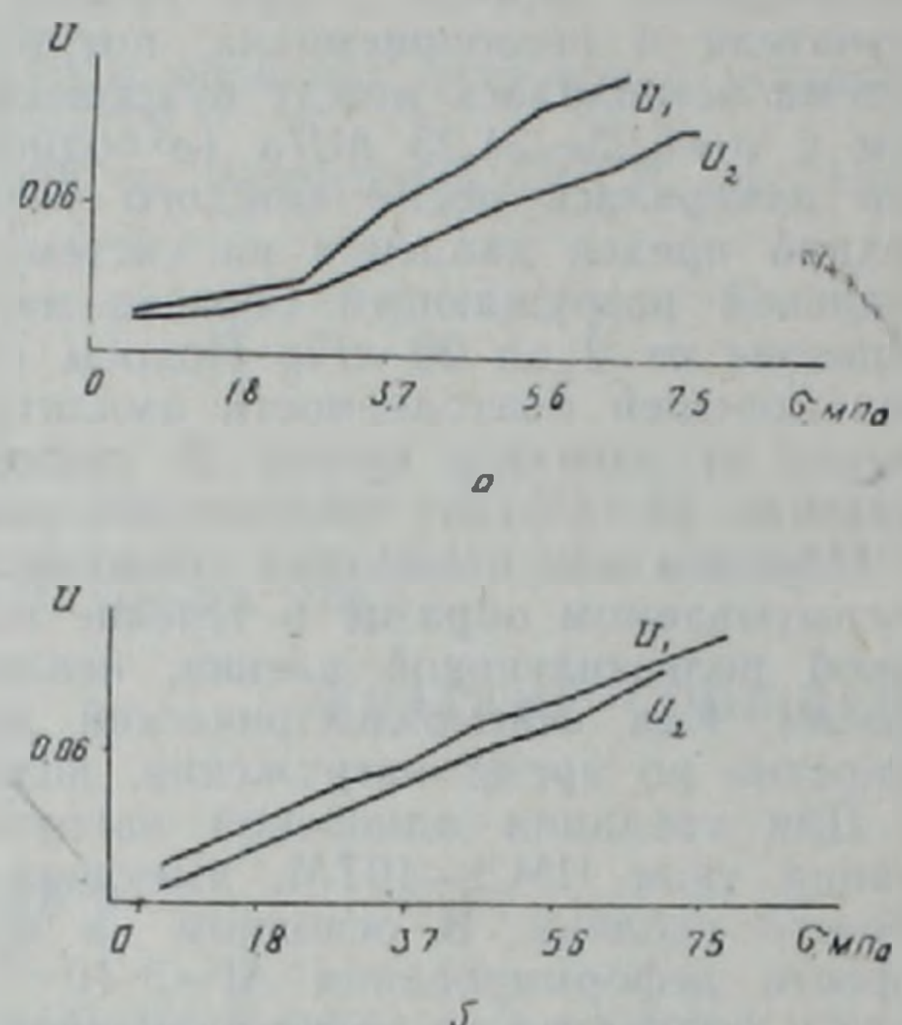

Рис. 2. Графики изменения U_1 и U_2 в зависимости от одноосного давления. Содержание NaCl в абсорбционной воде: *а*)—0,08 %, *б*)—0.16%, частота воздействия f=10 *кГц*, насыщенность образцов w=100% (U_1) и w=50 % (U_2)

Рис. 3. Результаты U_1 и $U_2 = f(\sigma)$ при насыщении образцов: 1) 0,08 %, 2) 0,16 % и 3) 0.32 % растворами NaCl, f=10 *кГц*.

Обсуждение полученных результатов

При измерении СЭЭф при постоянной нагрузке на образец туфа, насыщенного растворами разной концентрации NaCl (0,08, 0,16, 0,32%), наблюдается, что по мере увеличения процентного содержания NaCl в растворе амплитуды E уменьшаются. Предполагается, что уменьшение E обусловлено изменением диэлектрической проницаемости, вязкости, электропроводности абсорбционного раствора и электрокинети-

ческого потенциала. Согласно существующей теории Я. И. Френкеля [5], изменение вышеуказанных параметров приводит к изменению СЭЭф.

Увеличение U с ростом давления обусловлено трещинами, возникающими в образце, при их деформировании и разрушении. При полном насыщении образцов слабыми растворами NaCl (0,08 и 0,16%) графики $U=f(\sigma)$ имеют более изрезанный вид. Причина этого, вероятно, следующая: с увеличением концентрации NaCl вязкость раствора увеличивается, что приводит к снижению ее проницаемости. Вследствие этого вода медленно поступает в очаг внутреннего разрушения [1], которое образуется в ходе деформирования образцов. Можно предполагать, что остальные параметры раствора в данном случае существенной роли не играют.

Институт геофизики и инженерной
сейсмологии АН АрмССР

Поступила 30.IV.86.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Микаелян А. О.* Некоторые особенности влияния внутрипорового давления на скорости упругих волн и электросопротивления известняков в условиях гидростатического сжатия.—В кн.: Механизм и физические процессы в структуре и веществе литосферы. Мат. Международной конференции. Потсдам: 1977, с. 56—64.
2. *Нейштадт Н. М.* Использование сейсмометрических и пьезоэлектрических явлений в разведочной геофизике. Л.: Недра, 1970, с. 75—81.
3. *Соболев Г. А., Демин В. М.* Механоэлектрические явления в Земле. М.: Наука, 1985, с. 145—159.
4. *Френкель Я. И.* К теории сейсмических и сейсмоэлектрических явлений в влажной почве.—Изв. АН СССР, серия географическая и геофизическая, 1944, том VIII, № 4, с. 134—149.
5. *Martner S. T., Sparks W. R.* The elektroseismic effekt Ge physiks, 1959, 24, № 2, p.p. 149—157

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 3, 59—63, 1987

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК: 550.837.21

С. А. БАРЫШЕВ, С. Г. МУРАДЯН

ОЦЕНКА СЕЙСМОПРОГНОСТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОРОВОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В РАЙОНЕ АРМЯНСКОЙ АЭС

Армянская атомная электростанция (АрмАЭС) расположена в срединной части Ереван-Игдырского сейсмогенного узла в восьмибалльной зоне, что определяет необходимость проведения на АЭС дополнительных мероприятий перед сильными сейсмическими воздействиями. Сейсмическая опасность для сооружений АЭС в основном определяется землетрясениями Ереван-Игдырской зоны [1], очаги которых, согласно гистограмме (рис. 1), построенной по данным [6], в подавляющем большинстве сосредоточены на глубинах от 5 до 25 км.

Область подготовки сильного землетрясения характеризуется размерами порядка десятков километров [7], поэтому для заблаговременного обнаружения очагов землетрясений, потенциально опасных для АрмАЭС, необходимо контролировать состояние вещества земной коры до глубин 20—25 км на удалении до 50—70 км от электростанции. Одним из наиболее чувствительных к изменениям интегральных свойств вещества прогностическим параметром является удельное электрическое сопротивление (ρ). По данным советских и зарубежных исследователей (Воларович М. П., Авчян Г. М., Пархоменко Э. И., Brace W. F., Morrison H. F. и др), степень относительного изменения ρ горных пород может в 100—100.000 раз превышать степень их деформации, изменения температуры и давления, пористости, трещиноватости, влагонасыщенности и минерализации поровой жидкости.

Для определения удельного электрического сопротивления горных пород, залегающих на больших глубинах, используются методы электромагнитного зондирования. Среди методов, применяемых в настоящее время для целей прогноза землетрясений, наибольшей эффективностью обладает зондирование на постоянном токе с дипольным источником поля [7]. Определяемая в результате зондирования величина «кажущегося сопротивления» ($\rho_к$) является сложной, но однозначной (вне пределов действия принципа эквивалентности) функцией параметров геоэлектрического разреза [4].

ческого потенциала. Согласно существующей теории Я. И. Френкеля [5], изменение вышеуказанных параметров приводит к изменению СЭЭф.

Увеличение U с ростом давления обусловлено трещинами, возникающими в образце, при их деформировании и разрушении. При полном насыщении образцов слабыми растворами NaCl (0,08 и 0,16%) графики $U=f(\sigma)$ имеют более изрезанный вид. Причина этого, вероятно, следующая: с увеличением концентрации NaCl вязкость раствора увеличивается, что приводит к снижению ее проницаемости. Вследствие этого вода медленно поступает в очаг внутреннего разрушения [1], которое образуется в ходе деформирования образцов. Можно предполагать, что остальные параметры раствора в данном случае существенной роли не играют.

Институт геофизики и инженерной
сейсмологии АН АрмССР

Поступила 30.IV.86.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Микаелян А. О.* Некоторые особенности влияния внутрипорового давления на скорости упругих волн и электросопротивления известняков в условиях гидростатического сжатия.—В кн.: Механизм и физические процессы в структуре и веществе литосферы. Мат. Международной конференции. Потсдам: 1977, с. 56—64.
2. *Нейштадт Н. М.* Использование сейсмометрических и пьезоэлектрических явлений в разведочной геофизике. Л.: Недра, 1970, с. 75—81.
3. *Соболев Г. А., Демин В. М.* Механоэлектрические явления в Земле. М.: Наука, 1985, с. 145—159.
4. *Френкель Я. И.* К теории сейсмических и сейсмоэлектрических явлений в влажной почве.—Изв. АН СССР, серия географическая и геофизическая, 1944, том VIII, № 4, с. 134—149.
5. *Martner S. T., Sparks W. R.* The elektroseismic effekt Ge physiks, 1959, 24, № 2, p.p. 149—157

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 3, 59—63, 1987

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК: 550.837.21

С. А. БАРЫШЕВ, С. Г. МУРАДЯН

ОЦЕНКА СЕЙСМОПРОГНОСТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОРОВОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В РАЙОНЕ АРМЯНСКОЙ АЭС

Армянская атомная электростанция (АрмАЭС) расположена в срединной части Ереван-Игдырского сейсмогенного узла в восьмибалльной зоне, что определяет необходимость проведения на АЭС дополнительных мероприятий перед сильными сейсмическими воздействиями. Сейсмическая опасность для сооружений АЭС в основном определяется землетрясениями Ереван-Игдырской зоны [1], очаги которых, согласно гистограмме (рис. 1), построенной по данным [6], в подавляющем большинстве сосредоточены на глубинах от 5 до 25 км.

Область подготовки сильного землетрясения характеризуется размерами порядка десятков километров [7], поэтому для заблаговременного обнаружения очагов землетрясений, потенциально опасных для АрмАЭС, необходимо контролировать состояние вещества земной коры до глубин 20—25 км на удалении до 50—70 км от электростанции. Одним из наиболее чувствительных к изменениям интегральных свойств вещества прогностическим параметром является удельное электрическое сопротивление (ρ). По данным советских и зарубежных исследователей (Воларович М. П., Авчян Г. М., Пархоменко Э. И., Brace W. F., Morrison H. F. и др), степень относительного изменения ρ горных пород может в 100—100.000 раз превышать степень их деформации, изменения температуры и давления, пористости, трещиноватости, влагонасыщенности и минерализации поровой жидкости.

Для определения удельного электрического сопротивления горных пород, залегающих на больших глубинах, используются методы электромагнитного зондирования. Среди методов, применяемых в настоящее время для целей прогноза землетрясений, наибольшей эффективностью обладает зондирование на постоянном токе с дипольным источником поля [7]. Определяемая в результате зондирования величина «кажущегося сопротивления» ($\rho_к$) является сложной, но однозначной (вне пределов действия принципа эквивалентности) функцией параметров геоэлектрического разреза [4].

Изменения ρ на глубине сопровождаются вариациями $\rho^к$, которые и были обнаружены в период подготовки землетрясений в различных сейсмоактивных районах мира. Так, в СССР на Гармском полигоне за 2 месяца и более перед землетрясениями с магнитудой $4{,}2<M<5{,}7$ наблюдались вариации $\rho_к$ величиной от 3 до 20%. В США в районе Холлистера уменьшение $\rho_к$ на 24% произошло за 2 месяца до землетрясения с $M=3{,}9$; были обнаружены вариации $\rho_к$ порядка 10% перед роем землетрясений. В Китае метод электрического зондирования получил особую популярность. Описано более 30 примеров изменения $\rho_к$ перед землетрясениями с $M=3{,}8\div7{,}9$, а землетрясение 29 мая 1976 г. с $M=6{,}9$ было успешно предсказано на основании данных электрического зондирования в совокупности с результатами геодезических измерений и сейсмичностью [7].

По мере увеличения расстояния между источником и приемником поля (разноса) возрастает глубина зондирования. В то же время, отношение сигнал/помеха уменьшается пропорционально кубу разноса.

По этой причине малая мощность источников тока, применявшихся до последнего времени, существенно снижала эффективность метода. Создание мощных геофизических источников тока на базе МГД-генераторов позволило увеличить глубину зондирования в 5—10 раз [5]. Так, с установкой «Памир—1», используемой с 1973 г. на Гармском полигоне для изучения вариаций $\rho_к$, предваряющих землетрясения, был реализован дипольный момент источника около $3{,}6\cdot10^6$ *А·м*, что обеспечило надежное измерение сигналов на расстоянии до 40 *км* от МГД-генератора (вместо 6 *км* с электроразведочной станцией ЭРС—67) [7].

Величина вариации «кажущегося сопротивления», обусловленной изменением удельного электросопротивления (ρ) вещества земной коры, в некоторой области в значительной степени определяется геоэлектрическим строением вмещающей среды [3]. Очевидно, что вариация $\rho_к$ будет во много раз интенсивнее, если область изменения $\rho_к$ непосредственно подстилается породами весьма высокого электросопротивления, чем когда она перекрывается этими породами. Поэтому эффективность зондирования для каждого конкретного района должна быть определена, исходя из местных геоэлектрических условий.

Оценим прогностические возможности электрического зондирования с МГД-генератором для района АрмАЭС. Для этого по относительной величине вариации «кажущегося сопротивления», зарегистрированной на Гармском полигоне в процессе подготовки землетрясения, определим удельное электрическое сопротивление ρ_V области изменения вещества земной коры, исходя из модели этой области и геоэлектрического строения района зондирования. Переместив модель области изменений в геоэлектрический разрез района АрмАЭС, в соответствии с местными сейсмологическими условиями, найдем относительную величину вариации «кажущегося сопротивления», ожидаемую в районе АрмАЭС в процессе подготовки подобного землетрясения.

Относительную величину вариации $\rho_к$ рассчитываем по обычной формуле:

$$\Delta\rho_к=\left|\frac{\bar{\rho}_к-\rho_к}{\rho_к}\right|\times100,$$

где $\rho_к$ и $\bar{\rho}_к$—величина «кажущегося сопротивления» разреза для конкретного разноса при отсутствии, и она же в присутствии области изменения ρ.

«Кажущееся сопротивление» определялось по формуле (1), полученной нами после несложных преобразований выражений (121) и (124) работы [3].

$$\rho_к=\frac{\rho_1}{3\cos^2\varphi-1}\left\{(2\cos^2\varphi-1)\int_0^\infty\bar{R}\cdot I_1(mr)mvdm\,r-\cos^2\varphi\int_0^\infty\bar{R}\cdot I_0(mr)m^2r^2dmr\right\}.$$

Здесь φ—угол между осью диполя и направлением на точку наблюдения, r—разнос установки и $\bar{R}$—рекуррентная функция «отражения», определяемая согласно [3] выражением:

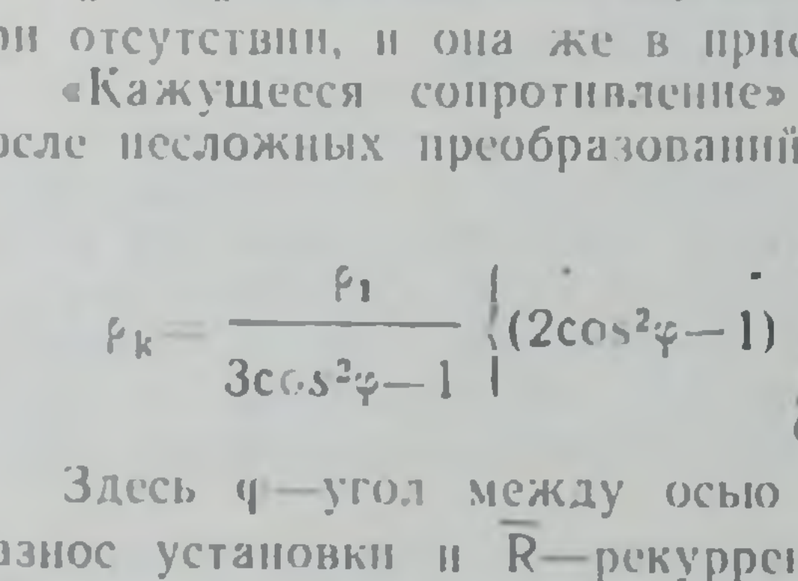

Рис. 1.

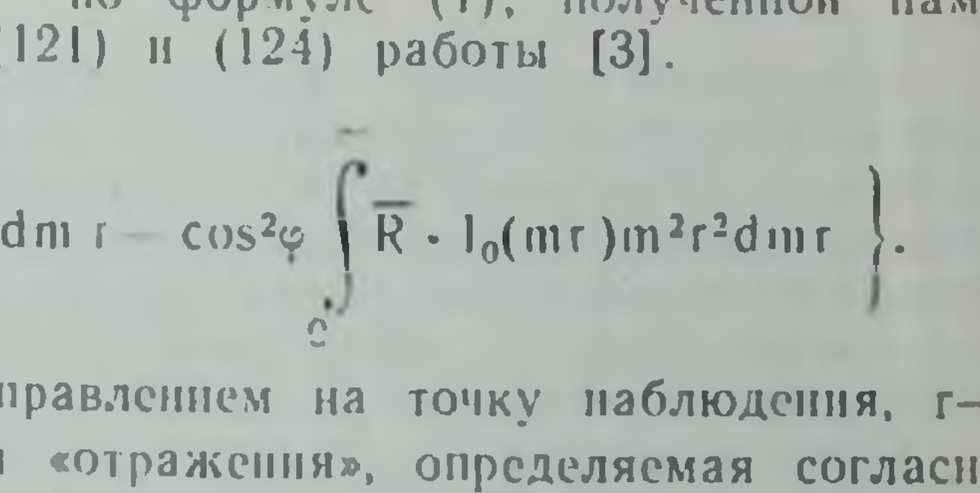

Рис. 2.

$$\overline{R}=\operatorname{cth}^{-1}\left\{mh_1+\operatorname{ar\,cth}\left(\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)\operatorname{cth}^{-1}\left[mh_2+\cdots+\operatorname{ar\,cth}\left(\frac{\rho_N}{\rho_{N-1}}\right)\right]\right\},$$

где ρ_i, h_i ($i=1, 2, 3, \ldots, N$)—сопротивления и мощности слоев, причем мощность последнего слоя (h_N) намного превышает разнос.

Расчеты выполнены на БЭСМ—6 ЭВМ по программам, составленным на алгоритмическом языке Фортран IV. При вычислении интегралов от осциллирующих функций использована стандартная подпрограмма ELON, позволившая существенно сократить время вычислений при необходимой точности расчетов.

Перед землетрясением энергетического класса 13,2, происшедшим 3.09.1976 г. на Гармском полигоне, между излучателем и приемной станцией № 2 (разнос $r\approx 31$ *км*) было зарегистрировано уменьшение ρ_k примерно на 20% [8]. Область изменения ρ с электросопротивлением ρ_V согласно [7] аппроксимируется пластом мощностью 2 *км*, кровля которого залегает на глубине 4 *км*. В качестве расчетной принимаем двухслойную модель с плоско-параллельными границами раздела и параметрами: $\rho_1=100$ *Ом.м*; $h_1=100$ *м*; $\rho_2=1000$ *Ом.м*; $h_2=>\infty$ [2]. Найдем величину ρ_V пласта, обусловившего 20%-ную вариацию «кажущегося сопротивления» ($\Delta\rho_k^r=20$ %). Для этого рассчитаем зависимость $\Delta\rho_k^r=f(\rho_V)$ для ряда значений ρ_V, составляющих 0,154; 0,222; 0,333; 0,71; 1,0 от электросопротивления вмещающего слоя (ρ_2). По результатам расчетов построен график, представленный на рис. 2, из которого находим, что в рамках принятой модели 20%-ная вариация ρ_k вызывается уменьшением сопротивления пласта примерно в три раза.

Район расположения АрмАЭС в геоэлектрическом отношении, по данным ряда исследователей (Саркисян Л. А., Мириджанян Р. Т., Яникян О. А. и др.), характеризуется весьма неоднородным строением. В северной части района условия для глубинного электрического зондирования более благоприятны вследствие значительно меньшей величины суммарной проводимости осадочного «чехла», что обусловлено, в основном, понижением удельного электрического сопротивления пород с севера на юг и большей глубиной залегания кристаллического фундамента на юге. Поэтому нами выбраны две расчетные модели осредненных геоэлектрических разрезов (Саркисян Л. А.): для северной части (I)—$\rho_1=200$ *Ом·м*; $h_1=10$ *м*, $\rho_2=1300$ *Ом·м*; $h_2=450$ *м*; $\rho_3=6$ *Ом·м*; $h_3=300$ *м*; $\rho_4=50$ *Ом·м*; $h_4=400$ *м*; $\rho_5=8$ *Ом·м*; $h_5=2000$ *м*; и для южной (II)—$\rho_1=30$ *Ом·м*; $h_1=100$ *м*; $\rho_2=200$ *Ом·м*; $h_2=400$ *м*; $\rho_3=4,0$ *Ом·м*; $h_3=400$ *м*; $\rho_4=40$ *Ом·м*; $h_4=600$ *м*; $\rho_5=6$ *Ом·м*; $h_5=2500$ *м*.

Этот комплекс подстилается породами мелового возраста с электросопротивлением порядка 300 *Ом. м* при мощности 1 *км*.

Удельное электрическое сопротивление «гранитного слоя» было принято равным $\rho_7=3\cdot10^4$ *Ом. м*.

Для этих моделей рассчитаны кривые дипольного зондирования с разносами от 1,0 до 170 *км*: базовые кривые $\rho_6^{I,II}$, представленные на рис. 3, соответствуют собственно шестислойным разрезам (I) и (II); и аномальные кривые—для моделей с пластом пониженного $\rho_V=0,339$ (ρ_7) удельного электросопротивления. Мощность пласта по-прежнему 2 *км*, глубина залегания его кровли согласно гистограмме (рис. 2)—16 *км*. Относительные изменения «кажущегося сопротивления» для ряда разносов приведены в первой и четвертой строках табл. 1.

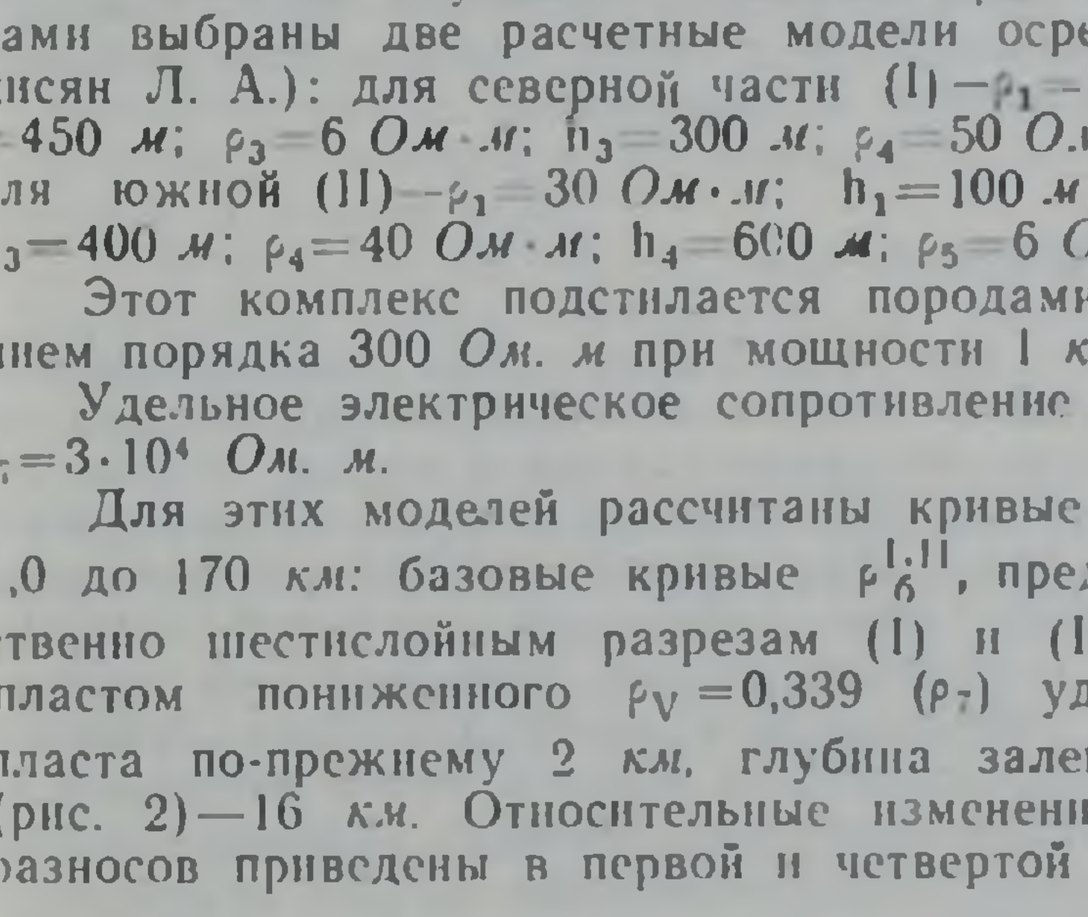

Рис. 3

Таблица 1

№	№ (км)	29	41	58	82	116	164
I	$\rho_k^{16}10^2$ (%)	0,7	1,8	2,8	3,7	4,3	4,7
	ΔV (μV)	2200	1100	550	270	140	70
	$\rho_k^6\cdot10^2$ (%)	3,7	4,4	4,8	5,1	5,3	5,4
II	$\rho_k^{16}\cdot10^2$ (%)	—	0,3	0,9	1,5	2,0	2,4
	ΔV (μV)	1300	630	320	160	80	40
	$\rho_k^6\cdot10^2$ (%)	2,6	2,8	3,0	3,1	3,15	3,2

При использовании Гармского варианта МГД-установки «Памир—1» ($M=3,6\cdot10^6$ *А·м*) в приемной линии (MN) длиной 1 *км*, расположенной на оси диполя, будут получены значения разности потенциалов (ΔV), приведенные во второй и в пятой строках табл. 1.

Уровень электрических помех в районе АрмАЭС очень высок, что обусловлено большой густотой сети электрифицированных железных дорог и высокоразвитой промышленностью. Напряженность поля инфранизкочастотных помех, обусловленных теллурическими токами, также велика и на различных участках колеблется в пределах от десятков милливольт до нескольких вольт на 1 *км* (Саркисян Л. А.).

Из данных табл. 1 следует, что при электрическом зондировании с МГД-генератором для целей прогноза в районе АрмАЭС необходимо обеспечить измерение амплитуды одиночных сигналов порядка 0,5—1 *мВ* с погрешностью менее 0,02% на фоне помех, соизмеримых с величиной сигнала или даже значительно превышающих его.

При уменьшении активного сопротивления диполя согласно с установкой «Памир—1» можно значительно (на порядок) повысить уровень сигнала. Однако низкая эффективность метода обусловлена прежде всего неблагоприятными геоэлектрическими условиями района. Практически весь ток источника концентрируется в мощной толще хорошо проводящих пород «чехла» со средним удельным электросопротивлением от 6 до 20—25 *Ом.м*, поскольку они подстилаются высокоомными (несколько сотен *Ом. м*) породами мела, залегающими на весьма высокоомных (десятки тысяч *Ом.м*) породах «фундамента». Поэтому породы мела и кровля «гранитного слоя» очень сильно экранируют нижележащие неоднородности. В этом нетрудно убедиться, сравнив относительную величину вариации ρ_k, рассчитанную для Гарма ($\Delta\rho_k^{\Gamma} = 18\%$), с величинами, вычисленными на моделях полигона АрмАЭС при 6-километровой глубине залегания пласта (строки 3 и 6 табл. 1).

Как видно, в условиях полигона АрмАЭС вариация была бы в сотни раз меньше. Кроме того, максимум вариации смещается в сторону больших значений разноса ($V_A < 170$ *км*, вместо $V_A \approx 30$ *км*), что также является следствием эффекта экранирования.

Кроме основного «регионального экрана» в районе также имеются локальные экраны, представленные высокоомными породами соленосногипсоносной свиты, которые на отдельных участках служат опорным горизонтом при электрических зондированиях и МТП (Саркисян Л. А.).

Наличие мощной хорошопроводящей толщи определяет необходимость учета процесса становления поля, длительность которого здесь составляет 50—60 *с*. При длительности импульса тока установки «Памир»—1—2 *с*, этот быстро изменяющийся процесс будет существенно искажать результаты зондирования.

Заключение

В работе оцениваются прогностические возможности методики зондирования на постоянном токе с МГД-генератором в районе расположения АрмАЭС. Сделан вывод о низкой прогностической эффективности методики в данном районе в силу следующих причин: влияние области изменения ρ, образующейся в процессе подготовки землетрясения, на результаты измерений будет существенно ослабляться региональным и локальными экранами электрического поля и большой глубиной залегания очагов; реализация необходимой точности измерений весьма затруднительна вследствие малой величины полезного сигнала, обусловленной необходимостью значительных разносов, низким удельным электросопротивлением верхней части разреза и недостаточным выходным напряжением МГД-генератора; высокого уровня электрических помех; большой длительности процесса становления поля.

Вышеперечисленных недостатков в различной степени лишены методы гармонического тока и неустановившихся процессов, особенно при изучении магнитной составляющей поля, перспективность которых в целях прогноза землетрясений заслуживает исследования.

В заключение авторы считают своим долгом выразить благодарность К. А. Агамаляну и Р. Т. Мириджаняну за большую помощь в работе и Л. А. Саркисян за ценные консультации и помощь, а также Р. А. Манляну за идею написания этой работы.

СКБ НКГСПС
АН АрмССР

Поступила 29.XII.1980

ЛИТЕРАТУРА

1. *Асланян А. Т., Аракелян Ф. О., Агамалян К. А. и др.* Анализ сейсмических условий района Армянской атомной электростанции (Араратская долина).—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1982, № 5.
2. *Барсуков О. М.*, Поиски электрических критериев прогноза землетрясений.—В кн. Экспериментальная сейсмология. М.: Наука, 1971.
3. *Ваньян Л. Л.*, Основы электромагнитных зондирований. М.: Недра, 1965.
4. *Заборовский А. И.* Электроразведка. М.: Гостоптехиздат, 1963.
5. *Морохов И. Д., Велихов Е. П., Волков Ю. М.*, Импульсные МГД-генераторы в глубинное электромагнитное зондирование земной коры.—Атомная энергия, 1978, т. 44, № 3.

6. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. М.: Наука, 1977.
7. *Сидорин А. Я., Журавлев В. И., Нерсесов И. Л.*, Рекомендации по использованию для прогноза землетрясений метода глубинного электрического зондирования земной коры с МГД-генераторами.—Деп. ВИНИТИ, № 2223—79, М.: 1979.
8. *Сидорин А. Я., Журавлев В. И., Нерсесов И. Л.*, Основные результаты наблюдений за вариациями кажущегося сопротивления в сейсмоактивном районе.—Деп. ВИНИТИ, № 3792—79, М.: 1979.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 3, 63—65, 1987.

УДК: 550.348.098

А. Х. БАГРАМЯН, Е. И. ПАТАРАЯ, П. О. ДЖИДЖЕЙШВИЛИ,
Д. И. СИХАРУЛИДЗЕ, Н. П. ТУТБЕРИДЗЕ

МЕХАНИЗМЫ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ АНАТОЛИИ

Механизмы очагов землетрясений изучены в основном вдоль Северо-Анатолийского разлома и в главном сейсмогенном—Ванском узле Восточной Анатолии.

Механизмы очагов землетрясений были определены по знакам вступления первых Р-волн, данные о которых имеются в сейсмологических бюллетенях. Решения механизмов очагов землетрясений осуществлялись на ЭВМ по алгоритму, описанному в работе [1]. Данные о механизмах очагов землетрясений наряду с сейсмичностью и геолого-геофизическими данными о регионе используются для определения направления тектонически живущих разломов и векторов относительного смещения примыкающих литосферных блоков или плит. Данные о механизмах очагов использованных землетрясений приведены в табл. 1. Данные о координатах, глубинах, магнитудах, знаках смещения брались из Международного сейсмологического бюллетеня. Были рассмотрены землетрясения с магнитудой выше 4. При определении механизмов очагов землетрясений с $M \geqslant 6$ в большинстве случаев участвовало более ста станций. Гипоцентры землетрясений, для которых определялись механизмы, расположены в земной коре.

В работах [2—5] приводится довольно много данных о механизмах очагов землетрясений Северо-Анатолийского разлома. Определенные нами механизмы очагов землетрясений вдоль этого разлома в основном согласуются с результатами упомянутых выше работ.

По совокупности полученных данных в зоне разлома доминирует близгоризонтальная ориентация осей напряжения сжатия и растяжения при вертикальной ориентации промежуточного напряжения, т. е. вдоль разлома преобладают движения типа сдвига. Для всех очагов рассмотренных землетрясений одна из плоскостей разрыва, как правило, совпадает с направлением Северо-Анатолийского глубинного разлома, падает почти круто и содержит незначительные величины компоненты по падению.

Движения, установленные по относительным векторам смещений, на основе механизмов очагов являются правосторонними для Северо-Анатолийского разлома. Расположение и простирание этого разлома хорошо изучено по геолого-геофизическим данным.

На основании механизма очагов землетрясений, расположенных в районе синклинория Западного Понта, можно заключить, что синклинорий испытывает растяжение в субмеридиональном направлении; и по сбросовым движениям вдоль разломов происходит оседание земной коры.

Субмеридиональная полоса разрывных нарушений, представляющих собой правосторонний сдвиг, протягивается в районе ущелья р. Кызыл-Ирмак и к югу примыкает к Тузгельскому грабену.

В северной части Ванского сейсмогенного узла Восточной Анатолии механизмы очагов землетрясений можно приурочить в основном к трем главным разломам, соединяющимся здесь: Северо-Анатолийскому, Аресано-Казбекскому и Восточно-Анатолийскому. Следовательно, механизмы очагов в этой области характеризуются разными направлениями плоскости разрыва и сдвиговыми смещениями. Правосторонние сдвиги юго-восточного простирания приурочены к Северо-Анатолийскому разлому, а левосторонние сдвиги юго-западного простирания связаны с Аресано-Казбекским и Восточно-Анатолийским разломами.

В южной части сейсмогенного узла очаги землетрясений дугообразно окаймляют Восточный Тавр. Все они имеют взбросовый характер, а напряжения сжатия располагаются дугообразно вкрест простирания хребта.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии
АН Армянской ССР,
Институт геофизики АН Грузинской ССР

Поступила 7.IX.1986.

6. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. М.: Наука, 1977.
7. *Сидорин А. Я., Журавлев В. И., Нерсесов И. Л.*, Рекомендации по использованию для прогноза землетрясений метода глубинного электрического зондирования земной коры с МГД-генераторами.—Деп. ВИНИТИ, № 2223—79, М.: 1979.
8. *Сидорин А. Я., Журавлев В. И., Нерсесов И. Л.*, Основные результаты наблюдений за вариациями кажущегося сопротивления в сейсмоактивном районе.—Деп. ВИНИТИ, № 3792—79, М.: 1979.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 3, 63—65, 1987.

УДК: 550.348.098

А. Х. БАГРАМЯН, Е. И. ПАТАРАЯ, П. О. ДЖИДЖЕЙШВИЛИ,
Д. И. СИХАРУЛИДЗЕ, Н. П. ТУТБЕРИДЗЕ

МЕХАНИЗМЫ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ АНАТОЛИИ

Механизмы очагов землетрясений изучены в основном вдоль Северо-Анатолийского разлома и в главном сейсмогенном—Ванском узле Восточной Анатолии.

Механизмы очагов землетрясений были определены по знакам вступления первых Р-волн, данные о которых имеются в сейсмологических бюллетенях. Решения механизмов очагов землетрясений осуществлялись на ЭВМ по алгоритму, описанному в работе [1]. Данные о механизмах очагов землетрясений наряду с сейсмичностью и геолого-геофизическими данными о регионе используются для определения направления тектонически живущих разломов и векторов относительного смещения примыкающих литосферных блоков или плит. Данные о механизмах очагов использованных землетрясений приведены в табл. 1. Данные о координатах, глубинах, магнитудах, знаках смещения брались из Международного сейсмологического бюллетеня. Были рассмотрены землетрясения с магнитудой выше 4. При определении механизмов очагов землетрясений с $M \geqslant 6$ в большинстве случаев участвовало более ста станций. Гипоцентры землетрясений, для которых определялись механизмы, расположены в земной коре.

В работах [2—5] приводится довольно много данных о механизмах очагов землетрясений Северо-Анатолийского разлома. Определенные нами механизмы очагов землетрясений вдоль этого разлома в основном согласуются с результатами упомянутых выше работ.

По совокупности полученных данных в зоне разлома доминирует близгоризонтальная ориентация осей напряжения сжатия и растяжения при вертикальной ориентации промежуточного напряжения, т. е. вдоль разлома преобладают движения типа сдвига. Для всех очагов рассмотренных землетрясений одна из плоскостей разрыва, как правило, совпадает с направлением Северо-Анатолийского глубинного разлома, падает почти круто и содержит незначительные величины компоненты по падению.

Движения, установленные по относительным векторам смещений, на основе механизмов очагов являются правосторонними для Северо-Анатолийского разлома. Расположение и простирание этого разлома хорошо изучено по геолого-геофизическим данным.

На основании механизма очагов землетрясений, расположенных в районе синклинория Западного Понта, можно заключить, что синклинорий испытывает растяжение в субмеридиональном направлении; и по сбросовым движениям вдоль разломов происходит оседание земной коры.

Субмеридиональная полоса разрывных нарушений, представляющих собой правосторонний сдвиг, протягивается в районе ущелья р. Кызыл-Ирмак и к югу примыкает к Тузгельскому грабену.

В северной части Ванского сейсмогенного узла Восточной Анатолии механизмы очагов землетрясений можно приурочить в основном к трем главным разломам, соединяющимся здесь: Северо-Анатолийскому, Аресано-Казбекскому и Восточно-Анатолийскому. Следовательно, механизмы очагов в этой области характеризуются разными направлениями плоскости разрыва и сдвиговыми смещениями. Правосторонние сдвиги юго-восточного простирания приурочены к Северо-Анатолийскому разлому, а левосторонние сдвиги юго-западного простирания связаны с Аресано-Казбекским и Восточно-Анатолийским разломами.

В южной части сейсмогенного узла очаги землетрясений дугообразно окаймляют Восточный Тавр. Все они имеют взбросовый характер, а напряжения сжатия располагаются дугообразно вкрест простирания хребта.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии
АН Армянской ССР,
Институт геофизики АН Грузинской ССР

Поступила 7.IX.1986.

№	Дата ч., м., г	Время в очаге	Координаты				I плоскость разрыва			
			M	h	φ	λ	вектор падения		компоненты подвижки	
							$A°_z$	e°	sin	cos
1	07.09.1953	03.58.57	6.5	33	41.0	33.0	199	32	−0.03	−1.0
2	20.02.56	20.31.37	5.9	33	39.87	30.49	147	32	−0.53	−0.85
3	26.05.57	06.33.31	7.0	33	41.0	31.0	19	32	−0.50	−0.87
4	07.07.57	05.58.48	6.0	33	38.5	40.0	164	45	+0.39	+0.92
5	18.09.63	16.58.09	6.3	35	40.77	29.12	113	15	−0.97	−0.24
6	06.10.64	14.31.19	6.0	10	40.3	28.2	337	58	+0.98	+0.17
7	19.08.66	12.22.10	6.8	24	39.2	41.6	108	50	−0.75	+0.65
8	22.07.67	16.56.55	7.0	14	40.7	30.8	284	71	−1.0	−0.09
9	26.07.67	18.50.00	6.2	33	39.54	40.33	170	49	+0.58	+0.81
10	13.04.71	12.52.34	5.9	13	39.0	29.9	201	85	−0.99	−0.10
11	22.05.71	16.44.02	6.8	15	39.5	40.52	221	71	−0.95	−0.31
12	25.05.71	05.43.27	7.0	24	39.0	29.7	212	62	−0.31	−0.95
13	06.11.71	19.43.46	5.0	14	39.0	29.0	201	45	−0.74	−0.67
14	22.03.72	00.51.51	5.7	34	40.03	42.01	337	58	+0.64	+0.77
15	10.09.73	03.02.05	4.7	39	38.48	39.64	145	45	+0.26	+0.97
16	01.02.74	00.01.02	5.2	24	38 55	27.22	35	75	−0.71	−0.71
17.	21.01.75	17.50.25	4.5	23	39.07	30.67	228	71	−0.19	−0.98
18	15.07.75	21.59.27	4.7	18	40.93	36.08	284	32	+0.81	+0.59
19	06.09.75	09.20.12	6.0	32	38.51	40.77	214	49	+0.34	+0.94
20	06.09.75	10.52.17	5.1	47	38.46	40.82	201	71	−0.45	−0.89
21	12.01.76	22.41.52	4.9	56	38.61	43.20	220	84	+0.71	+0.71
22	20.04.76	20.18.04	4.9	25	40.02	43.00	40	58	+1.0	+0.03
23	29.04.76	22.18.08	5.0	30	40.96	42.87	193	84	−0.28	−0.96
24	09.06.76	17.02.33	4.9	40	39.24	29.15	126	84	+0.09	−1.0
25	14.06.76	06.52.37	4.7	23	39.34	29.27	145	71	−0.68	−0.73
26	20.08.76	13.28.51	4.8	23	39.95	29.03	296	45	+0.91	+0.41
27	05.09.76	22.07.34	5.0	17	38.51	40.92	147	72	−0.47	−0.88
28	02.10.76	10.06.03	4.7	53	39.47	39.95	284	71	+0.95	+0.31
29	24.02.77	20.47.18	5.0	20	38,55	27.66	71	71	−0.45	−0.89
30	23.03.77	11.55.54	4.2	23	39.63	28.65	330	71	+0.53	+0.85
31	25.03.77	02.39.59	5.0	29	38.59	40.03	22	58	−0.72	−0.69
32	25.09.77	19.56.57	4.4	18	38.64	31.03	258	45	+0.41	+0.91
33	09.12.77	15.53.38	4.8	27	38.35	27.23	70	32	+0.07	+1.0
34	16.12.77	07.37.29	5.3	24	38.41	27.19	123	59	−0.75	−0.66
35	15.02.78	03.17.29	4.7	48	39.67	39.88	3	58	−1.0	−0.09
36	15.06.78	00.26.45	4.6	28	40,79	27.68	69	45	+0.41	+0.91
37	04.07.78	22.39.16	4.9	23	39.45	33.19	84	24	−0.91	−0.41
38	21.09.78	11.08.48	4.6	31	38.06	38.65	12	45	−0.98	−0.17
39	06.12.78	13.09.18	4.6	17	40.5	34.97	276	32	+0.94	+0.34
40	19.01.79	23.36.59	4.9	11	39.91	39.6	84	16	+0.21	−0.98
41	18.06.79	21.22.09	4.7	43	40.78	31.85	191	73	−0.33	−0.95
42	18.07.79	13.12.02	5.2	7	39.66	28.65	196	58	−0.47	−0.88
43	18.10.80	03.14.10	5.1	37	39.91	40.31	126	15	−0.99	−0.14
44	26.04.81	14.13.24	5.0	50	36.29	30.58	164	75	+0.29	+0.96
45	09.12.82	22.31.41	4.7	33	38.68	40.63	145	71	+0.45	+0.89

ЛИТЕРАТУРА

1. *Желанкина Т. С., Кейлис-Борок В. И., Писаренко В. Ф., Пятецкий-Шапиро И. И.* Определение механизма землетрясений на цифровой электронной вычислительной машине—В кн.: Алгоритмы интерпретации сейсмических данных (Выч. сейсм. Вып. 5)—М.: Наука, 1971, с. 3—27.
2. *Широкова Е. И.* Общие закономерности в ориентации главных направлений в очагах землетрясений Средиземноморского-Азиатского сейсмического пояса.—Изв. АН СССР, сер. геофиз. 1967, № 1, с. 22—36.

Таблица 1

II плоскость разрыва				Оси напряжения				Промежуточное	
вектор падения		компоненты подвижки		сжатия, t		растяжения, k		x	
A°_{z}	e°	sin	cos	A°_{z}	e°	A°_{z}	e^{0}	A^{0}_{z}	e^{0}
15	58	+0.02	−0.0	3	77	195	13	115	1
228	66	+0.34	−0.94	248	62	118	18	32	22
163	62	+0.31	−0.95	134	69	359	16	263	16
312	50	−0.41	+0.91	147	2	245	73	57	16
213	3	+0.26	−0.97	199	46	47	41	305	15
73	81	−0.83	+0.56	291	15	30	29	175	56
348	61	+0.74	+0.67	139	7	40	52	231	35
15	82	+0.96	−0.29	331	17	238	10	116	70
307	49	−0.54	+0.84	149	0	239	67	54	21
292	84	+0.96	−0.28	247	15	156	6	49	63
57	72	+0.94	−0.34	9	26	279	1	184	63
356	33	+0.47	−0.88	248	67	18	15	112	16
320	62	+0.62	−0.79	274	56	169	80	72	22
99	50	−0.72	+0.69	130	5	85	57	221	33
306	47	−0.23	+0.97	135	1	230	80	46	9
70	46	+0.96	−0.29	7	42	114	18	226	41
16	22	+0.50	−0.87	240	62	39	25	133	11
38	76	−0.45	+0.89	240	25	5	50	136	25
4	45	−0.37	+0.93	20	2	281	74	109	16
323	33	+0.82	−0.57	0	21	236	55	98	24
316	45	−0.99	+0.14	6	25	257	35	123	45
136	81	−0.85	+0.53	354	15	93	29	241	57
302	18	+0.94	−0.33	211	48	358	37	136	24
261	8	0	+0.0	301	39	133	51	35	5
254	47	+0.90	−0.44	189	46	295	15	100	16
45	72	−0.67	+0.74	255	16	2	46	152	40
295	62	+0.28	−0.96	262	69	127	16	33	14
20	73	−0.94	+0.34	241	1	332	26	150	63
14	33	−0.81	−0.59	286	56	51	21	151	25
87	37	−0.83	+0.56	126	20	8	53	228	30
345	53	+0.75	−0.66	284	52	18	03	107	37
46	50	−0.37	+0.93	242	2	340	73	150	17
244	58	−0.05	+0.97	66	13	234	77	335	1
240	59	+0.73	−0.68	184	52	91	3	0	38
38	86	+0.54	−0.84	8	40	244	34	130	31
217	50	−0.37	+0.93	52	2	150	73	320	26
151	65	+0.99	−0.10	106	22	207	13	324	66
108	84	+0.71	−0.71	71	35	321	25	225	44
25	79	−0.50	+0.87	228	27	353	48	120	30
11	79	+0.87	−0.50	17	50	178	38	275	10
234	72	+0.14	−0.99	225	63	59	27	325	6
310	8	+0.59	−0.81	182	51	350	39	87	23
209	88	+0.28	−0.96	180	45	47	41	302	16
294	22	−0.74	+0.67	331	28	185	57	70	16
267	33	−0.78	+0.63	305	21	180	55	44	26

3. *Me Kenzie P. P.* Active tectonics of the Alpine-Hima-layan belt. The Algedn Sea and Zurrounding regions (tectonics of the Aogean region) Geophys. J. R. Astron. Soc. 55, p. 217—254, 1978.
4. *Nowroozi A. A.* Seismotectonics of the Persian Eastern Turkey Caucasus and Hindu-Kush regions. Bull. Seismol. Soc. Am. v. 61, p. 317—341, 1971.
5. *Nowroozi A. A.* Focal mechanizm of earthquakes in Persia, Turkey, West Pakistan and Afganistan and plate tectonics of Middle East. Bull. Şeism. Soc. America., v. 62, № 3, 1972, June, pp. 832—850.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 3, 66—67, 1987

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК: 624.191.042

Е. Г. ЗАВРИЯН

ОПЫТ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ МЕТОДОМ ДИНАМОМЕТРИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА

При строительстве туннелей в сложных геологических условиях является весьма важным точно выявить напряжения в туннельной обделке. Это позволит уже в начале строительства определить наличие резервов в работе тоннельной конструкции, выяснить в натурных условиях коэффициент запаса туннельной обделки.

Для непосредственного измерения напряжений в бетонном сооружении нами разработана конструкция прибора консольного динамометра [1]

Работу консольных динамометров при измерении напряжений методом динамометрического разреза изучали на бетонной модели размерами 52×59 и высотой 32 *см* (рис. 1)

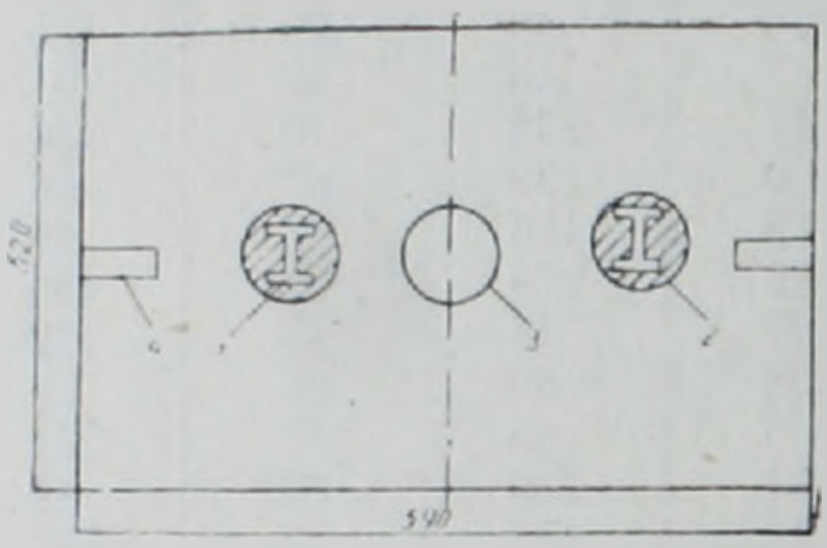

Рис. 1. Бетонная модель для тарировки. 1—динамометры; 2 и 3—трубы диаметром 5 *см*, длиной 40 и 70 *см*; 4—пластины 50×80 и толщиной 0,5 *см*.

При бетонировании в модель закладывали металлические листы, две трубы диаметром 52 *мм* длиной 40 *см* и одна труба диаметром 52 *мм*, длиной 70 *см*. Короткие трубы закладывались в бетон на длину 30 *см* и через день после бетонирования извлекали, а в отверстия закладывали консольные динамометры.

Металлические пластины и среднюю трубу оставляли в модели до момента испытаний.

Бетон для модели изготовляли на литоидной пемзе. Состав на 1 м^3: цемент—240, щебень 710, песок 535, вода 295. По данным испытаний в возрасте 28 суток средняя прочность 10,5; 13,4 и 9,5 *мПа*. В среднем марка бетона составила 10,3 *мПа*, при коэффициенте вариации 17,5%, модуль деформации бетона 9300 *мПа* при коэффициенте вариации 13,4%.

Таблица 1

Результаты испытания бетонной модели

Сжимающее напряжение, создаваемое прессом σ_0	Измеренные деформации по динамометрам $w \cdot 10^{-3}$ *мм*		Напряжения в бетоне, измеренные динамометрами $\sigma_{дин}$ МПа			$\sigma_{дин}/\sigma$
	1	2	1	2	$\sigma_{дин}$	
1,0	18	8	1,25	0,7	0,97	0,97
1,5	22	12	1,53	1,04	1,29	0,86
2,0	25	16	1,74	1,39	1,56	0,78
2,5	31	24	2,16	2,08	2,12	0,85
3,0	33	29	2,30	2,50	2,40	0,80
3,5	37	34	2,58	2,95	2,76	0,79
4,0	39	38	2,72	3,30	3,01	0,75
5,0	43	48	3,0	4,16	3,58	0,72
5,5	46	53	3,21	4,59	3,90	0,71
6,2	49	58	3,42	5,02	4,22	0,68
6,7	52	65	3,63	5,63	4,63	0,69
7,0	61	78	4,24	6,76	5,50	0,78
8,4	22		Модель интенсивно разрушалась			

Модель испытывалась при следующих этапах разгрузки:
I и II этап—с металлическими пластинами и средней трубой.
III этап—с металлическими пластинами, но без трубы,
IV—V этап—без пластин и без трубы. Результаты испытаний даны в табл. 1.

Напряжение в бетоне, измеренное динамометрами на уровне горизонтальной оси модели, определяли по формуле:

$$\sigma_{дин} = \frac{w_i}{w_0} \cdot \frac{a_0}{a_i} \sigma_{полки}$$

где w_i—деформация на консольном динамометре; w_0—удельная деформация консоли; a_0—ширина полки динамометра; a_i—ширина целика. $\sigma_{полки} = 1{,}43$ *мПа*; $w_0 = 3{,}5 \cdot 10^{-3}$ *мм*.

Подстановка соответствующих величин дала:

$$\sigma_{дин} = 1{,}43 \cdot 10^4 \frac{w_i}{a_i}.$$

На каждом этапе разгрузки коэффициент передачи истинных напряжений увеличивался.

При IV—V этапе разгрузки коэффициент передачи истинных напряжений равен 0,78.

Результаты статистической обработки дали следующие коэффициенты вариации: для этапа разгрузки I—II—6,2%, для этапа разгрузки III—13%, для этапа разгрузки IV—V—10,6%.

Максимальная ошибка в оценке начальных напряжений при надежности 99,9% для этих этапов разгрузки равна: 0,167, 0,161, 0,104 *мПа*.

Полученные коэффициенты вариации следует считать удовлетворительными.

Таким образом, при проведении натурных измерений напряжений методика вполне приемлема.

Ереванская лаборатория тоннелей

Поступила 10.VI.1983.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Завриян Е. Г.* Натурные измерения напряжений туннельных обделок. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1986, № 1, с. 76—78.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 3, 67—70, 1987

УДК: 553.3/.4.078 (479.25)

РЕЦЕНЗИИ

А. И. КАРАПЕТЯН

О КНИГЕ А. Г. КАЗАРЯНА «ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГЛАВНЫХ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАНГЕЗУРА»[1]

Издательство Академии наук Армянской ССР в 1984 г. выпустило книгу безвременно ушедшего из жизни неутомимого исследователя рудных месторождений Армении Акопа Гургеновича Казаряна. Будучи одним из ведущих специалистов в области метасоматизма и рудогенеза, А. Г. Казарян в своих исследованиях важное место отводил изучению метасоматических образований, рассматривая их в качестве важнейших источников информации о миграции химических элементов, необходимой для распознавания ведущего механизма дифференциации вещества земной коры и формирования месторождений полезных ископаемых.

Книга носит монографический характер и освещает вопросы метасоматизма и рудогенеза медно-молибденовых, медных и полиметаллических месторождений Зангезура—уникального рудно-магматического узла Армении.

Рассматривая месторождения полезных ископаемых как часть разнообразных рудномагматических систем, А. Г. Казарян из огромной массы разнообразного исходного материала охватил данные о геологоструктурных, петрогенетических условиях локализации оруденения.

Книга состоит из девяти глав, первые три из которых посвящены особенностям геологического строения и рудоносности Зангезурской рудоносной области в целом (глава I) и ее отдельных частей—Мегри-Сисианского рудного района—(глава II) и Кафанского рудного района (глава III). Дана краткая характеристика особенностей стратиграфии, тектоники и магматизма каждого из отмеченных рудных районов, рассматриваются структурные условия локализаций оруденения. Приуроченность

[1] А. Г. Казарян. Закономерности формирования главных рудных месторождений Зангезура. Ереван: Изд. АН Арм. ССР, 1984, 290 с.

$$\sigma_{дин} = \frac{w_i}{w_0} \cdot \frac{a_0}{a_i} \sigma_{полки}$$

где w_i—деформация на консольном динамометре; w_0—удельная деформация консоли; a_0—ширина полки динамометра; a_i—ширина целика. $\sigma_{полки} = 1{,}43$ *мПа*; $w_0 = 3{,}5 \cdot 10^{-3}$ *мм*.

Подстановка соответствующих величин дала:

$$\sigma_{дин} = 1{,}43 \cdot 10^4 \frac{w_i}{a_i}.$$

На каждом этапе разгрузки коэффициент передачи истинных напряжений увеличивался.

При IV—V этапе разгрузки коэффициент передачи истинных напряжений равен 0,78.

Результаты статистической обработки дали следующие коэффициенты вариации: для этапа разгрузки I—II—6,2%, для этапа разгрузки III—13%, для этапа разгрузки IV—V—10,6%.

Максимальная ошибка в оценке начальных напряжений при надежности 99,9% для этих этапов разгрузки равна: 0,167, 0,161, 0,104 *мПа*.

Полученные коэффициенты вариации следует считать удовлетворительными.

Таким образом, при проведении натурных измерений напряжений методика вполне приемлема.

Ереванская лаборатория тоннелей

Поступила 10.VI.1983.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Завриян Е. Г.* Натурные измерения напряжений туннельных обделок. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1986, № 1, с. 76—78.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 3, 67—70, 1987

УДК: 553.3/.4.078 (479.25)

РЕЦЕНЗИИ

А. И. КАРАПЕТЯН

О КНИГЕ А. Г. КАЗАРЯНА «ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГЛАВНЫХ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАНГЕЗУРА»[1]

Издательство Академии наук Армянской ССР в 1984 г. выпустило книгу безвременно ушедшего из жизни неутомимого исследователя рудных месторождений Армении Акопа Гургеновича Казаряна. Будучи одним из ведущих специалистов в области метасоматизма и рудогенеза, А. Г. Казарян в своих исследованиях важное место отводил изучению метасоматических образований, рассматривая их в качестве важнейших источников информации о миграции химических элементов, необходимой для распознавания ведущего механизма дифференциации вещества земной коры и формирования месторождений полезных ископаемых.

Книга носит монографический характер и освещает вопросы метасоматизма и рудогенеза медно-молибденовых, медных и полиметаллических месторождений Зангезура—уникального рудно-магматического узла Армении.

Рассматривая месторождения полезных ископаемых как часть разнообразных рудномагматических систем, А. Г. Казарян из огромной массы разнообразного исходного материала охватил данные о геологоструктурных, петрогенетических условиях локализации оруденения.

Книга состоит из девяти глав, первые три из которых посвящены особенностям геологического строения и рудоносности Зангезурской рудоносной области в целом (глава I) и ее отдельных частей—Мегри-Сисианского рудного района—(глава II) и Кафанского рудного района (глава III). Дана краткая характеристика особенностей стратиграфии, тектоники и магматизма каждого из отмеченных рудных районов, рассматриваются структурные условия локализаций оруденения. Приуроченность

[1] А. Г. Казарян. Закономерности формирования главных рудных месторождений Зангезура. Ереван: Изд. АН Арм. ССР, 1984, 290 с.

оруденения Мегри—Сисианского рудного района «к контактовой полосе различных по составу пород: в одних случаях в монцонитах, в других—порфировидных гранодиоритах, в третьих—в роговиках или вулканогенных образованиях» А. Г. Казарян объясняет «благоприятными локальными факторами» (стр. 21). В частности, локализация промышленных руд Каджаранского месторождения в монцонитах, Джиндаринского месторождения—в породах гранодиорит-порфирового состава и т. д. рассматривается как литологический контроль оруденения (стр. 21), хотя здесь же (стр. 22) отмечает, что медно-молибденовые месторождения Мегринского плутона контролируются единым Дебаклинским нарушением. Очевидно, здесь решающая роль принадлежит благоприятному сочетанию структурного, магматического, литологического и др. факторов, которые, действуя совместно, обусловили образование и размещение промышленных концентраций руд. Отмечая приуроченность оруденения Кафанского рудного района к брахиантиклинальной складке северо-западного простирания, подчеркивается, что «остается не до конца расшифрованной связь близширотных рудолокализующих разрывов с основными близмеридиональными разломами» (стр. 55). Вместе с тем на стр. 56 читаем «достоверно установлено, что оруденение на Кафане концентрируется как в лежачем боку основных рудоконтролирующих разломов, так и в их висячем боку», а «промышленное оруденение локализуется в лежачем боку разломов потому, что висячий бок представлен нередко породами иного литологического состава, обладающими другими физико-механическими свойствами и меньшей способностью трещинообразования».

В конце второй и третей глав приводятся данные о минеральном составе руд и минералов. Для Мегри-Сисианского рудного района и Каджаранского месторождения в частности подчеркивается относительное повышение содержания молибдена при низких концентрационных количествах меди непосредственно у разлома. Следующий интервал характеризуется интенсивным развитием медно-молибденовых руд, которые сменяются рудами с относительно низкими содержаниями молибдена при сравнительно повышенных показателях меди, что рассматривается как свидетельство о непрерывной смене, без геологических перерывов, между молибденовыми медно-молибденовыми и медными рудами. Описанная картина пространственного размещения различного состава руд также как и приуроченность богатой молибденовой минерализации к Дебаклинскому разлому, а медной—к удаленным от разлома частям, обусловлена особенностями формирования рудовмещающих структур и рудоносных растворов в направлении от Дебаклинского разлома к западу. Естественно, эти изменения могли произойти как в результате многостадийного развития рудообразовательного процесса в пределах одного этапа минерализации, так и в результате многоэтапного рудообразования, как считают В. И. Рехарский и др. [9].

В четвертой главе, посвященной возрастным взаимоотношениям даек и оруденения, А. Г. Казарян справедливо подчеркивает, что «одним из кардинальных вопросов в проблеме генезиса рудных месторождений, а колчеданных в частности, является и остается соотношение даек и оруденения» (стр. 73). Вместе с тем отмечается, что «для медно-молибденовых, полиметаллических, золоторудных, ртутных месторождений этот вопрос не приобретает особой остроты, поскольку на указанных месторождениях в мировом масштабе дайки однозначно датируются как дорудные образования» (стр. 73), хотя при рассмотрении взаимоотношений даек и оруденения на месторождениях Зангезура упоминается, что в начале 40-х годов П. С. Саакян, К. Н. Лягин, А. В. Гуляева считали, что часть даек гранодиорит-порфиров на Каджаранском месторождении имеет пострудный возраст, к такому же выводу в 50-х годах пришла и М. П. Исаенко, а в последнее время, Шипулин Ф. К., Рехарский В. И. и др. [10] в лампрофире, вскрытом на карьере месторождения, выявили «ксенолиты» кварц-молибденовой минерализации, что позволило им сделать вывод о наличии в Каджаранском месторождении послерудных лампрофиров (стр. 74). Для Кафанского рудного поля также отмечаются разногласия в отношении возрастных взаимоотношений даек и оруденения. В частности подчеркивается, что Ю. А. Арапов [1] и А. Е. Кочарян [7] определили возраст большинства диабазовых даек как пострудный, Г. О. Григорян рассматривает эти же дайки как межрудные образования, С. С. Ванюшин [2], Э. Г. Малхасян и Ю. А. Лейе [8] выделяют на месторождении дорудные и пострудные диабазовые дайки. В. Н. Котляр [6] считал, что на Кафанском месторождении развиты дорудные, межрудные и пострудные дайки диабазовых порфиритов (стр. 77).

Автор рецензии на основании личных исследований пришел к выводу, что отмеченные выше разногласия о возрастных взаимоотношениях даек и оруденения нельзя считать результатом неправильных наблюдений, а обусловлены принадлежностью этих месторождений к полигенно-полихронным обарзованиям. Для них характерно совмещение разновозрастных рудномагматических образований со своими комплексами дайковых пород [3, 5].

В пятой главе, названной «Метасоматиты и оруденение», рассматриваются околорудные метасоматиты медно-молибденовых, медных и полиметаллических месторождений. Для медно-молибденовых месторождений предлагается единый зональный ряд метаморфических и метасоматических преобразований: роговики-скарны-пропилиты-вторичные кварциты. При этом приводятся многочисленные таблицы с балансом химических элементов для важнейших разновидностей пород и типов метасоматических изменений. Околорудные метасоматиты медных и полиметаллических месторождений рассмотрены в отдельности для Западного и Восточного блоков и

ленность проявления процесса метасоматизма», последовательность проявления от Шаумянского участка Кафанского рудного поля, где установлена «единая направленность внешних зон к внутренним вполне закономерная: (эпидот-хлоритовая)-(хлорит-серицит-кварцитовая) с постоянным содержанием карбоната. В зонах дробления, больше в приконтактовых полосах разнородных по составу пород, выражены также серицит-ангидритовая, алунит-каолинит-гематитовая, барит-гематитовая фации. «Надрудные» метасоматиты имеют пренит-кварц-карбонатный, кварц-халцедон-цеолитовый, цеолит-карбонат-хлоритовый состав (стр. 134). Этот материал представляет большую ценность и с учетом их геолого-структурной обстановки может быть использован в целях прогнозирования оруденения и при поисково-оценочных работах.

Весьма детально рассмотрены вопросы зональности эндогенного оруденения. На фоне региональной эндогенной зональности оруденения всей территории республики дается зональность разнотипного оруденения и слагающих элементов в пределах Зангезура.

В связи с установленной нами молибденовой минерализацией [4] в пределах Комсомольского рудника Кафанского месторождения (гор. 746 *м*) А. Г. Казарян отмечает, что нами это связывается с соседней Каджаранской зоной, но мы в указанной работе по этому поводу писали «Отчетливо более поздний возраст молибденита по отношению метастазиса колчеданного этапа минерализации и строгая приуроченность его к экзоконтакту пострудной габбро-диоритовой дайки дает основание молибденитовую минерализацию, так же как и развитую здесь гематитизацию связывать с внедрением этой дайки и считать ее оторванной во времени от провышленного колчеданного оруденения» (стр. 220).

В горизонтальных сечениях по рудным телам Западного штокверка от внешних к внутренним зонам устанавливается следующая колонка: пиритовая минерализация—пирит-халькопиритовая минерализация (с блеклыми рудами, сфалеритом, теллуридами), наконец ангидрит-серицитовая с сульфидами (стр. 164). К сожалению остается неясным какие именно сульфиды развиты в составе последней ассоциации.

Две последующие главы работы (VII и VIII) посвящены сравнительной характеристике медно-молибденовых, медноколчеданных и полиметаллических месторождений различных регионов Советского Союза (глава VII) и зарубежных стран (VII). На основании изучения многочисленных литературных источников охарактеризованы особенности геологии месторождений Узбекистана, Центрального Казахстана, Урала, Алтая, Кавказа, Турции, Ирана, Кипра, Югославии, Албании, ФРГ, Чехословакии, Северной Африки, а также Северной и Южной Америки, Кубы. В сжатой форме, часто в виде таблиц, приведена очень ценная и богатая информация, позволяющая заключить о сходствах и отличиях главных рудных месторождений Зангезура с месторождениями других стран. Анализ этого материала будет полезным для решения многих спорных вопросов эндогенной металлогении Зангезура.

На основании обобщения богатого фактического материала, приведенного во всех рассмотренных главах, рассматриваются вопросы генезиса медно-молибденовых, медных и полиметаллических месторождений Зангезура (глава IX). Сделана попытка на примере изученных месторождений Армянской ССР и других регионов «...выявить относительные значения различных окислов, входящих в состав вмещающих пород, для формирования минеральных типов месторождений различных металлов» (стр. 226).

Важное значение имеет вывод о размещении медно-молибденовых месторождений в породах умеренно-кислого состава, средние параметры которых, по мнению А. Г. Казаряна, и создают условия концентрации и выпадения сульфидов меди и молибдена из гидротермальных растворов» (стр. 323).

В конце IX главы рассматривается вопрос взаимоотношений медноколчеданных и медно-молибденовых руд. Отмечая, что «во многих колчеданоносных регионах обнаруженные медно-молибденовые концентрации приурочены к интрузивным породам кварцевых диоритов, гранодиоритов, т. е. удалены от промышленных медноколчеданных месторождений, размещенных в вулканитах андезито-дацитового, дацитового и липарито-дацитового состава» (стр. 246), А. Г. Казарян тем не менее считал, что они «...являются тесно взаимосвязанными, проявляются на послеорогенном этапе развития при условии благоприятного сочетания структурных и литологических факторов» (стр. 263).

В заключение отметим, что можно не соглашаться с отдельными положениями работы, оспаривать некоторые смелые выводы автора о возрасте оруденения, стадийности, зональности рудных полей и роли околорудных метасоматических процессов, но как справедливо отмечают редакторы книги Г. О. Пиджян и Б. М. Меликсетян, нельзя отрицать новизны и оригинальности выдвинутых положений в порядке постановки проблемы. Высокая эрудированность и научная интуиция А. Г. Казаряна подсказывали необходимость пересмотра ряда укоренившихся представлений относительно закономерностей образования и размещения месторождений не только в пределах Зангезура, но и на всей территории Армянской ССР. Новаторский подход к интерпретации фактического материала был характерной особенностью проведенных исследований, позволивших внести существенный вклад в изучение рудных месторождений Армении.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 12.III.1987.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аранов Ю. А.* Кафанское рудное поле, особенности его структуры и генезиса.— Тез. докл. I научн. сессии Института геол. наук АН АрмССР. Ереван: 1945, стр. 7—9
2. *Ванюшин С. С.* Место даечного комплекса Кафанского рудного района Армянской ССР в тектоно-магматической истории развития Сомхето-Карабахской геосинклинали.—ДАН АрмССР, 1959, т. 29, № 2, с. 19—23.
3. *Карапетян А. И.* Типы контактового метаморфизма колчеданных руд вдоль пострудных даек Кафанского месторождения.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1967, № 4, с. 67—92.
4. *Карапетян А. И.* Об обнаружении молибденовой минерализации в пределах Кафанского колчеданно-полиметаллического месторождения.—ДАН АрмССР, 1968, т. 47, № 4, с. 13—19
5. *Карапетян А. И.* Эндогенные рудные формации Памбак-Зангезурской металлогенетической зоны Малого Кавказа. Ереван: Изд. АН АрмССР. 1982. 348 с.
6. *Котляр В. Н.* О соотношении даек и оруденения в магматических комплексах.— Геология и горное дело. 1956. № 28.
7. *Кочарян А. Е.* Комсомольский рудник Кафанского месторождения меди. Ереван: Изд. АН Арм.ССР. 1948. 116 с. (на арм. яз.).
8. *Малхасян Э. Г., Лейе Ю. А.* Рудовмещающие породы Кафанского рудного района в Южной Армении. Ереван: Изд. Кавказ. НТО цветн. металлургии, 1956, 35 с.
9. *Рехарский В. И., Пашков Ю. И., Сихорукова Ю. Г., Аветисян Г. Г.* Гидротермально-метасоматические образования и связь с ними оруденения на Каджаранском месторождении.—В кн.: Метасоматизм и рудообразование. М.: Недра, 1975, с. 26—35.
10. *Шипулин Ф. К., Рехарский В. И., Розбианская А. А., Пашков Ю. И., Капсамун В. П., Звягинцев А. И., Ланге Е. К., Канцель А. В., Аветисян Г. Г., Сихорукова Ю. Г.* Интрузии, гидротермально-метасоматические образования и медно-молибденовое оруденение. М.: Наука, 1975, 210 с.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле XL, №3, 70—71, 1987

УДК 550.348.098.74

РЕЦЕНЗИИ

А. А. СААКЯН

О СТАТЬЕ А. Х. БАГРАМЯНА, А. М. АВЕТИСЯНА, М. Б. МКРТЧЯН, К. А. ЗАКАРЯН «КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕЛЕСЕЙСМИЧЕСКИХ Р-ВОЛН ПО ЗАПИСЯМ СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ АРМЯНСКОЙ ССР»

(Изв. АН АрмССР, Науки о Земле. 1986. № 5. с. 11—17)

Статья А. Х. Баграмяна и др. посвящена изучению отклонений времен первых вступлений сейсмических Р-волн от стандартного годографа Джеффриса-Буллена (Д—Б) для удаленных землетрясений, записанных на ряде сейсмических станций Кавказа (а не АрмССР, как указано в заглавии). Несмотря на то, что вопросам изучения невязок времен первых вступлений Р-волн для телесейсмических землетрясений посвящено большое количество работ, тем не менее исследования такого рода актуальны, так как все время расширяется и обновляется сеть сейсмических станций, повышается качество наблюдений, тем самым появляется возможность более детально и на современном уровне решать задачи, связанные с их изучением. Однако, при кажущейся простоте работы с невязками, эти исследования являются весьма тонкими, прецизионными, особенно в тех случаях, когда дело касается выводов о строении Земли и поэтому требуют особой тщательности в проведении и корректности в изложении результатов.

Рецензируемая статья поражает своей поверхностностью, отсутствием каких либо серьезных результатов, тривиальностью выводов и легковесностью суждений. В статье содержится ряд принципиальных методических ошибок и неточностей. Отметим лишь некоторые из них. Не сформулирована постановка задачи и не приведена методика исследования, а лишь механически соединены некоторые исследования, проводившиеся, по-видимому, отдельными авторами работы, в результате чего получился сумбур.

В самом деле, в статье механически соединены три разнородные работы: расчет станционных поправок для четырех телесейсмических зон по 12 станциям по отношению к годографу Д—Б, подгонка этих поправок к результатам другой работы, с совершенно другой выборкой землетрясений и станций, с расчетом поправок другой методикой по отношению к другому годографу. Еще одна работа, приведенная в

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аранов Ю. А.* Кафанское рудное поле, особенности его структуры и генезиса.— Тез. докл. I научн. сессии Института геол. наук АН АрмССР. Ереван: 1945, стр. 7—9
2. *Ванюшин С. С.* Место даечного комплекса Кафанского рудного района Армянской ССР в тектоно-магматической истории развития Сомхето-Карабахской геосинклинали.—ДАН АрмССР, 1959, т. 29, № 2, с. 19—23.
3. *Карапетян А. И.* Типы контактового метаморфизма колчеданных руд вдоль пострудных даек Кафанского месторождения.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1967, № 4, с. 67—92.
4. *Карапетян А. И.* Об обнаружении молибденовой минерализации в пределах Кафанского колчеданно-полиметаллического месторождения.—ДАН АрмССР, 1968, т. 47, № 4, с. 13—19
5. *Карапетян А. И.* Эндогенные рудные формации Памбак-Зангезурской металлогенетической зоны Малого Кавказа. Ереван: Изд. АН АрмССР. 1982. 348 с.
6. *Котляр В. Н.* О соотношении даек и оруденения в магматических комплексах.— Геология и горное дело. 1956. № 28.
7. *Кочарян А. Е.* Комсомольский рудник Кафанского месторождения меди. Ереван: Изд. АН Арм.ССР. 1948. 116 с. (на арм. яз.).
8. *Малхасян Э. Г., Лейе Ю. А.* Рудовмещающие породы Кафанского рудного района в Южной Армении. Ереван: Изд. Кавказ. НТО цветн. металлургии, 1956, 35 с.
9. *Рехарский В. И., Пашков Ю. И., Сихорукова Ю. Г., Аветисян Г. Г.* Гидротермально-метасоматические образования и связь с ними оруденения на Каджаранском месторождении.—В кн.: Метасоматизм и рудообразование. М.: Недра, 1975, с. 26—35.
10. *Шипулин Ф. К., Рехарский В. И., Розбианская А. А., Пашков Ю. И., Капсамун В. П., Звягинцев А. И., Ланге Е. К., Канцель А. В., Аветисян Г. Г., Сихорукова Ю. Г.* Интрузии, гидротермально-метасоматические образования и медно-молибденовое оруденение. М.: Наука, 1975, 210 с.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле XL, №3, 70—71, 1987

УДК 550.348.098.74

РЕЦЕНЗИИ

А. А. СААКЯН

О СТАТЬЕ А. Х. БАГРАМЯНА, А. М. АВЕТИСЯНА, М. Б. МКРТЧЯН, К. А. ЗАКАРЯН «КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕЛЕСЕЙСМИЧЕСКИХ Р-ВОЛН ПО ЗАПИСЯМ СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ АРМЯНСКОЙ ССР»

(Изв. АН АрмССР, Науки о Земле. 1986. № 5. с. 11—17)

Статья А. Х. Баграмяна и др. посвящена изучению отклонений времен первых вступлений сейсмических Р-волн от стандартного годографа Джеффриса-Буллена (Д—Б) для удаленных землетрясений, записанных на ряде сейсмических станций Кавказа (а не АрмССР, как указано в заглавии). Несмотря на то, что вопросам изучения невязок времен первых вступлений Р-волн для телесейсмических землетрясений посвящено большое количество работ, тем не менее исследования такого рода актуальны, так как все время расширяется и обновляется сеть сейсмических станций, повышается качество наблюдений, тем самым появляется возможность более детально и на современном уровне решать задачи, связанные с их изучением. Однако, при кажущейся простоте работы с невязками, эти исследования являются весьма тонкими, прецизионными, особенно в тех случаях, когда дело касается выводов о строении Земли и поэтому требуют особой тщательности в проведении и корректности в изложении результатов.

Рецензируемая статья поражает своей поверхностностью, отсутствием каких либо серьезных результатов, тривиальностью выводов и легковесностью суждений. В статье содержится ряд принципиальных методических ошибок и неточностей. Отметим лишь некоторые из них. Не сформулирована постановка задачи и не приведена методика исследования, а лишь механически соединены некоторые исследования, проводившиеся, по-видимому, отдельными авторами работы, в результате чего получился сумбур.

В самом деле, в статье механически соединены три разнородные работы: расчет станционных поправок для четырех телесейсмических зон по 12 станциям по отношению к годографу Д—Б, подгонка этих поправок к результатам другой работы, с совершенно другой выборкой землетрясений и станций, с расчетом поправок другой методикой по отношению к другому годографу. Еще одна работа, приведенная в

статье, сущность которой буквально сводится к определению расстояния между двумя точками и расчету соответствующих времен пробега сейсмических волн, не имеет прямого отношения к сути данной статьи.

Основные результаты рассматриваемой статьи приведены на рис. 1 и в табл. 1.

По форме кривые распределения невязок (а не поправок, как указано в подписи) практически не отличаются друг от друга (это легко проверить, сделав копию с одной кривой и сопоставив с другими). Они практически одинаково асимметричны по отношению модального значения, почти с одинаковыми эксцессом и дисперсией, причем это подтверждается значениями эмпирической дисперсии и частоты вблизи моды, которые варьируют в пределах $0{,}9 \div 1{,}23$ и $0{,}35 \div 0{,}42$ c^2 соответственно. Как показывают наши наблюдения и наблюдения других советских и зарубежных авторов, такая однородность в параметрах кривых распределения невязок не наблюдается и они, обычно, варьируют в довольно широких пределах [5]. И это естественно, так как большие невязки, в несколько раз превосходящие стандартные ошибки, даже на лучших мировых станциях встречаются значительно чаще, чем должно быть по нормальному закону. Этот вывод неоднократно подтверждался и при анализе данных Международного Сейсмологического Центра [3].

Здесь нам неясно, что понимают авторы под следующей фразой: «Основные характеристики анализа поправок проводились в соответствии с распределением Стьюдента». Не понятно, как могли характеристики проводится и, что такое характеристики анализа. Судя по таблице и кривым распределения невязок, авторы могли пользоваться распределением Стьюдента для расчета доверительных интервалов, но к сожалению нигде не отмечено, для какого уровня доверия они рассчитаны.

По приведенным в таблице положительным значениям станционных поправок авторы сразу, без учета различий в мощности земной коры, делают вывод о низкоскоростном характере P-волн. Скорее всего существование положительных поправок объясняется различием в толщине земной коры в модели по Джеффрису и под сейсмическими станциями; это различие составляет 7—20 *км* [4]. Отсюда и следует, что станционные поправки, именно за счет различий в мощности земной коры, к годографу Д—Б должны быть положительными, и без их учета никаких выводов о скоростных аномалиях верхней мантии делать нельзя.

На итоговом рис. 2 представлены изолинии скоростных отклонений P-волн, выраженных в процентах и проведенных для глубины 150 *км* (в другом месте эта карта называется картой аномалий времен пробега P-волн). Сразу отметим, что значения отклонений скоростей варьируют в пределах $-2\% \div +1\%$, причем площадь замкнутой —2% изолинией составляет приблизительно 1/40 часть общей рассматриваемой площади.

К этой карте можно сделать много замечаний: правомочность ее построения, значимость отклонений скоростей, полное несоответствие полученного поля отклонений скоростей с полем исходных станционных поправок и др.

Чтобы определить скорость сейсмических волн под площадной группой станций, необходимо, чтобы сейсмические лучи многократно и в разных направлениях пронизывали элементарные объемы. В данной же статье выбранный азимутальный створ довольно узок, что, на наш взгляд, не дает возможность построить карту аномалий скоростей в виде непрерывной функции.

Могли ли авторы оперировать значениями отклонений скоростей лежащих, в основном, в пределах $\pm 1\%$? Дело в том, что поправки были рассчитаны по отношению к годографу Д—Б, причем бюллетенные значения координат гипоцентров тоже определялись по этому годографу, а скоростные аномалии рассмотрены по отношению к модели Херина.

Сравнение моделей по Херину и Джеффрису для коры и верхней мантии до глубины 150 *км* показывает, что различия в скоростях по этим двум моделям составляют 0,12—0,43 *км/с*, что уже дает ошибку 1,5—7%. Как видно, ошибки, вводимые за счет применения другой модели, даже без учета стандартных ошибок наблюдений, в несколько раз превышают значения, которыми оперируют авторы.

По утверждению авторов, полученные станционные поправки (табл. 1) легли в основу построения карты скоростных неоднородностей. Однако, анализ этой карты показывает, что она (условно ее назовем новой) совершенно идентична с картой (назовем ее второй), приведенной в работе [2]. Чтобы понять, что первая карта скопирована, а не вновь получена, но сходна со второй, можно сделать небольшой анализ, сравнивая исходные станционные поправки в обоих случаях. Анализ первой карты показывает на следующие несоответствия:

а) отсутствие на первой карте данных станций Бавра, Гарни, Мецамор и присутствие данных станций Ахалкалаки и Богдановка, тогда как по исходным данным должно было быть наоборот.

б) проведение изолиний С—СЗ от станций Бавра и Степанаван и восточнее от станций Кировабад, Горис, Кармракар, т. е. вне рассматриваемого района, где отсутствуют данные о станционных поправках.

в) проведение +1% изолинии между станциями Ереван и Варденис с практически одинаковыми значениями поправок.

г) станцию Ленинакан с поправкой 1,3 *с* огибает нулевая изолиния, а станцию Ереван с поправкой 1,2 *с* —2% изолиния, причем между этими станциями проведены три изолинии 0; —1; —2%.

д) между станциями Горис и Каджаран с поправками 0,2 и 0,42 *с* проходят две—нулевая и +1% изолинии, а между станциями Горис и Нахичевань с поправками 0,2 и 0,7 *с*—одна, нулевая изолиния, при этом между станциями Ленинакан и Степанаван с поправками 1,3 и 0,8 *с* изолинии отсутствуют.

Таких несоответствий можно перечислить очень много, но и указанные достаточно ярко показывает, что первая карта скопирована со второй, которая построена на основании других данных, для другой выборки станций и землетрясений, с выявлением станционных поправок по отношению к опорной станции и к другому годографу [2].

На основании карты отклонений скоростей, построенной для глубины 150 *км* делаются геологические выводы, причем для ЮВ части Средне-Араксинского прогиба указывается наличие андезито-дацитовой формации Не понятно, как можно делать вывод о составе, еще для такой глубины, когда 1% отклонению скорости Р-волн соответствует отклонение плотности породы порядка 0,019 $г/см^3$.

Последняя часть работы посвящена «оценке эффективности методов распределения невязок». Неясно какие эти «методы распределения невязок» и о какой эффективности идет речь. Смысл цитируемой фразы трудно понять, а в дальнейшем и ее объяснение, так как сталкиваемся с таким набором слов, как «оценка точности оценивается» или «как модель среды рассматривается очаг с точечным источником с любым заданным распределением скоростей» и все это, в буквальном смысле, сводится к приведению двух формул для определения расстояния между двумя точками на поверхности Земли и расчета соответствующих времен пробега сейсмических волн по какому-то теоретическому годографу с «любым заданным распределением скоростей», а «в блоках имеем разные скорости»; причем приведенная формула для определения эпицентрального расстояния неточна. В ней величина среднего радиуса Земли лишняя. Отметим, что эта ошибка повторяется и в другой работе одного из авторов [1], свидетельствующая о том, что это не только не опечатка, но и этой формулой никогда не пользовались.

Кроме вышеприведенных недостатков, касающихся основных результатов работы, можно отметить ряд менее существенных неточностей, таких как путаница в употреблении понятий невязка и поправка, эпицентр-гипоцентр-очаг, время пробега—время вступления, Армянская ССР—Армянское нагорье, которые встречаются в тексте неоднократно.

Так, авторы утверждают, что поправки вычислялись по формуле $f_k(\cdot)$ $t_{набл}-t(x_i y_j)$ тогда как эта величина есть невязка, т. е. единичное значение отклонения времен пробега первого вступления Р-волн для i-той станции и j-того гипоцентра, а поправка это среднеарифметическое по определенной совокупности невязок. В этой формуле $t_{н.бл}$—наблюдаемое время пробега первого вступления Р-волн. Как пишут авторы, эту величину они определяли по сейсмограмме. По сейсмограмме определяется не время пробега, а время вступления, а время пробега определяется разностью времени вступления и времени в гипоцентре

Или такое: величины невязок «получаются в результате определения параметров эпицентра по специальной программе». Во-первых, параметры эпицентра—это его географические координаты (φ, λ), во-вторых, если они путают эпицентр с гипоцентром, который определяется четырьмя параметрами (φ, λ, T_0, h), то для телесейсмических землетрясений одновременное определение параметров гипоцентров и станционных невязок в СССР осуществляется на ЭВМ только в ЦСН ИФЗ АН СССР, при этом, в основном, используются данные опорных станций Следовательно, для большинства станций, данные которых использованы в работе, невязки не могли быть определены по специальной программе, уж не говоря о землетрясениях Индонезии и Средиземноморского региона.

В рассматриваемой статье часто происходит нарушение в логике построения работы, имеются незаконченные фразы и повторения, в некоторых случаях давно известные истины и результаты выдаются как вновь полученные В статье много ошибок редакционного характера. Если в одних случаях можно понять, что хотят сказать авторы, то в других—встречаются такие казусные формулировки, когда фраза приобретает другой смысл.

Например: «Используя [14] (ссылка на источник)[1], где время пробега продольной волны в слое глубиной в 150 *км* составляет 31,6 *с*...». Получается, что волна распространяется в данной литературе, а средняя скорость Р-волны, при распространении через такой слой, будет соизмерима со скоростью распространения поперечной волны.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аветисян А. М., Добровольский И. П., Оганисян Н. В.* Применение конкретных методов определения координат землетрясений на моделях.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1984, № 4, с. 66—69.
2. *Баграмян А. Х., Закарян К. А.* Горизонтальные скоростные неоднородности верхней мантии Кавказа.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1982, № 6, с. 65—73.
3. *Вилмор П. Л., Арнольд Э. П., Кондорская Н. В.* Современное положение и развитие исследований в Международном Сейсмологическом Центре.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1968, № 10, с. 33—44.
4. *Кондорская Н. В., Саакян А. А.* Кинематические особенности Р-волн для землетрясений Амрянского нагорья.—Изв. АН СССР, Физика Земли, 1984, № 8, с. 67—71.
5. *Саакян А. А.* Станционные аномалии времен пробега Р-волн от землетрясений Армянского нагорья.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1982, № 1, с. 62—69.

[1] Примечание рецензента.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XL, № 3, 73—77, 1987

ВЫДАЮЩИЙСЯ УЧЕНЫЙ-ПЕТРОЛОГ И ПЕДАГОГ

(К столетию со дня рождения В. Н. Лодочникова)

Имя Владимира Никитича Лодочникова, выдающегося советского ученого, талантливого педагога, блестящего петролога и минералога, активного члена Всесоюзного минералогического общества, стоит в почетном ряду крупнейших исследователей Геологического комитета—ВСЕГЕИ, создавших новые направления в науке и научные геологические школы.

В. Н Лодочников (Вардан Мкртычевич Лодочникянц) родился в городе Георгиевске (Ставропольского края, Северный Кавказ) 26 (14) мая, 1887 г. в семье армянского коммерсанта. После окончания гимназии в г. Новый Нахичеван (ныне Советский район г. Ростова-на-Дону) с золотой медалью В. Н. Лодочников в 1905 г. поступил в Ленинградский (Петербургский) Горный институт, который блестяще окончил в 1916 году. Фамилия его занесена на золотую доску рядом с именами плеяды выдающихся деятелей Горного института: Е. С. Федорова, А. П. Карпинского, Ф. М. Достоевского, Н. П. Аносова, Г. В. Плеханова, Б. М. Гаршина и многих других.

Еще будучи студентом, В. Н. Лодочников начал свою научную деятельность на кафедре петрографии Горного института с публикации двух статей—о причинах уралитизации и об асбесте в Восточном Саяне. Выдающиеся способности и педагогический талант молодого В. Н. Лодочникова обратили на себя внимание гениального учителя Е. С. Федорова, привлекшего его после окончания института к ведению практических занятий на кафедре. С 1922 по 1930 годы Владимир Никитич работал на кафедре петрографии Горного института, возглавляемой А. Н. Заварицким, сначала преподавателем, а позднее доцентом. На протяжении всей своей научной деятельности Владимир Никитич гордился тем, что он питомец Горного института, а с 1918 года—сотрудник старейшего Государственного Геологического Комитета—ВСЕГЕИ, крупнейшей в мире научной геологической организации.

О преданности В. Н. Лодочникова традициям Горного института говорит и его облик, запечатленный на портрете в форменной фуражке горного инженера, с которой он не расставался до конца своих дней. Таким он запомнился не одному поколению студентов геологических ВУЗ-ов и геологов нашей страны, обучавшихся по созданным им уникальным учебным и методическим пособиям.

В книге «Выдающиеся ученые Геологического Комитета—ВСЕГЕИ» (1982), посвященный когорте заслуженных деятелей науки, внесших весомый вклад в созда-

ние новых направлений и формирование научных геологических школ, достойное место занимает и В. Н. Лодочников. В очерках о роли доктора геолого-минералогических наук-профессора В. Н. Лодочникова в развитии современной петрологии, написанных его учениками—Д. С. Коржинским и М. Н. Ицксон (1982), В. С. Соболевым (1982), Л. Г. Квашой (1964), Т. В. Билибиной, Е. Н. Горецкой, В. Н. Доминиковским (1963), С. Н. Соловьёвым (1948, 1962), Т. Ш. Татевосяном (1962, 1967), Н. Ф. Татришвили и другими, воссоздан образ выдающегося ученого, большого человека, талантливого педагога с разносторонними научными интересами. Неоценим его вклад в отечественную и мировую геологическую науку. Определяя место учеников В. Н. Лодочникова в развитии петрологии, М. Н. Ицксон и Д. С. Коржинский пишут: «...Теперь успешно ведут исследования уже ученики его учеников. Это позволяет говорить о В. Н. Лодочникове, как о родоначальнике научной школы, охватившей несколько возрастных групп ученых, исследующих широкий диапазон научных проблем, но объединенных общностью методологического «лодочниковского» подхода к изучению природных неорганических образований и истолкованию условий их появления и развития».

Основные вехи научной и практической деятельности В. Н. Лодочникова в 20—30-годы связаны с Геолкомом—ВСЕГЕИ, где работали почти все видные геологи страны. По его предложению, в 1930 году была создана петрографическая лаборатория, ставшая базой петрографической школы ВСЕГЕИ, получившей впоследствии всеобщее признание. Здесь работали и в разные годы возглавляли лабораторию такие известные ученые, как Д. С. Коржинский, Б. С. Соболев, Ю. И. Половинкина и др. Одновременно с научной работой во ВСЕГЕИ В. Н. Лодочников в 30—40-ые годы много времени уделял подготовке кадров и научному руководству аспирантами-петрографами ВСЕГЕИ и ИГЕМ АН СССР, а также с большой ответственностью вел консультационную работу с прикомандированными специалистами из различных городов Советского Союза (Ленинграда, Москвы, Иркутска, Тбилиси, Еревана и др.). Нередко он сам выезжал в эти научные центры для консультаций и чтения лекций по кристаллооптике, микроскопической петрографии и породообразующим минералам. По свидетельству его учеников, товарищей по работе и специалистов из различных геологических организаций страны, В. Н. Лодочников не жалел времени на консультации, которые были весьма содержательны и глубоки, часто привлекал к преподаванию своих старших учеников. В воспоминаниях и очерках о своем учителе, в предисловиях к посмертным изданиям работ В. Н. Лодочникова Д. С. Коржинский и В. С. Соболев всегда с благодарностью и неключительной теплотой рассказывали о его высоком научном авторитете «главного петрографа ВСЕГЕИ», эрудированности, сердечности и личном обаянии. Он был острым полемистом, и как истинный ученый не стремился в начальники, был далек от блестящей мишуры славы. Вокруг него всегда была атмосфера доброжелательности и творчества.

В начале тридцатых годов В. Н. Лодочников своими советами и огромным опытом микроскопических исследований значительно облегчил работу конструкторов завода «Прогресс» в создании первого отечественного поляризационного микроскопа, а позднее и федоровского столика. В. Н. Лодочников, не жалея времени, оказывал помощь своими консультациями как геологам-практикам, младшим коллегам по работе, аспирантам, так и конструкторам и откомандированным специалистам из различных регионов нашей страны. Консультации эти создали В. Н. Лодочникову широкую известность среди геологов нашей страны. Можно без преувеличения утверждать, что нет ни одного уголка в СССР, исследование изверженных пород которого проводилось бы без его личного участия.

Еще одна сторона научной деятельности В. Н. Лодочникова—огромный интерес к изучению большого количества петрографических коллекций геологов, ведущих региональные геологические исследования в различных районах СССР. Отдаваясь с большой увлеченностью этой кропотливой работе, Владимир Никитич одновременно пополнял созданную им уникальную коллекцию редкими образцами пород и минералов. Особенно следует отметить работы по Закавказью, в частности, из коллекции А. А. Стоянова им описаны экструзивы и интрузивы Нахичеванской АССР, а также интрузивные и жильные породы СЗ части Мегри-Ордубадского плутона («Микроскопическое исследование пород из района между Дарри-дагом и западной частью Западно-Карабахского хребта» (1925), эффузивные и интрузивные породы Вайка по коллекциям В. Н. Котляра и А. Кржечковского, калиевые щелочные породы уникального Памбакского вулкано-интрузивного комплекса, в которых он впервые обратил внимание на псевдоморфозы по лейциту. В. Н. Лодочников обменивался публикациями, постоянно консультировал, уделял много внимания петрографическим исследованиям К. Н. Паффенгольца, В. Г. Грушевого, А. А. Стоянова, В. Н. Котляра, О. Т. Карапетяна, Т. А. Джрбашяна, Т. Ш. Татевосяна, воспитанников Горного института А. И. Месропяна и Г. А. Пилояна по Армении, своих учеников Т. Г. Кахишвили, Н. Ф. Татришвили по Грузии. Многие питомцы Ленинградского горного института 20—30-х годов, среди них и работавшие в Армении—К. Н. Паффенгольц, А. И. Месропян, Г. А. Пилоян, С. С. Вапюшин, И. Г. Магакьян, с большой теплотой и гордостью вспоминали яркие и образные лекции и консультации Вардана Никитича по петрографии и методам микроскопических исследований.

В многочисленных публикациях названных авторов по геологии и магматизму можно встретить ссылки на выполненные В. Н. Лодочниковым определения, отличающиеся точностью и обстоятельностью. Как пишет В. Н. Котляр, целостное восприятие петрографического разнообразия интрузивного магматизма Армении, в част-

ности Памбак-Зангезурской зоны, позволило В. Н. Лодочникову образно назвать его «природным фейерверком».

Талантливый ученый прожил короткую жизнь, но успел сделать многое, оставив большое наследство во всех областях петрологии. Характерной чертой всего научного творчества В. Н. Лодочникова является постоянное сочетание теории и практики, предельная ясность освещения сложных генетических вопросов. Многогранность таланта, высокая эрудиция в сочетании с огромным трудолюбием, исключительно тонкая наблюдательность отражены в работах, касающихся методического исследования породообразующихся минералов, структур горных пород и региональ-но-петрографических описаний, а также общих теоретических вопросов петрологии и петрогенезиса. Им созданы оригинальные пособия по методам диагностики породообразующих минералов «Основы кристаллооптики» «Главнейшие породообразующие минералы» и оставшийся незаконченным из задуманной трилогии «Федоровский метод». Эти работы, не имеющие себе равных в мировой петрографической литературе, до сих пор являются настольными книгами всех петрографов и выдержали несколько изданий. В предисловии к пятому изданию «Главнейших породообразующих минералов» В. С. Соболев отмечает: «В. Н. Лодочников был непревзойденным мастером оптической диагностики и исследования минералов и как никто другой умел научить этому своих учеников». Этим учебникам свойственны строго логический и четкий стиль, предельная ясность изложения, в них много советов и рекомендаций, основанных на богатейшем личном опыте автора. Открытый и теоретически обоснованный им дисперсионный эффект, широко применяемый при исследовании прозрачных шлифов и диагностике минералов, по праву называется «эффектом Лодочникова».

Подлинным вкладом в советскую и мировую науку явилась монография «Простейшие способы изображения многокомпонентных систем» (1924, 1926), удостоенная Всесоюзной премии, переведенная также на немецкий и английский языки. Д. С. Коржинский (1973), подчеркивая фундаментальное значение этой работы, пишет, что «Особенностью метода В. Н. Лодочникова является отказ от пространственных представлений при изображении многокомпонентных составов и последовательное применение принципа барицентрических проекций при всех графических операциях с векторами составов». В современных петрологических исследованиях призмоугольный треугольник В. Н. Лодочникова получил всеобщее признание и применяется как при анализе минеральных парагенезисов, так и эволюции химизма серии изверженных пород. Он позволяет по анализу линий комплементарности выявлять дискретность в мультиплетных магматических системах и судить о ведущей роли аддитивных или субстрактивных процессов в петрогенезисе.

Важное значение имел русский перевод классической монографии Г. Розенбуша «Описательная петрография» (1934) под редакцией В. Н. Лодочникова, снабженный таким количеством ценных подстрочных примечаний, дополнений и ссылок, что, по мнению специалистов, может рассматриваться как большая научная заслуга.

Не ставя целью дать в этом небольшом очерке полный разбор работ В. Н. Лодочникова, посвященных почти всем разделам петрографической науки, остановимся на основополагающих работах последнего этапа жизни ученого-естествоиспытателя и мыслителя, в которых высказаны идеи, далеко опередившие свое время и ставшие кардинальными проблемами современной петрологии.

Региональ-но-петрографические исследования в различных районах СССР (Воронежская область, Алтай, В. Саяны, Казахстан, Прибайкалье, Кавказ) привели Владимира Никитича к теоретическим обобщениям общепетрологического характера, в частности, созданию петрологической концепции о двух главных типах магм- гранит-гранодиоритовых и андезито-базальтов и петрогенетическом значении процессов гибридизма. Позднее (1939) эти материалы вошли в работу «Некоторые общие вопросы, связанные с магмой, дающие базальтовые породы», в которой творчески рассматривается очень широкий круг вопросов и делаются глубокие обобщения по фундаментальным проблемам на стыке петрологии, астрономии, метеоритики и геохимии.

Самым выдающимся исследованием В. Н. Лодочникова является его классический труд «Серпентины, серпентиниты Ильчирские и другие и петрологические вопросы с ними связанные» (1936). Называя эту монографию «трудом жизни» Владимира Никитича, М. Н. Ницксон и Д. С. Коржинский подчеркивают, что в ее основе лежит детальное исследование Ильчирского асбестового месторождения и углубленное обсуждение общих вопросов происхождения серпентинитов с использованием обширнейшей литературы на разных языках. Разработанные вопросы минералогии и петрографии серпентинитов сохраняют свою актуальность до наших дней, когда на новом научном уровне разрабатываются проблемы ультрабазитового магматизма и офиолитовых ассоциаций—аналогов океанической коры прошлого. Генезис серпентинитов Лодочниковым рассматривается с позиций автометаморфических преобразований ортомагматических гипербазитов под воздействием мощных флюидно-газовых потоков (воды, углерода), имеющих своим источником собственно гипербазитовые расплавы. Значение этих выводов для современной петрологии состоит в том, что, независимо от исходных концепций ортомагматического или протрузивного происхождения гипербазитов, В. Н. Лодочниковым обосновывается наличие мощных глубинных флюидных потоков, что бесспорно является базой первых представлений о процессах дегазации Земли. Идея, что дегазация мантии и флюидно-газовый подток вещества, как общепланетарные процессы, имеют важное значение для геохимических процессов взаимодействия в системе мантия—кора, получила дальнейшее развитие в работах Д. С. Коржинского, А. П. Виноградова, А. Польдерварта, Д. Г. Грина, Б. Майсена, А. А. Маракушева, Ф. А. Летникова, А. А. Кадика и многих других ис-

следователей. В последнее время получены экспериментальные данные о существенном содержании воды (1,3 масс%) и других летучих компонентов в исходных ультраосновных расплавах и мантии (А. В. Соболев, В. Б. Наумов, 1985). В той же работе В. Н. Лодочникова, представляющей по образному выражению его учеников «сад идей», сформулирован универсальный «принцип полярности», получивший подтверждение в петрологии и геохимии базитов в ассоциации с гипербазитами, гранитоидов и их рудогенерирующей способности, в процессах рудообразования и в анализе геохимической направленности процессов минералообразования. Одновременно в этой работе и отдельной статье В. Н. Лодочников дал развернутую критику гипотезы кристаллизационной дифференциации единой магмы Боуэна.

Среди вопросов, разработанных В. Н. Лодочниковым в последний, предвоенный этап своей научной деятельности и далеко опередивших свое время, М. Н. Ницксон и Д. С. Коржинский указывают представление о физически-поясовом распределении зон Земли—фазовом полиморфном скачкообразном изменении вещества Земного шара под влиянием давления. Природа резкого плотностного разделения получает в последние годы и экспериментальное подтверждение, а модель, основанная на принципе фазовых переходов, известна как модель Лодочникова-Рамзея. Недавно Е. Е. Милановским и Б. А. Мальковым (1985) показано, что эта модель хорошо согласуется с гипотезой пульсационного расширения Земли, которое определяет тектономагматическую цикличность ее эволюции. Идеи В. Н. Лодочникова о глубоком перерождении атомов при возрастании давления с глубиной нашли свое отражение в модели А. Ф. Капустинского о геосферах Земли. Совершенно оригинальную идею высказал В. Н. Лодочников также относительно вулканического земного происхождения метеоритов в околоземном пространстве.

В 1972 г. советский астроном С. К. Всехсвятский писал: «становится все более очевидным, что мощные извержения на Земле могли когда-то образовывать метеоритные рои, как это утверждал еще в 1939 году В. Н. Лодочников». Наблюдениями межпланетной американской станции «Вояджер» подтвердилась гипотеза С. К. Всехсвятского о плането-вулканическом происхождении околопланетных метеоритов и тем, как пишут М. Н. Ницксон и Д. С. Коржинский, блестящее подтверждение получила и мысль В. Н. Лодочникова.

В связи с этим академик В. А. Амбарцумян в 1979 году в интервью, опубликованном в газете «Известия», сказал: «Как я, так и мои коллеги высоко оцениваем полученные во время этих наблюдений блестящие подтверждения научных предсказаний советского астронома С. К. Всехсвятского о существовании кольца Юпитера и мощной вулканической деятельности его спутников... Несомненно, также, что в формировании кольца важную роль играет вулканическая деятельность спутников».

Как выдающийся ученый и педагог, В. Н. Лодочников был чрезвычайно требовательным и принципиальным, если это касалось науки. Особенно характерно для В. Н. Лодочникова было чувство долга и высокой ответственности к своим трудам и обязанностям.

С друзьями и коллегами, многочисленными учениками он поддерживал доброжелательные отношения, проявлял чуткость и отзывчивость. Его отличали жизнерадостность, искренность и остроумие. Науке он служил преданно и влюбленно и дар педагога и лектора составлял существенную часть его научного таланта. Он был человеком широких интересов, высокообразованным, свободно владел латынью, английским, французским и немецким языками, любил музыку, историю, математику, хорошо знал литературу.

Суровой осенью 1941 г. В. Н. Лодочников вместе с семьей эвакуировался из блокадного Ленинграда и вынужден был временно остановиться в г. Кисловодске у родственников. В августе 1942 г. Владимир Никитич тяжело заболел, слег в постель и не смог покинуть город, который был захвачен немецко-фашистскими войсками. Тяжелые условия оккупации усугубили его болезнь. Ученый-патриот мужественно отверг предложенную оккупантами медицинскую помощь, работу и материальную поддержку. Умер В. Н. Лодочников 11 января 1943 г. от истощения, через два дня после освобождения города.

Владимир Никитич Лодочников был искренним патриотом нашей Родины, преданно любил ее и принадлежал к плеяде ученых, беззаветно служивших науке и поднявших советскую петрологию на большую высоту. Своими трудами он внес ценнейший вклад в историю отечественной петрографии и оставил богатое научное наследие, много идей, которыми мы пользуемся и будем пользоваться еще долгие годы.

Среди талантливых сыновей армянского народа В. Н. Лодочникову принадлежит почетное место. В 1961 году по просьбе геологической научной общественности Армянской ССР и решению Отделения Наук о Земле Академии наук Армянской ССР, семьи Владимира Никитича и личной инициативе воспитанника Горного института, академика АН АрмССР И. Г. Магакьяна, прах В. Н. Лодочникова был перенесен в Ереван и захоронен в Пантеоне Армянской ССР. На могиле В. Н. Лодочникова установлен надгробный памятник из оранжево-красного ереванского туфа.

Геологическая общественность нашей страны широко отмечает 100 летие со дня рождения выдающегося ученого, отдавшего столько сил для развития петрографической науки, создавшего новые направления в петрологии и подготовившего целую плеяду видных ученых, ученики из школы которых успешно решают актуальные проблемы современной глобальной петрологии. Во ВСЕГЕИ, в стенах которого долгие годы проработал В. Н. Лодочников в начале мая состоялась юбилейная науч-

ная сессия, посвященная его памяти. В Ереване 13—17 мая с. г. прошла выездная юбилейная научная сессия Петрографического Комитета АН СССР на тему «Роль петрографических исследований в решении глобальных петрологических проблем». Накануне, в конце апреля Армянское отделение Всесоюзного Минералогического Общества, совместно с Армянским Геологическим обществом созвало юбилейную научную сессию на тему «Роль минералого- петрографических исследований в решении вопросов магматической геологии и петрологии».

Т. Ш. ТАТЕВОСЯН, Б. М. МЕЛИКСЕТЯН

ЛИТЕРАТУРА

Билибина Т. В., Горецкая Е. Н., Доминиковский В. Н. и др.—ВСЕГЕИ. Петрогр. сб., 1963, № 5, с. 5—14. (Список трудов В. Н. Лодочникова).

Завалишин В. В. Владимир (Вартан) Никитич Лодочников.—Геология и геофизика, 1967, № 5, с. 138—139.

Заварицкий А. Н., Коржинский Д. С., Григорьев Д. П. В. Н. Лодочников. (Некролог).—Зап. ВМО, 1944, т. 223, № 2—3, с. 138—139 (Список трудов В. Н. Лодочникова

Кваша Л. Г. Работы В. Н. Лодочникова по метеоритике.—Метеоритика, 1964, вып. 24, с. 16—20.

Михайлов Н. П. Развитие некоторых идей В. Н. Лодочникова в современных исследованиях ультраосновных интрузий.—Зап. ВМО, 1963, вып. 2, с. 219—227.

Соболев В. С., Золотухин В. В., Добрецов Н. Л. Работы В. Н. Лодочникова по петрографии Сибири.—Геология и геофизика, 1962, № 5, с. 138—139.

Соловьев С. П. О петрографическом наследстве В. Н. Лодочникова.—Матер. ВСЕГЕИ, общ. сер., сб. 8, 1948, с. 137—139.

Соловьев С. П. Научное наследство В. Н. Лодочникова в свете некоторых новых исследований.—Зап. ВМО, сер. 2, 1962, ч. 91, вып. 5, с. 582—586.

Татевосян Т. Ш. В. Н. Лодочников.—Изв. АН АрмССР, геол. и геогр. науки, 1962, т. 15, № 3, с. 5—11.

Татевосян Т. Ш. В. Н. Лодочников (К 80-летию со дня рождения).—Уч. Зап. (Ереванск. ун-та), 1967, № 2, с. 150—157. (Список трудов В. Н. Лодочникова).

Татевосян Т. Ш. О вкладе В. Н. Лодочникова в петрологию.—Изв. АН АрмССР «Наука о Земле», т. 20, 1967, № 4, с. 5—14. (Список трудов В. Н. Лодочникова).

Татевосян Т. Ш. Владимир (Вартан) Никитич Лодочников (К 90-летию со дня рождения). Уч. зап. (Ереванск. университет), 1977, № 1 (27).

Тихомиров Н. П. В. Н. Лодочников О классификации гранитоидов.—Зап. Всес. мин. об-ва, сер. 2, 1962, ч. 91, вып. 4, с. 587—588.

Яцкссон М. И., Коржинский Д. С. Владимир Никитич Лодочников (1887—1943). В кн. «Выдающиеся ученые Геологического комитета—ВСЕГЕИ», Ленинград. изд. «Наука», 1982, с. 175—189.

Милановский Е. Е., Мальков Б. А. Фазовые превращения в ядре и мантии—вероятный механизм пульсационного расширения Земли. ДАН СССР, т. 82, 1985

Известия АН АрмССР. Науки о Земле, XL, № 3, 77—79, 1987

НАУЧНАЯ ХРОНИКА

ЮБИЛЕЙНАЯ НАУЧНАЯ СЕССИЯ, ПОСВЯЩЕННАЯ 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ВЫДАЮЩЕГОСЯ ПЕТРОГРАФА В. Н. ЛОДОЧНИКОВА

23 апреля с. г. состоялась совместная юбилейная научная сессия Армянского геологического общества, Института геологических наук (ИГН) АН Армянской ССР и Армянского отделения Всесоюзного минералогического общества, посвященная 100-летию со дня рождения выдающегося петрографа В. Н. Лодочникова (Вартана Мкртычевича Лодочникянца).

В работе сессии приняли активное участие представители научных учреждений, производственных организаций и ВУЗ-ов республики.

Открыв научную сессию, президент Армянского геологического общества, директор ИГН АН АрмССР, академик АН АрмССР А. Т. Асланян отметил большие заслуги В. Н. Лодочникова в деле развития петрографической науки, методов минералого-петрографических исследований, подготовки высококвалифицированных кадров.

На юбилейной научной сессии были заслушаны и обсуждены 17 научных докладов, посвященных минералогическим, петрографо-петрохимическим и геохимическим аспектам различных магматических комплексов Армянской ССР.

ная сессия, посвященная его памяти. В Ереване 13—17 мая с. г. прошла выездная юбилейная научная сессия Петрографического Комитета АН СССР на тему «Роль петрографических исследований в решении глобальных петрологических проблем». Накануне, в конце апреля Армянское отделение Всесоюзного Минералогического Общества, совместно с Армянским Геологическим обществом созвало юбилейную научную сессию на тему «Роль минералого- петрографических исследований в решении вопросов магматической геологии и петрологии».

Т. Ш. ТАТЕВОСЯН, Б. М. МЕЛИКСЕТЯН

ЛИТЕРАТУРА

Билибина Т. В., Горецкая Е. Н., Доминиковский В. Н. и др.—ВСЕГЕИ. Петрогр. сб., 1963, № 5, с. 5—14. (Список трудов В. Н. Лодочникова).

Завалишин В. В. Владимир (Вартан) Никитич Лодочников.—Геология и геофизика, 1967, № 5, с. 138—139.

Заварицкий А. Н., Коржинский Д. С., Григорьев Д. П. В. Н. Лодочников. (Некролог).—Зап. ВМО, 1944, т. 223, № 2—3, с. 138—139 (Список трудов В. Н. Лодочникова

Кваша Л. Г. Работы В. Н. Лодочникова по метеоритике.—Метеоритика, 1964, вып. 24, с. 16—20.

Михайлов Н. П. Развитие некоторых идей В. Н. Лодочникова в современных исследованиях ультраосновных интрузий.—Зап. ВМО, 1963, вып. 2, с. 219—227.

Соболев В. С., Золотухин В. В., Добрецов Н. Л. Работы В. Н. Лодочникова по петрографии Сибири.—Геология и геофизика, 1962, № 5, с. 138—139.

Соловьев С. П. О петрографическом наследстве В. Н. Лодочникова.—Матер. ВСЕГЕИ, общ. сер., сб. 8, 1948, с. 137—139.

Соловьев С. П. Научное наследство В. Н. Лодочникова в свете некоторых новых исследований.—Зап. ВМО, сер. 2, 1962, ч. 91, вып. 5, с. 582—586.

Татевосян Т. Ш. В. Н. Лодочников.—Изв. АН АрмССР, геол. и геогр. науки, 1962, т. 15, № 3, с. 5—11.

Татевосян Т. Ш. В. Н. Лодочников (К 80-летию со дня рождения).—Уч. Зап. (Ереванск. ун-та), 1967, № 2, с. 150—157. (Список трудов В. Н. Лодочникова).

Татевосян Т. Ш. О вкладе В. Н. Лодочникова в петрологию.—Изв. АН АрмССР «Наука о Земле», т. 20, 1967, № 4, с. 5—14. (Список трудов В. Н. Лодочникова).

Татевосян Т. Ш. Владимир (Вартан) Никитич Лодочников (К 90-летию со дня рождения). Уч. зап. (Ереванск. университет), 1977, № 1 (27).

Тихомиров Н. П. В. Н. Лодочников О классификации гранитоидов.—Зап. Всес. мин. об-ва, сер. 2, 1962, ч. 91, вып. 4, с. 587—588.

Яцкссон М. И., Коржинский Д. С. Владимир Никитич Лодочников (1887—1943). В кн. «Выдающиеся ученые Геологического комитета—ВСЕГЕИ», Ленинград. изд. «Наука», 1982, с. 175—189.

Милановский Е. Е., Мальков Б. А. Фазовые превращения в ядре и мантии—вероятный механизм пульсационного расширения Земли. ДАН СССР, т. 82, 1985

Известия АН АрмССР. Науки о Земле, XL, № 3, 77—79, 1987

НАУЧНАЯ ХРОНИКА

ЮБИЛЕЙНАЯ НАУЧНАЯ СЕССИЯ, ПОСВЯЩЕННАЯ 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ВЫДАЮЩЕГОСЯ ПЕТРОГРАФА В. Н. ЛОДОЧНИКОВА

23 апреля с. г. состоялась совместная юбилейная научная сессия Армянского геологического общества, Института геологических наук (ИГН) АН Армянской ССР и Армянского отделения Всесоюзного минералогического общества, посвященная 100-летию со дня рождения выдающегося петрографа В. Н. Лодочникова (Вартана Мкртычевича Лодочникянца).

В работе сессии приняли активное участие представители научных учреждений, производственных организаций и ВУЗ-ов республики.

Открыв научную сессию, президент Армянского геологического общества, директор ИГН АН АрмССР, академик АН АрмССР А. Т. Асланян отметил большие заслуги В. Н. Лодочникова в деле развития петрографической науки, методов минералого-петрографических исследований, подготовки высококвалифицированных кадров.

На юбилейной научной сессии были заслушаны и обсуждены 17 научных докладов, посвященных минералогическим, петрографо-петрохимическим и геохимическим аспектам различных магматических комплексов Армянской ССР.

С огромным вниманием был заслушан доклад к. г.-м. н., доцента Т. Ш. Татевосяна «Выдающийся ученый, педагог (к 100-летию со дня рождения В. П. Лодочникова)». Докладчик остановился на пройденном научном пути выдающегося петрографа и талантливого ученого, доктора геолого-минералогических наук В. П. Лодочникова, указал на его основные научно-педагогические заслуги в развитии петрологии, поделился своими личными впечатлениями от встреч с ним, о его больших человеческих качествах, преданности своей родине, советской науке.

Большой интерес вызвал доклад начальника Управления геологии Э. Х. Гуляна «Некоторые особенности поведения фтора и хлора в интрузивных породах и постмагматических образованиях Армянской ССР», в котором были раскрыты особенности поведения фтора и хлора в интрузивных породах различного состава и возрастов, постмагматических рудоносных метасоматитах, а также в однотипных породах различных тектоно-магматических зон. Выявленные впервые вариации поведения фтора и хлора позволяют наметить дополнительные геохимические особенности отдельных интрузивных комплексов и гидротермальных метасоматитов различных рудных формаций.

Интересным был также и другой его доклад с соавторами (кандидаты г.-м. н. П. М. Бартикян, А. А. Джафаров) «Геолого-петрографические и петрохимические особенности ультракалиевых риодацитовых туфов Привольненского рудного поля АрмССР», в котором была дана детальная петрографическая, химическая и минералогическая характеристика ультракалиевых риодацитовых туфов Привольненского района и по результатам технологических и агрохимических испытаний доказана эффективность их применения в сельском хозяйстве с целью повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Доктор г.-м.н. С. Б. Абовян (ИГН АН АрмССР) в своем докладе «Минералогические аспекты петрологии офиолитовых мафит-ультрамафитовых комплексов М. Кавказа» изложил Р—Т условия формирования мафит-ультрамафитовых интрузивных комплексов офиолитовых поясов М. Кавказа, установленным по минералогическим термобарометрам и составам сосуществующих породообразующих минералов.

В докладе к. г.-м. н., председателя Армянского отделения ВМО, Б. М. Меликсетяна «Петролого-геохимическая типизация базитов, ассоциированных с гранитоидами складчато-глыбовых областей Малого Кавказа» были рассмотрены основные петрографические, петрохимические и геохимические параметры базитов, ранних фаз габбро-гранитоидных гетерогенных формаций и их петрографическая роль при формировании завершенных и незавершенных известково-щелочных серий магматитов разного уровня щелочности.

Коллектив авторов—к. г.-м.н. Туманян Г. А., Чолахян Л. С., Акопян К. Г. (УГ АрмССР, ИГН АН АрмССР, Арминпроцветмет) в докладе «Нижнесреднеюрские вулканогенные и вулканогенно-осадочные формации Алавердского антиклинория» показали, что нижне-среднеюрские образования Алавердского антиклинория отчетливо подразделяются на два крупных комплекса—доверхнебайосский и верхнебайос-батский, соответствующих океанической и островодужной стадиям развития земной коры.

Возможности использования данных микроструктурных исследований породообразующих минералов при генетической классификации многофазных интрузивных массивов были убедительно показаны в докладе к. г.-м. н. Р. Н. Таяна (ИГН АН АрмССР) «Исследование микроструктурных ориентировок некоторых породообразующих минералов в магматической геологии».

В докладе к. г.-м. н. В. А. Агамаляна (ИГН АН АрмССР) «Петрографические и петрохимические критерии идентификации палеоокеанических образований» были подняты вопросы специализации особенностей палеоокеанических пород, находящихся ныне на суше, указаны их геологические, петрографические и петрохимические отличительные черты.

А. А. Джафаров, Н. Б. Овсепян, А. М. Торосян (УГ АрмССР) в докладе «Петрографо-петрохимические особенности и генезис цеолитизированных туфов Ноемберянского района АрмССР» рассмотрели постдиагенетические процессы, обусловившие цеолитизацию пепловых туфов Ноемберянского района.

«Пироксены мел-палеогеновых известково-щелочных вулканических комплексов территории Армянской ССР»—так был назван доклад кандидатов г.-м. наук Р. Т. Джрбашяна, А. Х. Мнацаканян, Э. Х. Хуршудян (ИГН АН АрмССР), в котором по результатам свыше ста анализов мономинеральной фракции был дан сравнительный анализ химического состава вкрапленников пироксена и показано, что в возрастной последовательности увеличивается магнезиальность и кальциевость пироксеновых фаз. Существующие вариации являются индикаторами режима интрателлурической кристаллизации расплавов на различных этапах тектонического развития региона.

Кандидат техн. н. В. Р. Израелян и Б. Г. Израелян (АрмНИИСА, НПО «Камень и силикаты») провели исследования микроструктуры кислых вулканических стекол различных месторождений республики с помощью электронной микроскопии, электронографии, локального микрорентгеновского анализа и других методов. Полученные результаты были изложены в докладе «Строение и минеральный состав кислых вулканических стекол».

В докладе к. г-м.н. Р. А. Хореняи (ИГН АН АрмССР) «Петрографо-минералогические особенности магматитов Мисар-Гехаротской вулкано-тектонической структуры как индикаторы их петрогенеза» на основании выявленных взаимоотношений

фаций вулканитов, их петрографического состава и минералогических особенностей были рассмотрены петрогеологические вопросы формирования вулканических комплексов Менсар-Гехаротской вулкано-тектонической структуры.

М. А. Арутюнян (ИГН АН АрмССР) в докладе «Минералого-петрографические особенности скарнов Зангезурского рудного района» указала на генетическую связь известковых скарнов изученного района с проявлением магматизма габбро-монцонит-сиенитового и габбро-диорит-гранодиорит-граносиенитового интрузивными комплексами и их дополнительными интрузиями.

В докладе Д. С. Джербашяна (ИГН АН АрмССР) «Некоторые физико-химические параметры кристаллизации арагацких лав» были рассмотрены результаты термобарометрических исследований расплавных и флюидных включений с использованием установки, созданной автором, которые вместе с детальными петрохимическими характеристиками позволили оценить физико-химические параметры кристаллизации лав арагацкого известково-щелочного комплекса и пути эволюции исходного расплава.

Кандидат г.-м. н. А. А. Авакян (ИГН АН АрмССР) в своем докладе «Геохимические особенности магматических и метасоматических пород Зангезурского рудного района по данным факторного анализа» на конкретном фактическом материале продемонстрировал большие возможности факторного анализа в выявлении ассоциативности анализируемых компонентов, которые могут быть эффективно использованы в изучении петрохимических и геохимических систем магматического и метасоматического генезиса.

На юбилейную научную сессию были представлены также доклады к. г.-м. н. С. О. Ачикгезяна (ИГН АН АрмССР) «О некоторых упрощенных способах разграничения петрохимических серий магматических образований островодужных и окраинно-континентальных систем»; Р. В. Акопян, Н. С. Налбандян и А. Н. Апресяна (НПО «Камень и силикаты») «Исследование гидротермального минералообразования в вулканических стекловатых породах».

В обсуждении докладов приняли участие д. г.-м. н. М. А. Сатиан, к. г.-м. н. Р. Л. Мелконян, В. А. Агамалян и др.

Выступающие отметили большое значение организованной научной сессии и высокий научный уровень зачитанных докладов.

Б. М. Меликсетян, К. Г. Ширинян, З. О. Чибухчян.

Академия наук Армянской ССР
Фундаментальная библиотека