

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ  
ИЗВЕСТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ  
PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF ARMENIA

ISSN 0515-961X

**ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՐԿՐԻ ՄԱՍԻՆ**  
**НАУКИ О ЗЕМЛЕ**  
**EARTH SCIENCES**



Հանդեսը հիմնադրվել է 1948 թվականին, լույս է տեսնում տարին երեք անգամ հայերեն,  
ռուսերեն և անգլերեն լեզուներով

Պատասխանատու խմբագիր  
Ռ.Տ. ԶՐԲԱՇՅԱՆ

Պատասխանատու խմբագրի տեղակալներ  
Ս.Վ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Ա.Ս. ՖԱՐԱՄԱԶՅԱՆ

Պատասխանատու քարտուղար  
Է.Ս. ՌՈՍՏՈՄՈՎԱ

Խմբագրական կոլեգիա

Պ.Գ. ԱԼՈՅԱՆ, Ա.Լ. ԱՆԱՆՅԱՆ, Է.Ե. ԽԱՉԻՅԱՆ, Ա.Ս. ԿԱՐԱԽԱՆՅԱՆ,  
Ս.Ս. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ռ.Լ. ՄԵԼԹՈՆՅԱՆ, Ռ.Տ. ՄԻՐԻՋԱՆՅԱՆ,  
Ս.Ն. ՆԱԶԱՐԵԹՅԱՆ, Մ.Ա. ՍԱԹՅԱՆ, Հ.Հ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ

*Ответственный редактор*  
**Р.Т. ДЖРБАШЯН**

*Заместители ответственного редактора*  
**С.В. ГРИГОРЯН, А.С. ФАРАМАЗЯН**

*Ответственный секретарь*  
**Э.С. РОСТОМОВА**

*Редакционная коллегия*

**П.Г. АЛОЯН, А.Л. АНАНЯН, А.С. КАРАХАНИЯН, Р.Л. МЕЛКОНЯН,  
Р.Т. МИРИДЖАНИЯН, С.Н. НАЗАРЕТЯН, С.М. ОГАНЕСЯН, О.А. САРКИСЯН,  
М.А. САТИАН, Э.Е. ХАЧИЯН**

Editor:

**R.T. JRBASHYAN**

Deputy Editors:

**S.V. GRIGORYAN, A.S. FARAMAZYAN**

Executive Secretary

**E.S. ROSTOMOVA**

Editorial Board

**P.G. ALOYAN, A.L. ANANYAN, E.Y. KHACHIAN, A.S. KARAKHANIAN,  
R.L. MELKONYAN, R.T. MIRIJANYAN, S.N. NAZARETYAN,  
S.M. HOVHANNISIAN, H.H. SARGSYAN, M.A. SATIAN,**

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

© Издательство "Гитутюн" НАН РА  
Известия НАН РА, Науки о Земле, 2003

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Շ.Հ.Ամիրյան, Ա.Ա.Ֆարամազյան. Հայաստանի Հանրապետության գլխավոր Հանրային ֆորմացիաների Հանքավայրերի առաջացման և տեղայնացման երկրաբանական պայմանները ..... 3

Պ.Գ.Ալոյան, Հայկ Պ.Ալոյան, Շ.Հ.Ամիրյան. Հայաստանի ոսկեհանքային արդյունաբերության Հանքահումքային Հենքի իրավիճակը և զարգացման հեռանկարները ..... 9

Յու.Վ.Սալյանյան. Հայաստանի վերին միոցենի, պլիոցենի և չորրորդական ժամանակաշրջանի շերտագրության ընդհանուր սիստեմ և հնէաաշխարհագրական իրադարձությունները ..... 16

Ռ.Լ.Անյրոնյան, Ռ.Խ.Ղուկասյան, Ղ.Լ.Փալոյան. Մարցիգետի Հանքային դաշտի էոցենի առաջացումների տարիքային ստորաբաժանման մասին ..... 23

Վ.Ա.Վարդանյան. Ուրցի անտիկլինորիտի ձևավորման միխանիզմի Հարցի մասին ..... 26

Ռ.Հ.Խորենյան, Ղ.Լ.Փալոյան. Մարցիգետի Հանքային դաշտի էոցենի մագմատիտների պլագիոկլասները որպես պետրոգենիտիկ որոշ պրոցեսների ինդիկատորներ ..... 29

Ռ. Ա. Փաշայան, Ա. Լ. Անանյան. Գառնիի սեյսմոֆորմալիզացիայի շրջի գեոֆիզիկական մոնիտորինգ ..... 35

Հ.Ա.Վարդանյան, Չ.Հ.Մինասյան, Տ.Բ.Նեչաևա. Երկրի մագնիսական դաշտի պալեոդարձային վարիացիաների բացահայտման մի Հնարավորության մասին Մատույանա դարաշրջանում ..... 40

Ռ.Ա.Արաբեկյան. Վանաձոր քաղաքի տարածքում 1988 թվի Սպիտակի երկրաշարժի նվազ հետևանքների Փարավոր պատճառների մասին ..... 45

Ա.Կ.Մարկոսյան. Բազմաազիմուտայ Համատեղված էլեկտրական զոնդավորում ..... 50

ՀՈՐԵՆԱՆԱԿԱՆ ՏԱՐԵԹՎԵՐ

Գիտնականի ստեղծագործական ուղին (ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոս Է.Ե.Խաչիյանի 70-ամյակին) ..... 59

СОДЕРЖАНИЕ

Շ.Օ.Ամիրյան, Ա.Տ.Ֆարամազյան. Геологические условия образования и локализации месторождений главных рудных формаций Республики Армения ..... 3

Гайк П.Алоян, П.Г.Алоян, Ш. О. Амирян. Состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы золоторудной промышленности Армении ..... 9

Ю.В.Саядян. Общая схема стратиграфии и палеогеографические события верхнего миоцена, плиоцена и четвертичного периода Армении ..... 16

Р.Л.Мелконян, Р.Х.Гукасян, К.Л.Галоян. К вопросу о возрастном расчленении эоценовых образований Марцигетского рудного поля ..... 23

В.А.Варданян. К вопросу о механизме формирования Урцского антиклинория ..... 26

Р.А.Хорсисян, К.Л.Галоян. Плагноклазы эоценовых магматитов Марцигетского рудного поля как индикаторы некоторых петрогенетических процессов ..... 29

Р.А.Пашаян, А.Л.Ананян. Геохимический мониторинг вод Гарнийского сейсмополигона (2002-2003 гг.) ..... 35

А.А.Варданян, Д.О.Минасян, Т.Б.Нечаева. Об одной возможности выделения палеоценовых вариаций геомагнитного поля в эпохе Матуяма ..... 40

Р.А.Атабекян. О возможных причинах снижения сейсмического эффекта на территории города Ванадзора при Спитакском землетрясении 1988 года ..... 45

А.К.Матевосян. Многоазимутальное комбинированное электрическое зондирование ..... 50

ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ

Творческий путь ученого (к 70-летию академика НАН РА Э.Е.Хачицяна) ..... 59

## TABLE OF CONTENT

<b>Sh.H.Amiryan and A.S.Faramazyan.</b> Geological conditions of formation and localization of the most important ore formation deposits in the republic of Armenia .....	3
<b>Haik P.Aloyan, P.G.Aloyan, Sh.H.Amiryan.</b> Condition and perspectives of development for the raw-mineral resources of gold ore-mining industry in Armenia .....	9
<b>Yu.V.Sayadyan.</b> A general stratigraphy scheme and paleo-geographic events of the Late Miocene, Pliocene and the Quaternary period in Armenia .....	16
<b>R.L.Melkonyan, R.Kh.Ghoukassyan, and G.L.Galoyan.</b> On the issue of age stratification of the Eocene formations in the Martsighet ore field .....	23
<b>V.A.Vardanyan.</b> On the issue of formation mechanism for the Uortz anticlinorium .....	26
<b>R.A.Khorenyan and G.L.Galoyan.</b> Plagioclases of Eocene magmatites of the Martsighet ore field as indicators of some petrogenetic processes .....	29
<b>R.A.Pashayan and A.L.Ananyan.</b> Geochemical monitoring of waters in the seismic testing ground of Garni .....	35
<b>A.A.Vardanyan, D.O.Minasyan, and T.B.Nechayeva.</b> On a possibility to identify paleo-secular variations of geomagnetic field in the Matuyama Epoch .....	40
<b>R. A. Atabekyan</b> About the possible causes of decreasing of seismic affects of the Spitak earthquake of 1988 on the territory of Vanadzor .....	45
<b>A. K. Matevosyan.</b> Multi-azimuthal combined electric sounding .....	50

## JUBILEES

The creative life of a scientist (to the 70th anniversary of <b>E.E.Khachian</b> , academician of NAS RA) .....	59
---	----

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГЛАВНЕЙШИХ РУДНЫХ ФОРМАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

© 2003 г. Ш. О. Амирян, А. С. Фарамазян

Институт геологических наук НАН РА  
375019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения  
E-mail: hrshah@sci.am

Поступила в редакцию 3 09 2002 г.

В статье рассматриваются вопросы геологических условий образования и локализации месторождений главных рудных формаций Республики Армения. Проведенными исследованиями определены генетическая и формационная принадлежности месторождений, их особенности, масштабы оруденения, перспективы и подразделение месторождений по формационным типам, а также данные о вещественном составе руд, основных рудных элементах и важнейших примесях для комплексной обработки руд каждой формации.

Территория Республики Армения по геологическому строению, магматизму и металлогении составляет небольшой отрезок обширной Средиземноморской складчатой зоны альпийского возраста.

Усилиями геологов республики здесь выявлены и изучены крупные месторождения молибдена, меди, золота, железа, алюминия и других металлов, а также небольшие месторождения хромита, марганца, полиметаллов, серного колчедана, сурьмы, ртути, мышьяка, барита и других [1-20]. Среди этих месторождений выделяются следующие формационные типы: интрузивная медно-молибденовая, экстррузивная молибденовая, гидротермальная, золото-сульфидная (полисульфидная), золото-сульфидно-теллуридовая, золото-антимонит-сульфоантимонитовая, золото-шеелит-полиметаллическая; гидротермально-полиметаллическая, колчеданно-полиметаллическая, субвулканическая-полиметаллическая; скарновая железорудная, гидротермальная-магнетит-апатитовая, гистеромагматическая, титано-магнетитовая, вулканогенная титано-магнетитовых песчаников и др., медно-серноколчеданная (с полиметаллами), серноколчеданная; магматическая медная и другие. Хромитовые, марганцовые, стибнитовые, ртутные, реальгар-аурипигментовые и другие формации руд имеют второстепенное значение [3, 4, 11-13, 20].

**Медно-молибденовые формации руд.** Среди медно-молибденовых руд выделяются магматогенно-гидротермальные (Каджаран, Агарак, Анкаван, Дастакерт, Техут), субвулканические-гидротермальные (Варденис, Элпин), пегматито-молибденитовые (Мюльк, Калер) и скарновые молибденитовые (Кефашен, Ньюади, Мичимат, Анкаван) и др. [1, 2, 11-13, 16].

Медно-молибденовые месторождения (промышленные - Каджаран, Агарак, Техут и др.) размещены среди интрузивных пород гранитоидного состава. Крупные концентрации этих руд контролируются разломами, зонами дробления и брекчирования пород. Широко развитым промышленно важным является прожилково-вкрапленный тип минерализации (Каджаран, Агарак, Техут). Жильный тип оруденения (Айгедзор, Маргаовит, Анкаван) имеет небольшое развитие.

В структурном отношении медно-молибденовый пояс представляет антиклинорий северо-западного простираения. Породы пояса прорваны умеренно-кислыми гранитоидами, возраст которых колеблется от 35-40 млн. лет (монзониты) до 18-25 млн. лет (граниты, гранодиориты). Они являются дорудными, следовательно, оруденение считается верхний эоцен-нижнемиоценовым<sup>1)</sup>.

Наличие вертикальной и горизонтальной зональности в распределении различных типов руд приводит к преобладанию на глубоко размытых участках медно-молибденового оруденения (Каджаран, Агарак, Анкаван) с подчиненной ролью полиметаллов, а в слабо размытых участках - к преобладанию полиметаллического и золото-сульфидного оруденения (Тей-Личквас, Марджан, Аткиз, Азатек, Каялу, Гегарчин, Гладзор и др.).

Медно-молибденовые месторождения отличаются многостадийностью рудообразования. На каждом месторождении четко проявляются 4-6 (до 10) стадий минерализации [11-13, 15, 16]. Руды медно-молибденовых формаций характеризуются большим многообразием минеральных видов и постоянным преобладанием халькопирита и молибденита, при подчиненной роли пирита, сфалерита, борнита, галенита, редко теллуридов, висмутина, самородного золота и других. Кроме главных компонентов (меди и молибдена) медно-молибденовые руды представляют интерес также по содержанию рения, селена, теллура, золота, серебра, висмута и металлов группы платины (Pt, Pd, Rh, Os и др.) [3, 13, 14, 17, 18, 20].

Медно-молибденовые месторождения и проявления относятся, в основном, к порфирировым образованиям в условиях средних температур и

<sup>1)</sup> Изучение изотопного возраста промышленного медно-молибденового оруденения Зангезура рений-осмиевым методом показало, что формирование этих руд происходило по крайней мере в два оторванных друг от друга этапа: первый этап - в верхнеэоценовое время образовались руды Агарака и Айгедзора (43,9-56,6 Ma), а позже, в нижнемиоценовое время - руды Каджарана, Дастакерта, возможно, Личкской группы месторождений (22,5-24,3 Ma) [18].

умеренных глубин. Основные типы медно-молибденовых руд пространственно и генетически связаны с интрузивными очагами порфировидных гранитов. Небольшие проявления (Элпин, Варденис) связаны с субвулканическими андезитами и андезито-дацитами, а Техутское месторождение — с тоналитами мелового возраста. Дайковые и скарновые проявления в одном случае (Калер) связаны с дайками пегматитов, в другом (Кефашен) — с гранодиоритами на контакте с известняками.

*Золоторудные формации* представлены многочисленными месторождениями и проявлениями. По условиям образования и устойчивым золотоносным минеральным ассоциациям выделяются следующие главные формации: золото-сульфидно-теллуридовая (Сотк, Меградзор, Лусаджур, Перевальное), золото-полисульфидная полиметаллическая — Тей, Личквас, Шаумян, Тухманук, Арманис, Марц, Вазашен, Тертерасар и др.), золото-антимонит-сульфоантимонитовая (Азатек, Софибина, Марджан), золото-шеелитовая (Маргаовит), с резко подчиненной ролью золото-кварцевой и золотоносных вторичных кварцитов [3,4,9,10,13].

В каждой формации выделяются золотоносные минеральные типы (парагенезисы), соответствующие самостоятельным стадиям рудного процесса. Такими типами являются золото-арсенипиритовый (Сотк, Тей, Тертерасар, Тухманук), золото-пирит-халькопиритовый (Меградзор, Тей, Личквас, Арманис), золото-галенит-сфалеритовый (Сотк, Меградзор, Тей, Личквас, Арманис, Марц, Марджан, Шаумян, Вазашен и др.), золото-антимонит-сульфоантимонитовый (Азатек, Марджан, Гегарчин, Софибина), золото-шеелитовый (Маргаовит), золото-кварцевый (Капутсар, Казачий бугор). По содержанию сульфидов выделяются убогосульфидные (Маргаовит, Зар, Капутсар, Казачий бугор — сульфиды не более 0,5%), малосульфидные (Меградзор, Лусаджур, Тухманук, Перевальное, сульфидов — 0,5-5%) и умеренно-сульфидные (Сотк, Личквас, Тей, Шаумян, Арманис, Тертерасар и др., сульфидов — 10-20%).

Минеральный состав руд золоторудных формаций довольно сложен и многообразен и включает большое число самородных элементов, сульфидов, теллуридов, арсенидов, сульфосолей, окислов, карбонатов, сульфатов, вольфраматов и силикатов [4].

Рудообразование на золоторудных месторождениях происходило многостадийно. Золотоносными являются 2-4 стадии минерализации. Основными формами нахождения золота в рудах являются самородная и теллуриды.

Проба золота из различных месторождений и ассоциаций минералов различна и варьирует в пределах от 700 до 960. Высокая проба у россыпного (960) и вторичного (930) золота.

Наряду с золотом руды характеризуются высоким и повышенным содержанием серебра, висмута, теллура, селена, свинца, цинка, мышьяка, сурьмы, меди, кадмия, нередко молибдена, вольфрама (Маргаовит), никеля, кобальта (Сотк) и других элементов. Золото-серебряное отношение варьирует в пределах от 1:150 до 3:1. Ос-

новные промышленные типы характеризуются высоким золото-серебряным отношением (1:2-1:6). Распределение золота и сопутствующих элементов неравномерно и зависит от многих факторов. На отдельных месторождениях (Сотк, Меградзор, Арманис, Тей, Шаумян и др.) наблюдаются элементы вертикальной и горизонтальной зональности распределения минеральных парагенезисов.

Форма рудных тел на золоторудных месторождениях в основном жильная и зоны прожилково-вкрапленной минерализации. Существуют также рудные столбы, линзы, гнезда.

Структурным контролем оруденения являются глубинные, региональные разломы и сопряженные с ними разрывные нарушения и зоны дробления и смятия пород. Золоторудные месторождения образовались в средне-низкотемпературных условиях, на умеренных и малых глубинах. Они парагенетически связаны с интрузивными и экструзивными (субвулканическими) породами, главным образом, олигоцен-миоценового времени.

*Полиметаллические формации* имеют широкое распространение. Среди них выделяются [5, 12, 15, 16] плутоногенно-гидротермальная (Гладзор, Аткиз, Какавасар, Аравус, Барцраван, Шенатах, Пхрут и др.), вулканогенно-гидротермальная (Привольное, Дзорагэс, Енгиджа, Марц, Дзагидзор, Мец-дзор и др.), колчеданно-полиметаллическая (Ахтала, Алаверди, Шамлуг, Вазашен, Шаумян, Агви, Мгарт, Когес и др.) формации.

Плутоногенно-гидротермальная полиметаллическая формация позднеальпийского цикла развита в пределах Памбак-Зангезурской зоны (Гладзор, Аткиз, Какавасар, Аравус, Барцраван и др.). Полиметаллическое оруденение вместе с Cu-Mo контролируется олигоцен-миоценовым циклом интрузивного орогенного магматизма с субщелочной направленностью. Рудоконтролирующими являются разрывные нарушения и нередко дайки диоритовых порфиритов. Околорудные изменения представлены аргиллизацией, серицитизацией и пропилитизацией. Руды этой формации отличаются сложным минеральным составом. Установлены пиритовая, пирит-халькопиритовая, теннантит-энаргитовая, полиметаллическая, сулфоантимонитовая и другие ассоциации минералов. Характерными минералами руд являются пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, энаргит, нередко антимонит и сулфоантимониты, сульфовисмутиты (айкинит, козалит, матильдит). Цинк-свинцовое (Zn:Pb) отношение составляет 1:1.

Полиметаллическая формация руд практический интерес представляет по содержанию меди, свинца, цинка, золота, серебра, селена, теллура, висмута, кадмия, индия, нередко германия и галлия. Плутоногенно-гидротермальные месторождения образовались на умеренных и малых глубинах, при средне-низкотемпературных условиях.

Вулканогенно-полиметаллическая формация характерна для Алаверди-Капанской и Севано-Амасийской зон (Привольное, Дзорагэс, Марц, Дзагидзор, Мец-дзор и др.). Здесь выступают вулканогенно-осадочные образования среднего и

верхнего эоцена с небольшой ролью интрузивных пород габбро-диорит-гранодиоритовой формации. Эффузивный магматизм вместе с экструзивными и жильными комагматичными образованиями относится к известково-щелочной, калинатровой андезитовой формации. Эта формация представлена жилами (Дзорагэс, Дзагидзор, Марц, Мовсес, Ехегис) и метасоматическими пластообразными залежами (Привольное).

Вулканогенно-полиметаллическая формация парагенетически связана с экструзивно-субвулканическими телами фельзит-порфиоров с абс. возрастом 41-46 млн. лет.

В рудах этой формации отмечаются следующие парагенезисы минералов: пирит-халькопирит-гематитовый (Привольное, Дзагидзор), теннантит-энаргитовый (Мец-дзор), галенит-сфалеритовый (Марц, Мовсес, Привольное).

Главными элементами-примесями являются золото, серебро, кадмий, редко молибден, висмут, теллур, селен. В связи с повышенными концентрациями золота и серебра некоторые месторождения считаются золото-полиметаллическими (Марц, Дзагидзор).

Колчеданно-полиметаллические месторождения связаны с серно-медноколчеданными и проявляются в колчеданных рудных полях (Ахтала, Алаверди, Шамлуг, Шаумян, Халадж, Гехануш, Акопиджур, Андраникиджур, Рудокоп и др.)

Месторождения этой формации формировались в условиях островодужных режимов, в парагенетической связи с эффузивно-экструзивными и субвулканическими породами кислого характера. Рудоконтролирующими являются близмеридиональные (Алаверди, Капан), широтные (Шамлуг) и близширотные (Ахтала, Шаумян, Халадж) разрывные нарушения и сопряженные с ними трещины, а также контакты различного состава.

Рудные тела представлены линзами (Алаверди, Шамлуг, Ахтала) и жилами, а также зонами прожилково-вкрапленной минерализации (Шаумян, Халадж, Анкадзор, Марц и др.). Околорудные изменения представлены кварц-серицитовыми метасоматитами, пропилитами и вторичными кварцитами.

Главными рудными минералами этих формаций являются сфалерит, галенит, халькопирит, пирит, теннантит, борнит, редко встречаются германит, реньерит, теллуриды, самородное золото, серебро, электрум и другие. Характерными элементами руд являются железо, цинк, свинец, медь, мышьяк, сурьма, серебро, золото, селен, теллур, германий, кадмий, галлий, индий. Свинцово-цинковое отношение в этой формации составляет в среднем 1: 3-5.

Месторождения отмеченных формаций образовались в условиях малых глубин, при средне-низкотемпературных условиях верхнеэоцено-олигоценного времени. Возраст некоторых месторождений (Ахтала, Алаверди, Шаумян, Халадж, Шамлуг) спорный. Мы склонны к молодому возрасту (верхний эоцен-олигоцен).

Железорудные месторождения включают 8 формационных типов [14], среди которых важное промышленное значение имеют скарновые (Раз-

дан), гидротермально-апатит-магнетитовые (Абовян) и титано-магнетитовые (Сваранц).

Скарновая формация железных руд промышленного характера главным образом проявляется в Памбакском и Чкнах-Базумском рудных районах (Раздан, Базум, Ахавнадзор, Меградзор и др.). Месторождения этой формации образовались в зоне контактного ореола Каджеринского, Разданского, Ахавнадзорского интрузивных массивов с карбонатными (Раздан, Ахавнадзор) и алюмосиликатными вулканогенными породами (Базум, Меградзор). Скарны представлены линзовидными, жилообразными, гнездообразными, лентообразными телами. Размер скарновых зон различен — мощность нередко составляет 65-67 м, протяженность 150-200 м, нередко до 1100 м (Раздан). На глубину оруденение прослеживается на 500 и более метров.

По минеральному составу выделяются гранат-магнетитовые, гранат-апатит-магнетитовые типы руд. Характерными элементами скарновых руд являются железо, титан, ванадий, кальций, кремний, алюминий, магний, кобальт, никель, цинк, медь.

Апатит-магнетитовые руды размещены в молодых андезитовых порфиритах и андезито-дацитовых экструзивно-эффузивных породах. Они представлены дайкообразными, линзовидными и жилообразными телами, размер которых варьирует в широких пределах — мощность от 8 до 25 м, простирание — до 600 м, на глубину 460-550 м.

По минеральному составу выделяются апатитовые, апатит-магнетитовые, массивные магнетитовые, скаполит-магнетитовые руды. Развита также магнетит-карбонатные, кварц-карбонат-пиритовые, биотитовые и карбонатные прожилки.

Для руд характерны массивные, прожилковые, брекчиевые, брекчиевидные, вкрапленные текстуры. В составе руд установлены магнетит, апатит, скаполит, рутил, ильменит, гематит, эпидот, биотит, актинолит, пирит, карбонаты и другие минералы. Характерными элементами руд являются титан, магний, фосфор, хлор, фтор, марганец, вольфрам, хром, никель, кобальт, нередко проявляются свинец, серебро, германий, цирконий, скандий и редкоземельные элементы.

По возрасту апатит-магнетитовые руды являются наиболее молодыми образованиями, с абсолютным возрастом 6-7 млн. лет. Парагенетически они связаны с субвулканическими андезито-дацитами и формировались на малых глубинах, при высоких температурах.

Магматические титаномагнетитовые руды (Сваранц) представлены титаномагнетитовыми оливинитами и пироксенитами, размещенными среди дифференцированных ультраосновных и основных пород эоцен-олигоценного комплекса. Морфологически это секущие линзовидные и дайкообразные тела мощностью 60-70 м, протяженностью 260-280 м (нередко до 1400 м), глубиной распространения 800 и более метров.

В минеральном составе руд участвуют ильменит, магнетит, оливин, пироксен, шпинель, плагиоклаз, серпентин. Руды комплексные и отличаются повышенным содержанием титана, же-

леза, ванадия, марганца, магния, никеля, кобальта.

Более 50% геологических и прогнозных запасов железных руд республики падает на эту формацию.

В образовании и локализации руд этой формации главная роль принадлежит дифференцированным ультраосновным и основным породам и их прототектоническим структурам. Руды образовались в эоцен-олигоценное время, при высоких температурах.

*Колчеданные формации руд* проявляются во всех структурно-металлогенических поясах территории республики, значительно преобладая в Алаверди-Капанском поясе.

Почти всегда колчеданное оруденение приурочено к вулканогенно-осадочным толщам, слагающим вулканотектонические сооружения. Оно связано с поствулканическими и постскладчатыми субвулканическими штоками и дайками порфировых пород преимущественно кислого состава (Алаверди, Шамлуг, Капан, Анкадзор, Ахтала, Тандзут, Черная речка, Желтая речка, Чибухли, Спасакар, Мгарт, Агви и др.), мелэоценового времени.

По соседству руд, возрасту и условиям образования колчеданные месторождения подразделяются [19] на серноколчеданные (Тандзут, Черная речка, Желтая речка), медносерноколчеданные (Алаверди, Шамлуг, Капан, Анкадзор, Чибухли), колчеданно-полиметаллические (Ахтала, Дзагидзор, Марц, Дзорагэс и др.).

Благоприятными структурными факторами локализации колчеданного оруденения являлись вулканотектонические постройки, межформационные и внутриформационные зоны отслаивания пород, тектонически и гидротермально переработанные породы. По морфологическим признакам рудные тела подразделяются на линзообразные и штокообразные (Тандзут, Алаверди, Шамлуг, Ахтала) жилы и штокверки прожилково-вкрапленной минерализации (Алаверди, Шамлуг, Капан, Анкадзор, Агви, Мгарт, Когес, Тигранаберд и др.). Почти на всех месторождениях колчеданной формации отмечается многостадийность рудообразования. Интенсивно проявлена кварц-пиритовая, кварц-карбонат-пирит-халькопиритовая, кварц-карбонат-халькопиритовая стадии минерализации. На отдельных месторождениях проявлены также полиметаллическая (Алаверди, Шамлуг, Ахтала), медно-мышьяковая (Капан, Мецдзор, Каварт), баритовая и карбонатная стадии минерализации (Капан, Алаверди, Шамлуг и др.).

Руды колчеданных месторождений характеризуются многообразием минеральных видов. В них установлены халькопирит, пирит, борнит, сфалерит, галенит, халькозин, энаргит, теннантит, люционит, теллуросмисмутин, тетрадимит, висмутин, гессит, виттихенит, эмплектит, германит, реньерит, самородное золото и серебро, сульфовисмутиты меди, висмута и серебра, штроейерит, акантит, ялпаит, стефанит и др.

Руды отличаются достаточно высоким содержанием селена, теллура, золота, серебра, кадмия, галлия, германия, индия, висмута.

Минеральный состав, структурно-текстурные, геохимические, структурные, физико-химические

условия минералообразования и другие признаки указывают на образование руд в средне-низкотемпературных и малоглубинных условиях.

Типичными примерами медноколчеданных месторождений являются Алавердское, Шамлугское и Капанское. Главной рудоконтролирующей структурой Алавердского месторождения является меридиональный разлом, который с варьирующей мощностью простирается на 5-6 км, а по падению — на 1000-1300 м.

Наиболее благоприятными для локализации оруденения являются туфобрекчии, пепловые туфы, кварцевые кератофиры. Экранирующими являются агломераты. На месторождении изучены, описаны и частично обработаны 40 рудных тел. Штоки и линзы по простиранию прослежены на 100-180 м, по падению — 90-190 м, при мощности 10-15 м. В составе руд выделяются серноколчеданные, медноколчеданные и полиметаллические рудные парагенезисы. Протяженность жил и зон составляет от 80 до 800 м, при мощности 0,3-0,5 м для жил, 1-5 м (до 15 м) для зон. По падению они прослеживаются на 250-300 м.

Основным структурным элементом контроля оруденения на Шамлугском месторождении является Шамлугский широтный разлом со своими сопряженными нарушениями северо-восточного направления. Наиболее крупные штоки и линзы образовались на контакте пирокластических туфов, кератофиров и кварцевых кератофиров с экранирующими альбитофирами. На месторождении выявлено около 60 рудных тел (штоки, жилы, зоны) с размерами 30-200 м по простиранию и 8-150 м — по падению для штоков, до 200 и более метров — для жил и зон, при мощности 3-4 до 10 м.

В строении Капанского месторождения участвуют средне-верхнеюрские вулканогенные породы. В структурном отношении для локализации оруденения на Капанском месторождении важное место принадлежит Мецмагаринскому разлому и северо-западным разрывам. Установлено более 450 жил с простиранием 100-250 м, при мощности 0,1-0,5 м (1-2,5 м в раздувах), а также более 10 штокверковых участков.

В рудах представлены серноколчеданные, медноколчеданные, медно-мышьяковые, полиметаллические парагенезисы рудной минерализации.

Типичным примером серноколчеданных руд является Тандзутское месторождение, которое локализовано в среднеэоценовых порфирах, порфиритах, туфах, туфобрекчиях и туфопесчаниках.

Серноколчеданное оруденение представлено тремя линзами размерами: по простиранию на 140-560 м, при мощности 20-40 м и по падению 30-70 м. В составе руд установлены серноколчеданные и слабо-полиметаллические типы руд. Полиметаллические руды с повышенным содержанием золота и серебра установлены на участках Акопиджур и Андраникиджур. Среднее содержание золота в серноколчеданной руде составляет 1,06 г/т, а серебра — 7,0 г/т.

Серноколчеданные руды характеризуются содержанием железа, золота, серебра, селена, серы

и теллура и могут представить практический интерес по этим элементам.

Кроме описанных формаций и месторождений второстепенное значение имеют хромитовая, марганцовая, стибнитовая, ртутная, реальгар-аурипигментовая формации руд.

*Хромитовая формация руд* представлена небольшими месторождениями (Джил, Шоржа, Дара, Бабаджан и др.), приуроченными к зоне развития ультраосновных пород [11]. Хромитовые месторождения относятся к гистеромагматическим и сегрегационным.

Перспективы хромитового оруденения связаны с массивами ультраосновных пород, поэтому следует провести детальные работы в их пределах.

Среди марганцовых месторождений выделяются [20] глубоководные и мелководные эксгальционно-осадочные (Севкар-Саригюх, Калача, Сваранц и др.), эксгальционные (Мартирос, Барцратумб, Цахкуняц) и гидротермальные (Кармрашен, Дебед, Горадис), которые изучены недостаточно и их перспективы пока не ясны.

*Стибнитовая формация* развита слабо (Амасия, Сотк, Азатек, Марджан и др.). На Амасийском месторождении сурьмяные руды проявляются с реальгар-аурипигментовыми, а на Соткском, Азатекском и Марджанском месторождениях сурьмяная минерализация участвует в составе комплексных золотосодержащих руд и представляет интерес по содержанию золота, серебра и др. элементов. Самостоятельные проявления стибнитовых руд практического интереса не представляют.

*Ртутная формация руд* представлена небольшими рудопроявлениями на северо-восточном побережье оз. Севан, в бассейне рр. Веди и Марцигет [5, 11, 13]. Перспективы ртутного оруденения не ясны по причине слабого его изучения.

*Реальгар-аурипигментовая формация* имеет очень слабое проявление (Амасия, Сотк и др.) и никакого практического интереса не представляет.

Большие требования предъявляются к расширению минерально-сырьевой базы хрома, марганца, сурьмы, ртути, мышьяка. Рудопроявления этих металлов изучены слабо, и не все закономерности их металлогении выявлены. Не выяснены и вопросы их генезиса и перспективной оценки.

В изучении рудных месторождений республики необходимо широко применять геофизические и геохимические методы поисков и разведки. Серьезные задачи стоят перед технологами, которые должны разработать рациональные методы обогащения и извлечения не только главных компонентов руд, но и ценных примесей: Pt, Pd, Re, Os, Se, Te, Bi, Cd, Au, Ag и других.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Акопян М.С., Мелкоян Р.Л. и др. Новые данные о генезисе Каджаранского медно-молибденового месторождения. ДАН АрмССР, 1989, т. 89, №1, с. 26-89.
2. Акопян М.С., Мелкоян Р.Л., Пароникян В.О. К

вопросу генезиса Техутского медно-молибденового месторождения. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1982, т. 35, №6, с. 38-43.

3. Амирян Ш.О., Фарамазян А.С. Минералогия, геохимия и условия образования рудных месторождений Армянской ССР. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1984, 304 с.
4. Амирян Ш.О. Золоторудные формации Армянской ССР. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1974, 253 с.
5. Амирян Ш.О., Пиджян Г.О., Фарамазян А.С. Закономерности размещения и перспективы главных рудных формаций Армянской ССР. Сб. научных трудов института Армнипроцветмет, 1989, 91-97 с.
6. Амирян Ш.О., Азизбекян М.С., Алтунян А.З. О перспективах медного и полиметаллического оруденения Алавердского рудного поля и предложения по направлению дальнейших поисково-оценочных, геологоразведочных и научных работ. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 1994, т. 47, №1-2, с. 41-48.
7. Амирян Ш.О., Азизбекян М.С., Алтунян А.З., Фарамазян А.С. Минералого-геохимические особенности руд Тухманукского золото-полиметаллического месторождения. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 1997, т. 50, №1-2, с. 25-34.
8. Амирян Ш.О., Азизбекян М.С., Алтунян А.З. Характер распределения и формы нахождения цветных, благородных и редких элементов в рудах медных месторождений Алаверди и Шамлуг. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 1998, т. 51, №1-2, с. 60-68.
9. Амирян Ш.О., Азизбекян М.С., Алтунян А.З., Фарамазян А.С. Распределение и формы нахождения цветных, благородных и редких элементов в рудах полиметаллического месторождения Ахтала и золото-полиметаллического-Арманис. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 1999, т. 52, №1, с. 27-34.
10. Амирян Ш.О., Азизбекян М.С., Алтунян А.З. Характер оруденения и особенности минерального состава и геохимии руд золоторудных месторождений Сотк и Меградзор. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 1999, т. 52, №2-3, с. 50-59.
11. Геология Армянской ССР. Металлические полезные ископаемые. Т. VI (под ред. И.Г. Магакьяна). Ереван: Изд. АрмССР, 1967, 540 с.
12. Карамян К.А. Постмагматические образования Зангезурского рудного района. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1987, 200 с.
13. Магакьян И.Г., Пиджян Г.О., Фарамазян А.С., Амирян Ш.О., Карапетян А.И., Пароникян В.О., Зарьян Р.Н., Меликсетян Б.М., Акопян А.Г. Редкие и благородные элементы в рудных формациях Армянской ССР. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1972, 382 с.
14. Межлумян Г.Б. Формационная классификация железорудных месторождений Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1986, т. 39, №2, с. 30-37.
15. Пиджян Г.О. Медно-молибденовая формация Армянской ССР. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1975, 311 с.
16. Гаян Р.Н., Амирян Ш.О., Фарамазян А.С., Арутюнян М.А., Саркисян С.П. Рудные формации Зангезурского рудного района и общие закономерности размещения оруденения. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 1999, т. 52, №2-3, с. 22-30.
17. Фарамазян А.С., Калинин С.К., Терехович С.Л. Особенности геохимии элементов группы платины в рудах медно-молибденовых месторождений Армянской ССР. Докл. АН СССР, 1970, т. 190, №6, с. 1455-1457.
18. Фарамазян А.С., Калинин С.К., Егизбаева К.Е.,

Файн Э.Е. Об абсолютном возрасте медно-молибденового оруденения Зангезура. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1974, N1, с.43-53.

19. Хачатурян Э.А. Минералогия, геохимия и генезис руд колчеданной формации Армянской ССР. Ереван:

Изд. АН АрмССР, 1977, 318 с.

20. Яшвили Л.П. Некоторые особенности различных генетических типов марганцевых руд Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1987, т.XL, N2, с.38-45.

## ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳԼԽԱՎՈՐ ՀԱՆՔԱՅԻՆ ՖՈՐՄԱՑԻԱՆԵՐԻ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻ ԱՌԱՋԱՑՄԱՆ ԵՎ ՏԵՂԱՅՆԱՑՄԱՆ, ԵՐԿՐԱՔԱՆԱԿԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԸ

Շ. Հ. Ամիրյան, Ա. Ս. Ֆարամազյան

### Ա մ փ ո փ ու մ

Հոդվածում քննարկվում են Հայաստանի Հանրապետության գլխավոր հանքային ֆորմացիաների՝ պղինձ-մոլիբդենային, ոսկու, բազմամետաղ, երկաթի, կոլչեղանի հանքավայրերի առաջացման ու տեղայնացման հարցերը: Հանքավայրերը դասակարգված են ըստ ֆորմացիոն տիպերի և դրանց համար բերված են երկրաբանական, կառուցվածքային, միներալային, երկրաքիմիական և ստրուկտուր-տեքստուրային առանձնահատկությունների բնորոշումները: Տվյալներ են բերվում նրանց հասակային փոխհարաբերությունների, մագմատիզմի հետ ունեցած կապի և այլ հարցերի մասին: Բերված տվյալները հաստատում են այն միտքը, որ Հայաստանի տարածքի համար կարևոր ու գլխավոր են հանդիսանում պղինձ-մոլիբդենային, ոսկու, երկաթի, կապարի ու ցինկի, պղինձ-ծծումբ- կոլչեղանային ֆորմացիայի հանքավայրերը: Մանգանի, քրոմի, սնդիկի, անտիմոնի, մկնդեղի հանքավայրերը թույլ են ուսումնասիրված և նրանց գենեզիսի ու հեռանկարների հարցերը դեռևս պարզաբանված չեն: Յուրաքանչյուր ֆորմացիայի ու հանքավայրի չպարզաբանված հարցերի ու հեռանկարների գնահատման համար առաջարկվում են երկրաբանական, երկրաքիմիական ու այլ աշխատանքների յուրահատուկ, մանրակրկիտ ու երկարատև կատարումներ:

## GEOLOGICAL CONDITIONS OF FORMATION AND LOCALIZATION OF THE MOST IMPORTANT ORE FORMATION DEPOSITS IN THE REPUBLIC OF ARMENIA

Sh. H. Amiryan and A.S. Faramazyan

### Abstract

In the article, we consider geologic conditions of formation and localization of the most important ore formation deposits in the Republic of Armenia. The presented studies allowed definition of genetic and formational belonging of the deposits, their distinct features, ore mineralization rate, perspectives and subdivision of the deposits by the types of formation, as well as collecting data on material composition of the ores, main ore elements and most important admixtures required for complex processing of ores of each formation.

## СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ЗОЛОТОРУДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ АРМЕНИИ

Гайк П. Алоян, П. Г. Алоян, Ш. О. Амирян

Горно-металлургический институт  
375009, Ереван, ул. Корюна, 14, Республика Армения  
E-mail: haik\_a@yahoo.com  
Поступила в редакцию 5.02.2003 г.

Золоторудная промышленность Армении в долгосрочной перспективе обеспечена надежной базой за счет освоения традиционного золотосодержащего сырья месторождений золоторудной, полиметаллической и медно-молибденовой формаций. Наши новейшие исследования показывают, что в ближайшей перспективе возможно значительное увеличение ресурсов золота, а также не числящихся на балансе республики платиноидов, в связи с установлением золото-платиноносности терригенно-карбонатно-туфогенно-угленосных отложений, вмещающих угли и горючие сланцы – по аналогии с черносланцевыми геотипами мира. Уникальным сырьем золоторудной промышленности в далекой перспективе могут стать новейшие вулканические золотоносные титано-магнетитовые пемзовые пески, шлаки и туфы (пески туфодобычи) массива г. Арагац и других регионов, не имеющих пока аналогов-геотипов в мире.

Армения является древнейшим центром горнорудной промышленности. Об этом свидетельствуют богатые археологические находки золотых, серебряных, медных и железных изделий, сохранившиеся фрагменты плавильных печей, элементы литейного производства, металлургические шлаки, каменные орудия труда и др. Следы древнейших разработок – система древних выработок, каменные рудотерки и ступы, окаменелые фрагменты деревянной крепи и лестниц, светильники и др. – обнаружены почти во всех разведанных золоторудных месторождениях. Золото Армении имеет древнюю историю (VI-V тысячелетие до н.э.).

В настоящее время создана надежная сырьевая база для долгосрочного развития золоторудной промышленности республики. Разведано и опробовано более 40 месторождений. Разведанные и предварительно оцененные запасы золота и серебра подсчитаны по 16 месторождениям, которые находятся в эксплуатации или подготовлены к промышленному освоению, с общими запасами золота 369 т и серебра 5144 т. По золоторудным месторождениям запасы золота составляют 314 т (85%), а серебра – 2155 т (42%) [4,6] (табл.1). Из них собственно золоторудных – 11 месторождений (золоторудные и золото-полиметаллические подформации) и 5 – комплексных золотосодержащих месторождений цветных металлов (медно-молибденовые, медно-рудные и полиметаллические). Разведанные запасы золота (категория C<sub>1</sub>) составляют 246,8 т, из которых на долю золоторудных и золотополиметаллических месторождений приходится 79% (195,7 т), а из предварительно оцененных запасов (категория C<sub>2</sub>) – 97,7% (118,7 т).

Прогнозные ресурсы по 20-ти дополнительным золоторудным и комплексным золотосодержащим месторождениям цветных металлов составляют 151,5 т золота (около 41% от разведанных и предварительно оцененных) и серебра (47%). Доля золоторудных месторождений в прогнозных ресурсах более 75% по золоту и 76,5% по серебру. Общие запасы (разведанные+предварительно оцененные+прогнозные ресурсы) золота составляют более 520 т, а серебра

– 7565 т. По данным ФГУНПП «Аэрогеология», общие запасы золота (подтвержденные+прогнозные) в странах СНГ составляют около 26976 т (в т.ч. подтвержденные 46,2% или 12470 т), а мировые – 89040 т (в т.ч. подтвержденные 57,1% или 50840 т) [4]. Здесь же приводятся для Армении заниженные цифры: подтвержденные – 220 т и общие – 314 т. Фактически доля общих запасов золота Армении в запасах СНГ составляет 1,93%, а в мировых – 0,58%. По общим запасам золота Армения занимает в настоящее время пятое место после России, Узбекистана, Казахстана и Кыргызстана. Руды комплексных золотосодержащих месторождений цветных металлов перерабатываются на Зангезурском (Каджаран) и Агаракском (Агарак) медно-молибденовых, Капанском (Капан, Шаумян) и Ахтальском (Ахтала, Шамлуг) обогатительных комбинатах и фабриках. Зангезурская и Агаракская ММК – это госпредприятия, Капанская фабрика с Капанским и Шаумянским рудниками принадлежит швейцарской фирме Deпо GmbH, а Ахтальская обогатительная фабрика с рудниками Ахтала, Шамлуг и Арманис – армяно-румынской фирме Metal Prince. Из комплексных золотосодержащих месторождений цветных металлов наиболее крупным является гигант – Каджаран, где сосредоточены более 49 т золота и 2749 т серебра, т.е. более 90% запасов золота (92% серебра) из комплексных и около 13,5% от предварительно оцененных и разведанных запасов золота. На Каджаранском месторождении сосредоточено в 1,3 раза больше серебра, чем во всех разведанных золоторудных месторождениях вместе взятых.

В настоящее время золоторудные месторождения Армении эксплуатируются и доразведываются 9-ю предприятиями. Лицензировано более 97% запасов золоторудных месторождений (табл. 2). Самой крупной является индийская компания Sterlite Group (AGRC), которая полностью выкупила лицензию на эксплуатацию Соткского (Зодского) и Меградзорского месторождений, где сосредоточено более половины общих запасов золота Армении и более 60% запасов золоторудных месторождений. Компания

производит в год около 3 т золота. Кроме руд коренных месторождений, компания перерабатывает также лежалые хвосты Араратской золотоизвлекательной фабрики, содержащие около 1 г/т золота. Из общего объема хвостов в 12 млн т уже переработано более половины. Извлечение порядка 50 %. Технологическая схема фабрики предусматривает прямое цианирование руд и хвостов с получением металла Доре. Намечается строительство аффинажного производства.

Таблица 1

Запасы золота и серебра на эксплуатируемых и разведанных месторождениях Армении (на 1 01.2000 г.)

№ №	Формация	Стадия освоения	Месторождения	Запасы: Au, Ag, %		
				Разведанные (кат С <sub>1</sub> )	Предварительно оцененные (кат С <sub>2</sub> )	Всего (С <sub>1</sub> +С <sub>2</sub> )
1	Золоторудная	Эксплуатация	Арманис	48,4	25,19	73,59
			Личквас-Тей			
		Меградзор	21,3	3,97	25,27	
		Подготовлены к промышленному освоению	Тертерасар	4,65	7,00	11,65
			Тухманук			
			Азатек			
			Марджан	4,33	12,29	16,62
			Мари			
			Мгарт			
Всего по золоторудной формации				53,05	32,19	85,24
				25,63	16,26	41,89
2	Медно-молибденовая	Эксплуатация	Агарак	13,6	0,065	13,67
				53,89	0,56	54,45
3	Меднорудная	Эксплуатация	Капан	0,15	0,54	0,69
			Шамлуг	0,48	0,85	1,33
4	Полиметаллическая	Эксплуатация	Ахтала	0,098	0,31	0,41
				0,52	1,8	22,32
		Всего по комплексным месторождениям				13,85
				54,89	3,22	58,11
Итого				66,9	33,11	100%
				80,52	19,48	100%

Общество с ограниченной ответственностью «Сипан-1» эксплуатирует Личквас-Тейское и Тертерасарское месторождения с получением гравитационных и флотационных концентратов. Годовая производительность в пределах 150 тыс. т руды. Основным потребителем концентратов были швейцарская фирма Glencore International AG и АСР, а в настоящее время фирма Depo GmbH. Остальные фирмы пока не набрали проектные мощности.

Повышение комплексного использования минерально-сырьевой базы и продуктов технологического передела – это очень сложная и мно-

Таблица 2

Список предприятий, получивших лицензию на доразведку и эксплуатацию золоторудных месторождений Армении

№ п.п.	Предприятие	Месторождение	Доля запасов золота в запасах золоторудных м-ний, %	Базовая перерабатывающая фабрика
1	Sterlite Group (AGRC)	Меградзор Сотк (Зод)	59,3	Араратская золотоизвлекательная ф-ка (АрЗИФ)
2	Depo GmbH	Капан Шаумян	12,63	Капанская ОФ
3	Армметалл	Азатек	5,56	—
4	Сипан-1	Личквас-Тей Тертерасар	6,9	Айгедзорская ЗИФ
5	Metal Prince	Арманис Ахтала (полиметаллическое), Шамлуг (медное)	5,0	Ахтальская ОФ
6	Mega Gold	Тухманук	3,56	Гравиустановка на м-нии
7	Геммос	Мгарт	2,83	—
8	Армянский медный проект (АСР)	Мари	1,46	Алавердский медеплавильный комплекс
9	Ассат	Гладзор Какавасар	Запасы прогнозные (менее 1%)	Опытная база (г. Масис)
Всего лицензировано на разведку и эксплуатацию			97,26%	

гогранная проблема. Она обусловлена геолого-формационной принадлежностью месторождения, аналитико-технологической изученностью руд и продуктов их передела, а также народнохозяйственной (конъюнктурно-отраслевой) целесообразностью, т.е. эта проблема является формационно-технологической и экономической. Конъюктурно-отраслевые подходы к сырьевым ресурсам особенно сильно отразились на месторождениях с золотополиметаллическими промышленными типами руд в связи с наличием свободных мощностей на Араратской золотоизвлекательной фабрике, действующей с 1976г. Разведываемые золотополиметаллические руды в советское время принудительно переоценивались как золоторудные в соответствии с наложенной технологической схемой АрЗИФ, теряя безвозвратно большое количество промышленно ценных попутных (а порой и не только попутных) полезных компонентов. Так, с баланса Азатекского золото-свинцово-сурьмяного месторождения были списаны сотни тысяч тонн сурьмы, мышьяка, свинца и других компонентов с общей извлекаемой ценностью около 100 млн. долларов США. Та же участь постигла Личквас-Тейское, Меградзорское, Тертерасарское и др. месторождений зо-

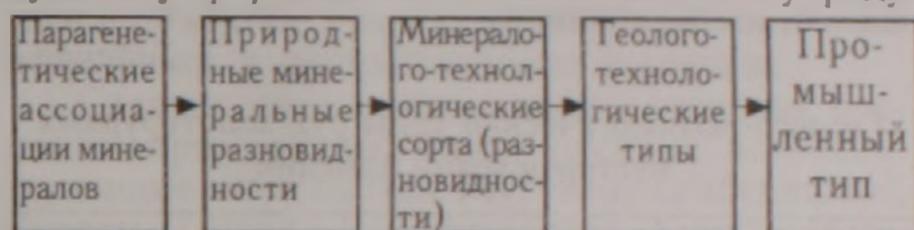
лота. С их баланса списаны значительные запасы меди, свинца, цинка и редких элементов, что резко снизило потенциальную ценность руд. Если проблема комплексного использования многокомпонентного сырья в советское время не волновала госпредприятия по конъюнктурным соображениям, то в настоящее время она не волнует частные компании по меркантильным соображениям.

Конъюнктурный подход привел к значительному снижению степени промышленного освоения золоторудных месторождений, т.к. в большинстве случаев промышленная типизация руд не была еще проведена и вместо геолого-технологических типов руд по валовым пробам выделялся единый технологический тип с учетом конъюнктуры того или иного металла, а не ценности и номенклатуры промышленно ценных компонентов. Степень промышленного освоения золотосодержащих запасов должна была быть довольно высокая за счет Соткского и Каджаранского месторождений, на которых сосредоточено 60% всех разведанных ( $C_1 + C_2$ ) запасов золота и 57% серебра. Однако сопоставление результатов детальной разведки и разработки Соткского месторождения с анализом технико-экономических показателей за 10-летний период (до лицензирования) показало, что имеет место резкое снижение степени использования (освоения) запасов месторождения. По шести эксплуатационным блокам подземной добычи по рудным телам 4 и 39, доля которых по руде составляет 64% и по запасам металла – 57,2%, дополнительные эксплуатационные потери составили по руде 60,3%, по золоту – 71,1%. Разубоживание руды при плане 7,8% составило 27,3%, а потери металла при плане 4,7% составили 11%. По 16 рудным телам в пределах контура месторождения установлено неподтверждение площадей (28,2%) и мощностей (51,6%) рудных тел в основном по предварительно оцененным запасам, т.к. они были вовлечены в добычу без доразведки. Разубоживание руды при плане 11,8% составило 20,1%, а потери металла при плане 5% составили 8,3%. Неучтенные потери золота по карьере и подземному руднику составили десятки миллионов долларов США, а степень освоения запасов составила менее 40%. Аналогичная картина наблюдается и на Меградзорском месторождении. По данным Меградзорского рудника за 1985-1998 г.г., по рудным телам 1,2,5 и Слепому добыто 312 тыс. т. руды со средним содержанием золота 5,89 г/т и погашено 225 тыс. т. руды со средним содержанием золота 8,81 г/т. Фактически (по данным ТЭО-2001) за тот же период погашено 310,7 тыс. т. руды со средним содержанием золота 21,5 г/т. Коэффициент сопоставления погашенных запасов составляет в среднем 0,41. За 6 месяцев 2001г на Меградзорском руднике из 2-го и Слепого рудных тел добыто 23,9 тыс. т. руды со средним содержанием золота 2,53 г/т при разубоживании 42,3%. За тот же период погашено 14,2 тыс. т. руды со средним содержанием золота 4,39 г/т при потерях руды в количестве 439 т и золота – 1,9 кг. По данным геологоразведки, запасы руды состав-

ляли 113,2 тыс. т при среднем содержании золота 12,71 г/т [2].

Для полной ликвидации последствий конъюнктурно-отраслевого подхода к многокомпонентным сырьевым ресурсам и необоснованной чистке госбаланса правительство РА (№ 80 от 9.02.1998) разработало комплексную программу по коренной переоценке эксплуатируемых и подготавливаемых к промышленному освоению месторождений, в т.ч. и золота. На этой основе нами проводилось геолого-технологическое картирование с целью типизации руд и подсчета запасов по геолого-технологическим типам руд [1].

Промышленная типизация руд месторождений золоторудной формации нами проведена с учетом формационно-генетических особенностей, технологических показателей типов руд и номенклатуры полезных компонентов как в подсчитанных запасах, так и промышленно извлекаемых [1]. Типизация руд проведена по следующему формационно-технологическому ряду:



Парагенетические ассоциации минералов не имеют конкретной геологической привязки, не оконтурены пространственно на разрезах рудных тел или погоризонтных планах и потому, вполне естественно, они не являются представительными по месторождению (участку, рудному телу) и не могут быть тестированы технологически и экономически с выходом на номенклатуру товарной продукции и экономику горнорудного производства. Этим парагенетическая ассоциация минералов отличается от природной минеральной разновидности руд – базового звена геолого-технологической и промышленной типизации руд. Промышленная типизация руд представляет собой экономически обоснованную целесообразность селективной добычи различных геолого-технологических типов руд или предусматривает переработку многосортных (различных типов) руд в композитной шихте с учетом их количественного соотношения при заданных технологических показателях. Промышленный тип руд – это экономическая категория и потому имеет временный характер, а геолого-технологический тип – это формационно-техногенная категория, в принципе категория постоянная, и потому подсчет запасов рекомендуется проводить по геолого-технологическим типам руд. Типы руд подразделяются на 2 категории: сульфидные и окисленные. Смешанные руды рассматриваются в качестве технологических сортов окисленных руд (табл.3).

На долю золоторудного типа руд приходится 65,6% запасов золота, а на долю золотополиметаллического типа – около 30%.

Золоторудные месторождения парагенетически связаны с комплексом вулканоплутонических образований мезокайнозойского возраста. Оруденение контролируется антиклинальными складками и системой разрывных

нарушений в зонах региональных (глубинных) разломов. Рудные тела представлены крутопадающими жилами, жильными зонами и обогащенными участками (рудными столбами) с жильково-вкрапленным оруденением. Промышленные концентрации золота связаны с более поздними дифференциатами магматического очага, в основном с внедрением малых интрузий. Золото наложено на медное, медно-молибденовое и полиметаллическое оруденение и проявляется во всех промышленных рудных формациях, являясь сквозным благородным металлом. Оно наложено даже на низкотемпературное реальгар-аурипигментовое оруденение, замыкающее стадию рудоотложения. Рудовмещающими породами являются андезиты, андезито-дациты, кварцевые порфиры, их туфы и туфобрекчии, габбро, монциты, гранодиориты, метасоматиты. Гидротермальное изменение представлено окварцеванием, серицитизацией, хлоритизацией, эпидотизацией, каолинизацией, биотитизацией, лиственитизацией, оталькованием.

Таблица 3

Геолого-технологические типы руд золоторудных месторождений Армении

Категория руд	
Сульфидные руды	Окисленные руды
1. Золотополиметаллический тип – Азатек, Арманис, Личквас-Тей, Марджан, Марц, Меградзор, Сотк, Шаумян	1. Лимонит-малахит-купритовый тип – Марц I технологический сорт – смешанные руды. Степень окисления меди – 15-20%.
2. Медно-золоторудный тип – Арманис, Марц	II технологический сорт – степень окисления меди >20%
3. Золоторудный тип – Азатек, Мгарт, Меградзор, Сотк, Тертерасар	2. Лимонит-церуссит-плюмбоцит-скородитовый тип – Тертерасар, Личквас-Тей
4. Золото-свинцово-сурьмяной тип – Азатек, Сотк	I технологический сорт – степень окисления меди – 25-30%
5. Золотомышьяковистый тип – Сотк	II технологический сорт – степень окисления меди >30%
	3. Лимонит-гетитовый тип – Сотк

На золотополиметаллических месторождениях установлена многостадийность рудообразования с элементами вертикальной и горизонтальной зональности. На верхних горизонтах преимущественно развиты низкотемпературные золототеллуридовые и реальгар-аурипигментовые, а на нижних горизонтах – золотополиметаллические и золотоарсенопиритовые руды. Минеральный состав руд сложный. Он представлен пиритом, халькопиритом, сфалеритом, галенитом, антимонитом, сульфоантимонитом, теллуридами, реальгаром, аурипигментом, вторичными сульфидами меди, блеклыми рудами и др. Эти месторождения формируются при средне-низких температурах на малых глубинах. Зона окисления имеет значительное распространение и представлена лимонитом, малахитом, купритом, скородитом, гетитом. Золото находится в рудах в самородной форме, с сульфидами и в виде теллуридов.

Кроме золота и серебра, промышленную ценность представляют медь, свинец, цинк, мышьяк, галлий, индий, кадмий, селен, теллур. Схема переработки руд многоступенчатая; технологические показатели сравнительно низкие в связи со сложным составом товарной руды. Характерным для большинства месторождений является наличие первичного золотосодержащего гематита, который в ряде случаев образует большие скопления и четко обособляется в пространстве (Марц, Тертерасар). Одной из отличительных черт золотополиметаллических руд является наличие в них обособленных участков со значительными концентрациями мышьяка и сурьмы. Мышьяк представлен золотосодержащим арсенопиритом, который является одним из основных носителей золота и в тесной ассоциации с пиритом образует пирит-арсенопиритовую минеральную разновидность (Азатек, Личквас-Тей, Сотк, Тертерасар). На Соткском месторождении носителем сурьмы является в основном антимонит (антимонитовая разновидность), а носителями мышьяка, кроме арсенопирита, являются реальгар и аурипигмент. Последние образуют вторую мышьяковистую разновидность. Богатые сурьмой руды особенно выделяются на Азатекском месторождении, где они представлены антимонитом и сульфоантимонитом свинца. Ввиду особого технологического поведения мышьяк- и сурьмасодержащих руд, на некоторых месторождениях выделяются золотомышьяковистый и золото-свинцово-сурьмяной типы руд (Азатек, Сотк).

Товарными продуктами подотрасли являются гравитационный, коллективно-флотационный, медный, свинцовый и цинковый концентраты, а также катодное золото и сплав Доре. Проба золота на разных месторождениях разная и варьирует в пределах 700-960. Сравнительно высокие пробы золота в сульфидах, а низкие – в теллуридах.

Нет сомнения, что перспективы золоторудной промышленности Армении связаны в определенной степени с промышленным освоением прогнозных ресурсов. Однако за последние годы нами получены новые данные, которые принципиально меняют не только перспективы, но и настоящее золоторудной промышленности Армении. Нашими исследованиями доказана металлоносность (золото-серебро-платиноносность) черносланцевых (терригенно-углеродистых) комплексов Армении. Черносланцевые комплексы имеют широкое распространение в Армении\*. Они представлены терригенно-углеродистыми отложениями – переслаиванием маломощных пачек бурых углей (редко каменных), горючих сланцев, битуминозных углефицированных аргиллитов, песчаников и известняков, глинистых сланцев, реже андезитов, туфоконгло-

\* Черные сланцы – это "водно-осадочные горные породы, обычно темные, пелитоморфные и сланцеватые, обогащенные сингенетическим органическим веществом преимущественно аквагенного и отчасти терригенного типов" (Юдович, Кетрис, 1988). Крупнейшие золото-платиноносные черносланцевые комплексы представлены углеродистыми терригенно-сероцветными, углеродистосланцевыми, углеродисто-терригенно-карбонатными образованиями [3].

мератов, туфобрекчий и туффитов. Общая мощность комплексов сильно варьирует и составляет в среднем 60-120 и более метров. Они прослеживаются по простиранию на сотни метров, а в отдельных случаях – от 2-3 до 5 км. Возраст черносланцевых комплексов охватывает время от нижнего триаса до плиоцена (триас, юра, эоцен, олигоцен, миоцен, плиоцен).

В большинстве случаев эти отложения имеют пологие падения, обнажаются на поверхности или залегают на небольшой глубине и благоприятны для открытой добычи. За прошедшее столетие черносланцевые комплексы Армении рассматривались исключительно как топливное сырье. Геологоразведочными работами опробовано и разведано более 10 крупных месторождений углей и горючих сланцев, однако, в связи с их низким качеством, эти объекты оценены как неперспективные. Запасы и ресурсы их огромны. Это Шамутское, Антарамутское, Иджеванское, Дилижанское, Джаджурское, Бадиванское в северной Армении; Джерманисское, Варденисское, Абовянское – в центральной; Нор-Аревикское и Сисианское – в южной Армении.

Наши исследования показали, что, по существу, все известные крупные месторождения углей и горючих сланцев являются металлоносными в разной степени, и в первую очередь, по содержанию благородных металлов – Au, Ag, Pt и Pd. По данным 200 пробирных (Au, Ag) и пробирно-атомно-абсорбционных (МПГ) анализов, их содержание колеблется в широком диапазоне и составляет в среднем: золота от 1,5-3 до 7-8 – 11,2 г/т, серебра – от 28-50 до 150-350 г/т, металлов платиновой группы – от 0,05-0,1 до 1 г/т, а в отдельных технологических пробах (весом 30-35 т) – до 8-10 г/т.\* Спектральными анализами (50 анализов) в углях и горючих сланцах установлены Be, Cr, Cu, Ga, Mn, Mo, Nb, Ni, Pb, Sc, Sr, V, Zr. Повышенные содержания Ti, Fe и Mo установлены химическими анализами (25 анализов). Содержания Mo в углях и сланцах Джаджура, Джерманиса и особенно Нор-Аревика составляют 0,04-0,2%, что превышает содержание Mo в рудах такого гиганта, как Каджаран. Золото и серебро представлены в основном в свободном виде (50%) и в сростках с сульфидами. По данным минералогических исследований и рентгеноструктурного анализа рудные минералы представлены пиритом, магнетитом, гематитом, сфалеритом, самородной медью и железом, халькопиритом, а нерудные – преимущественно кварцем, карбонатами, гипсом, полевыми шпатами, серицитом. Платиноиды представлены поликсомом, камаситом, ферроплатиной, купроплатиной и редко в самородном виде. Характерна изоморфная связь МПГ с железом; об-

разуют твердые растворы Pt-Fe-Cu.

Следует особо подчеркнуть, что оруденение концентрируется не только избирательно в угленосных пластах, но и в переслаивающихся с ними песчано-глинистых, песчано-туфогенных и песчано-обломочных образованиях, что увеличивает мощность продуктивного пласта в 1,5-2 и более раза и обеспечивает сплошную выемку пород при открытой добыче. Проведены лабораторные и промышленные испытания на пробах Шамутского, Нор-Аревикского, Джерманисского и Джаджурского месторождений с начальным весом от 20 кг до 35-750 тонн.

Промышленные испытания проводились на Айгедзорской ЗИФ (с Айгедзор, Сюник) и на опытной установке фирмы АССАТ (г. Масис); получены гравитационные концентраты с содержанием золота от 20 до 50 г/т, серебра – 50-100 г/т, а платиноидов – от 10 до 40 г/т, флотоконцентраты с содержанием золота 14-25 г/т и серебра до 600-1500 г/т. На некоторых объектах начата доразведка с целью их переоценки и промышленного освоения.

Следует учесть, что к черносланцевой формации приурочены такие крупные золотосодержащие гиганты, как Мурунтау (Узбекистан), Карлин (США), Ашанти (Гана), Кумтор (Кыргызстан) и месторождения России – Наталка (Коми), Сухой Лог (Бодайбо), Олимпиада (Красноярский край), Майское (Чукотка), Нежданинское (Якутия) и др. [3] Этот факт, с учетом полученных нами данных, вселяет уверенность в перспективность черносланцевых комплексов Армении.

Установление золото-серебро-платиноносности черносланцевых (терригенно-углеродистых) комплексов Армении имеет важное научное и прикладное значение и открывает новые перспективы для всего региона и, в первую очередь, для Грузии и Ирана.

Золотосодержащим сырьем XXI века для Армении могут рассматриваться также новейшие вулканические титано-магнетитовые пемзовые пески и кислые туфы, образующие приповерхностный единый стратиграфический горизонт-покров в пределах массива г. Арагац, занимающего более 17% территории республики. Возраст вулканических образований, по новейшим данным, определяется в 0,5-0,7 Ма [5]. Ресурсы песков и в особенности туфов огромны, они используются в основном в строительстве. Значительны также отходы туфодобычи – туфовые пески от механической распилки туфовых плит (блоков) правильной формы, которые образуют большеобъемные отвалы рыхлого песка. Отходы туфодобычи наносят огромный вред окружающей среде в связи с содержаниями тяжелых металлов, а с другой стороны занимают большие территории плодородных земель. В них установлены Ba, Co, Cr, Cu, Ga, Mo, Nb, Ni, Pb, Sc, Sr, Mn, V, Zr, Y. Содержания благородных металлов, по данным пробирного и атомно-абсорбционного анализов (10 анализов), в новейших вулканических образованиях массива г. Арагац (южные и юго-западные склоны) составляют: золота – от 0,4-1,5 г/т (в туфах и песках туфодо-

\* ) Анализы на редкие, благородные и черные металлы проведены в ГМИ (пробирные, химические, фазовые и рентгеноструктурные, аналитики – Р Арустамян, К Минасян, Л. Нагапетян) и ЦНИГРИ (полуколичественный спектральный и пробирно-атомно-абсорбционный; аналитики – А. В. Мандругин, И. Ю. Хлебникова), а также швейцарской фирмой Depe GmbH и армянской фирмой АССАТ.

бычи) до 7-9 г/т (в титано-магнетитовых песках), серебра – от 2 до 29 г/т и платиноидов (в песках) – 0,08-0,1 г/т. Это уникальное сырье, не имеющее аналогов в мире. Следует учесть, что за последние 25 лет среднее содержание золота в добываемых песках России на основном виде работ – открытом – уменьшилось в 2 раза и составляет 0,7-0,8 т/м<sup>3</sup> с учетом приращиваемых запасов [5]. Если учесть объемную массу титано-магнетитовых песков (2-2,5 т/м<sup>3</sup>) и туфов (1,7-2 т/м<sup>3</sup>), то станет очевидной перспективность новейших вулканических образований Армении (в т.ч. и шлаков) на благородные металлы при исключительно благоприятных горно-геологических условиях открытой добычи. Отметим, что уже проводятся технологические исследования с получением золотосодержащих концентратов и металла Доре. Исследования продолжаются.

Таким образом, вышеизложенный материал свидетельствует о том, что золоторудная промышленность Армении в долгосрочной перспективе обеспечена надежной сырьевой базой за счет освоения традиционного, имеющего вековые истоки, золотосодержащего сырья месторождений золоторудной, полиметаллической и медно-молибденовой формаций. Новейшие исследования показывают, что в ближайшей перспективе можно ожидать значительное увеличение ресурсов золота, а также не числящихся на балансе пла-

тиноидов, в связи с установлением золото-платиноносности терригенно-карбонатно-туфогенно-углеродистых отложений, вмещающих угли и горючие сланцы – по аналогии с российскими черносланцевыми комплексами. Уникальным сырьем золоторудной промышленности в перспективе могут стать новейшие вулканические пески (титано-магнетитовые), шлаки и туфы массива г. Арагац и других регионов, не имеющие пока аналогов в мире.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алоян П.Г. Геология горнорудных регионов Армении. Ереван: ГЕОИД, 2001. 243 с.
2. Алоян П.Г., Алоян Гайк П. и др. Формационно-технологические параметры Меградзорского золоторудного месторождения. Ереван: ГЕОИД, 2001. 190 с.
3. Константинов М.М., Некрасов Е.М., Сидоров А.А., Стружков С.Ф. Золоторудные гиганты России и мира. М.: Научный мир, 2000. 272 с.
4. Лешков Б.Г., Бельченко Е.Л., Гузман Б.В. Золото российских недр. М.: ЭКОС, 2000. 628 с.
5. Чернышев И.В., Лебедев В.А., Аракелянц М.М., Джрбашян Р.Т., Гукасян Ю.Г. Четвертичная геохронология Арагацкого вулканического центра (Армения) по данным К-Аг-датирования. ДАН РФ, 2002, т.384, N1, с.95-102.
6. Internet: <http://www.acc.am/~entrails>; [www.rudment.ru](http://www.rudment.ru).

## ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՈՍԿԵՀԱՆՔԱՅԻՆ ԱՐԴՅՈՒՆԱՔԵՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՆՔԱՀՈՒՄՔԱՅԻՆ ՀԵՆՔԻ ԻՐԱՎԻՃԱԿԸ ԵՎ ԶԱՐԳԱՑՄԱՆ ՀԵՌԱՆԿԱՐՆԵՐԸ

Հայկ Պ. Ալոյան, Պ. Գ. Ալոյան, Շ. Հ. Ամիրյան

### Ա մ փ ո փ ու մ

Հայաստանի ոսկեհանքային արդյունաբերությունը երկարաժամկետ հեռանկայում ապահովված է հուսալի հանքահումքային հենքով, ի հաշիվ ավանդական ոսկեհանքային, բազմամետաղային և պղինձ-մոլիբդենային ֆորմացիաների հանքավայրերի ոսկի պարունակող հումքի յուրացման: Սեր նորագույն հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ մոտակա հեռանկարում սպասվում է ոսկու, ինչպես նաև Պետհաշվեկշռում չհաշվառված պլատինոիդների պաշարների կտրուկ բարձրացում, կապված ածուխներ և այրվող թերթաքարեր ներփակող տերիգեն-կարբոնատային-տուֆածին-ածխաբեր նստվածքներում ոսկի-պլատինաբերության հայտնաբերման հետ՝ աշխարհի սև թերթաքարային գետտիպերի համանմանությամբ: Հեռանկարում ոսկեհանքային արդյունաբերության եզակի հումք կարող է հանդիսանալ Արագած լեռան և այլ շրջանների նորագույն հրաբխածին տիտանամագնետիտային պեմզային ավազները, խարամները և տուֆերը (տուֆերի արդյունահանման ավազանման թափոնները), որոնք համաշխարհային պրակտիկայում ներկայումս չունեն նմանակներ: Նոր տեսակի հումքերի յուրացումը կապահովի ազնիվ մետաղների պաշարների կտրուկ ավելացում և վերջիններիս ընդհանուր պաշարներով Հայաստանը աշխարհի խոշորագույն ոսկեհանքային շրջանների մեջ կգրադեցնի առաջնակարգ տեղերից մեկը:

# CONDITION AND PERSPECTIVES OF DEVELOPMENT FOR THE RAW-MINERAL RESOURCES OF GOLD ORE-MINING INDUSTRY IN ARMENIA

Haik P. Aloyan, P. G. Aloyan, Sh. H. Amiryan

## Abstract

In the long-term perspective, gold-ore mining industry in Armenia is supported by reliable resources represented by development of conventional gold-bearing raw materials in the deposits of golden ore, poly-metallic, and copper and molybdenum formations. Our recent studies demonstrate that repeated growth of the resources, as well as of platinoids that are not yet on the balance list of the Republic, is to be expected in near-term outlook in connection with gold- and platinum-bearing capacities of the terrigenous-carbonate-tuffogenous-coal-bearing deposits, encompassing coals and shale oils, established by the analogy to black shale geotypes of the world. The newest volcanic gold-bearing titanium-magnetite pumice sands, slag and tuff (tuff mining sands) of the Aragats Mount massif and other regions may in the outlook appear unique raw materials for the gold-ore industry that still have no analogous geotypes world-wide. Developing of new types of raw materials will ensure repeated increase of noble metal resources, while by the rate of its total resources Armenia will appear among leading gold-ore provinces of the globe.

## ОБЩАЯ СХЕМА СТРАТИГРАФИИ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ ВЕРХНЕГО МИОЦЕНА, ПЛИОЦЕНА И ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА АРМЕНИИ

© 2003 г. Ю. В. Саядян

Институт геологических наук НАН РА  
375019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения

E-mail: hrshah@sci.am

Поступила в редакцию 7.03.2002 г.

Изучены опорные геологические разрезы крупных межгорных впадин Ширакской, Севанской, Араратской, междуречья Воротан-Акера и составлена общая схема стратиграфии и палеогеографических событий верхнего миоцена, плиоцена и четвертичного периода Армении.

Проведенные комплексные геологические, геоморфологические, тектонические, литолого-фациальные, биостратиграфические, климатостратиграфические и частично геохронологические исследования методом сопряженного анализа материалов [5-9], а также литературные данные [1-4] позволяют установить основные закономерности истории геологического развития и проследить ход физико-географического процесса на территории Армении по основным стратиграфическим срезам от верхнего миоцена до голоцена включительно (см. таблицу).

В крупных межгорных впадинах Армении – Ширакской, Севанской, Араратской, междуречья Воротан-Акера развиты миоплиоценовые и четвертичные озерные, озерно-аллювиальные, аллювиальные, вулканогенно-осадочные, вулканические образования общей мощностью около 1500-2000 м, среди которых выделяется серия наиболее информативных разрезов, которые взаимно дополняют друг друга и в каждой впадине объединяются в единый опорный разрез, изучение которого позволяет надежно обосновать стратиграфические и палеогеографические построения как в пределах одной впадины, так и между собой, а также для всей территории Армении в целом, составить региональную корреляционную стратиграфическую схему и проводить региональные и межрегиональные корреляции.

Становление основных особенностей природы Армении совершалось на протяжении 11-9 млн лет, начиная от позднего сармата. В позднем сармате территория региона была занята водами обширного Понто-Каспийского бассейна Восточного Паратетиса. Рельеф суши на территории Армении стал формироваться с конца этой эпохи за счет сокращения акватория Понто-Каспийского моря и представлял собой низменность, возможно, с отдельными массивами низких гор и гряд, поднимающихся из-под морского дна в процессе активизации позднеорогенических движений. Климат области был средиземноморским, ландшафты субтропического типа, близкие к современным ландшафтам побережий Южной Европы и Северной Африки. Отложения позднего сармата (разданская, армавирская свиты) относятся к херсонскому горизонту Крымско-Кавказской провинции с кровлей прямой магнитной аномалии 9,3 млн лет.

В мэотисе (9,3-7,0 млн лет назад) в резуль-

тате новой активизации восходящих тектонических движений территория Армении окончательно вступила в континентальную стадию развития. От Понто-Каспийского моря отчленился пресноводно-солонатоводный крупный озерный водоем. Рельеф суши стал низкогорным и отчасти оставался низменным. Ландшафтно-климатическая обстановка региона существенных изменений не претерпела. Произошла некоторая аридизация климата и незначительное похолодание области, по-прежнему господствовали средиземноморские климатические условия и ландшафты, но более засушливые, приближающиеся уже к современным условиям южного берега Крыма. Формировались вулканогенно-осадочные и осадочные отложения (нижневохчабердская подсвита, нижняя часть армавирской = октемберянской свиты).

В понте (7,0-5,2 млн лет назад) снова активизировались восходящие тектонические движения. Стали формироваться основные направления гидрографической сети и первая генерация межгорных впадин – Ширакской, Севанской, Араратской, в котловины которых были разобщены воды реликтового мэотического озера. Рельеф области в целом оставался низменно-низкогорным и на протяжении почти 4 млн лет (мэотис-понт) подвергался эрозионно-денудационным процессам (планации), которые его превратили в сильно расчлененную поверхность, приближающуюся к пенеплену. Аридизация и незначительное похолодание климата в понте по сравнению с мэотисом продолжались, что привело к распространению субтропической флоры с элементами летнезеленых и вечнозеленых подлесковых растений, приближающихся к современным лесам предгорий Западного Кавказа (Новороссийский район). Тектонические процессы сопровождались вулканизмом и формированием верхневохчабердской вулканогенно-осадочной подсвиты и верхней части армавирской осадочной свиты.

В нижнем плиоцене (киммерий, 5,2-3,4 млн лет назад) начался процесс интенсивного сводового воздымания мегантиклинория М. Кавказа и одновременное прогибание межгорных впадин, сопровождаемое вулканизмом, аллювиальной и озерной седиментацией. Формировались суботанская свита, нижнеакеринская подсвита и другие. Появились озера и в межгорных впадинах междуречья Воротан-Акера. Рельеф области

был приподнят до средних высот, а в целом оставался низкогорным. Протекала крупная фаза глубинного врезания рельефа (предакчагыльская). Климатические условия области вначале были семиаридными и теплыми, распространена была степная и лесостепная растительность. Затем, во второй половине киммерия произошло резкое похолодание и увлажнение области, а растительность была представлена лесами, приближающимися к современным байкальским.

В верхнем плиоцене (акчагыле 3,4-1,66-1,64 млн лет назад) тектонические процессы на территории Армении заметно ослабли, реки замедлили глубинную эрозию рельефа. Во всех крупных межгорных впадинах – Ширакской, Араратской, Севанской, Воротан-Акеринских шел длительный (около 1,5 млн лет) процесс озерной и озерно-аллювиальной седиментации. Формировались сисианская, нурнусская озерно-диатомитовые свиты, хотская осадочно-вулканокластическая свита, вардашенская озерно-аллювиальная

свита, верхнеакеринская озерно-аллювиально-вулканогенная подсвита, шакийская озерная свита. В рельефе региона господствующее положение занимали горы средних высот. Ландшафтно-климатические условия области в акчагыле шестикратно существенно менялись. Засушливые семиаридные условия в начале акчагыла с полупустынно-степной растительностью, близкой к современной Араратской равнине, сменились семигумидными (сезонно-влажными) и развитием ландшафтов, приближающихся к современной саванне, с четкой сменой сухого и дождливого периода. Затем произошла новая аридизация области и снова появились ксерофитные степи. А уже в конце раннего и в позднем акчагыле произошло увлажнение и похолодание, появились широколиственные леса, а в конце позднего акчагыла – хвойные и мелколиственные леса. Акчагыльский этап завершился началом новой крупной эрозионной фазы, были переуглублены, а в озерных толщах откопаны русла древних речных

Таблица

Общая схема стратиграфии и палеогеографические события верхнего миоцена, плиоцена и четвертичного периода Армении

Общая шкала					Свита	Подсвита, слой	Литология Фауна	Фазы тектонической активности (поднятия) и эрозии рельефа Армении Седиментационные события	Основные ритмы климата и развития растительности				
Система	Отдел	Ярус (подотдел)	Подъярус (звено)	Время (млн. лет)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Четвертичная	Голоцен						Озерные и болотные отложения глина, суглинок, супесь, торфяники с <i>Lymnaea</i> , <i>Planorbis</i> , <i>Valvata</i> II-I-ые террасы и поймы системы р. Аракс	Севанский озерный бассейн Поймы рек, I и II надпойменные террасы системы Аракса	Современный климат и растительность (12 эпох потеплений и похолоданий)				
							Крупная эрозионная фаза Аллювиальная седиментация	Семиаридный Степи ксерофитные					
	Плейстоцен Неоплейстоцен	Верхний		0,01			Озерные, озерно-аллювиальные и аллювиальные отложения глина, суглинок, супесь с прослоями песка, гравия и гальки (до 50м) V-III-ые террасы системы р. Аракс Грубозернистый аллювий повышения речного стока р. Аракс I и II фазы	Севанский озерный бассейн Формирование аллювиальных V-III террас системы Аракса	Увлажненный умеренно-континентальный Хвойные леса с элементами широколиственных деревьев Семигумидный (тепло-влажный) Широколиственные леса				
							Крупная эрозионная фаза Аллювиальная седиментация	Увлажненный умеренно-континентальный Хвойные леса с элементами широколиственных деревьев Семиаридный Степи (холодные)					
							Средний	0,1			Туфы ереванско-ленинканского типа (до 10м) Озерные, озерно-аллювиальные, аллювиальные отложения глина, диатомит, суглинок, супесь, песок, гравий, галька (до 100м); с <i>Mammuthus trogontherii chosaricus</i> , <i>Palaeoloxodon antiquus</i> , <i>Dicerorhinus kirchbergensis</i> (=mercki) Jaeg., <i>Camelus knoblochi</i> Nehr., <i>Bos primigenius</i> Boj, <i>Bos trochoceros</i> , <i>Cervus</i> sp, <i>Dreissena diluvii</i> Abich VIII-VI-ые террасы системы р. Аракс	Озерные бассейны Ширакский, Араратский, Севанский, Ангехакотский (в бассейне р. Воротан)	Увлажненный умеренно-континентальный Хвойные и мелколиственные леса Семиаридный Степи
											Поднятие эрозионная фаза Аллювиальная седиментация	Увлажненный умеренно-континентальный Хвойно-широколиственные и мелколиственные леса Семиаридный Степи, лесостепи	
			0,42										

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Четвертичная	Плейстоцен	Неоплейстоцен	Нижний	0,42	Анйская Акнадашская	Арзинские слои Нижнеараратская	Озерные и озерно-аллювиальные отложения: глина, суглинок, супесь с прослоями песка, гравия, гальки, с <i>Dreissena</i> , <i>Hydrobia</i> , <i>Valvata</i> , <i>Cypridae</i> , <i>Pisidium</i> , <i>Lymnaea</i> , <i>Micromelania</i> ; <i>Megaloceros</i> sp. Покровные базальты и андезито-базальты района сс Шаки-Сарнакунк (К-Аг=0,7 млн лет) X-IX-ые террасы системы р. Аракс	Озерные бассейны: Ширакский, Араратский, Севанский, Акнадашский (в бассейне р Воротан)	Увлажненный умеренно континентальный. Темно-хвойные, хвойно-широколиственные и мелколиственные леса
				Семиаридный Степи					
	Эоплейстоцен (апшерон)	Верхний	0,8	Ишхансарская	Татевские слои Верхнегорисская	Озерные отложения татевских слоев глина, суглинок, песок, гравий, галька (до 150м) Андезиты, андезито-дациты, дациты, липарито-дациты, реже липариты и их пирокласты ишхансарской свиты (до 600м) Песчито-вые агломераты и глыбовые лавокласты верхнегорисской подсвиты (до 150м)	Формирование 170-180-метровых галечных террас (Нубарашенской и др.) Озерные бассейны: Ширакский (?), Араратский, Севанский, Татевский (в бассейне р Воротан)	Увлажненный умеренно-континентальный. Хвойные, мелколиственные и широколиственные леса	
								Семиаридный Степи, лесостепи Семигумидный (умеренный) Лесостепи	
		Нижний	Нораванские слои Нижнегорисская	Озерные отложения глина, суглинок, диатомит с прослоями песка, гравия, гальки (до 30м) Туфо- и лавобрекчии, андезиты (К-Аг=1,2 млн лет), андезито-базальты (1,5 млн лет) нижнегорисской подсвиты	Поднятие. Крупная эрозионная фаза. Аллювиальная седиментация	Семиаридный Степи			
						Семигумидный (тепло-умеренный). Смешанные леса			
Неогеновая	Плиоцен	Акчагыл	Верхний	1,64 1,66	Шакйская	Долеритовые базальты (до 70м) (К-Аг=2,21-2,47 млн лет) полярность отрицательная) Озерные, озерно-аллювиальные, глинисто-диатомитовые отложения: глина, диатомит, песок, галька (до 140м), с <i>Cardium nikitini</i> , <i>Avimactra subcaspia</i> , <i>Dicerorhinus etruscus</i> , <i>Equus stenonis</i> , <i>Hipparion</i> , <i>Ochotona</i>	Озерные бассейны: Ширакский, Араратский, Севанский, Сисианский	Увлажненный умеренно-континентальный. Хвойные и мелколиственные леса с участием широколиственных пород	
				Семигумидный Степи, лесостепи					
	Нижний	2,42	Верхнеакеринская	Озерные, озерно-аллювиальные, глинисто-диатомитовые отложения глина, диатомит, песок, галька (до 360м), с <i>Cardium dombra</i> , <i>C. radiiferum</i> , <i>Mastra subcaspia</i> , <i>Micromelania eldarica</i> , <i>Avicardium nikitini</i> , <i>Potamides caspius</i> Вулканокластические образования и лавовые потоки хотской свиты (К-Аг=3 млн лет)	Поднятие. Крупная эрозионная фаза. Аллювиальная седиментация	Семиаридный (теплоумеренный, умеренный). Широколиственные леса с лесостепными островками			
						Семиаридный. Степи			
						Семиаридный (сезонно-влажный). Субтропическая саванна			
						Семиаридный Степи			
3,4									

долин. Значительное увлажнение и похолодание области в акчагыле не могли способствовать горному оледенению. Горы в то время находились ниже климатической снеговой границы, здесь могли существовать только плювиальные условия.

Четвертичный период в Армении начался в эоплейстоцене (1,66-1,64-0,8 млн лет назад) новой активизацией тектонических движений, до-

полнительным сводовым воздыманием М. Кавказа до средних высот, врезанием гидрографической сети, прогибанием межгорных впадин и их заполнением новыми озерными осадками (нораванскими, татевскими), вулканогенными образованиями горисской и ишхансарской свит. Ландшафтно-климатические условия в эоплейстоцене также менялись шестикратно — семиаридные ландшафты с ксерофитной степной растительностью сме-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Неогеновая	Плиоцен	Киммерий	Верхний	3,4	Суботанская	Нижеакеринская	Озерные, озерно-аллювиально-вулканогенные отложения с прослоями вулканических туфов (до 300м) (K-Ar=4,8 млн лет), с <i>Dreissena, Lymnaea</i>	Озерные бассейны Ширакский, Араратский, Севанский, Акеринский	Семигумидный (холодный) Леса, приближающиеся к современным байкальским лесам	
			Нижний			Грубозернистый аллювий рр Аракс-Воротан-Акера ("свита перерыва") (до 60м)	Поднятие Крупная эрозионная фаза (предакчагыльская) Аллювиальная седиментация	Семиаридный Степи, лесостепи		
		Понт		5,2	Вохчабердская	Верхняя	Вулканогенно-осадочные отложения (до 850м): туфобрекчии, туфоконгломераты с прослоями андезитовых и андезито-дацитовых лав (K-Ar=5,15 млн лет)	Поднятие Крупная эрозионная фаза Аллювиальная седиментация	Средиземноморской Леса субтропического типа, приближающиеся к современным лесам предгорий Западного Кавказа (Новороссийский район)	
				7,0		Нижняя	Вулканогенно-осадочные отложения (до 250м): озерные туфопесчаники, туфоаргиллиты с прослоями мергелей, глин и лигнитов, с <i>Hydrobia, Melanopsis, Lymnaea, Planorbis, Valvata, Ilyocypris</i> и др	Поднятие Крупный озерный бассейн, отчлененный от Понто-Каспийского бассейна	Средиземноморской Леса субтропического типа, приближающиеся к современным лесам южного берега Крыма	
	Мноцен	Мэотис			9,3	Разданская		Морские отложения (до 800м): глины, алевриты, песчаники, мергели с прослоями оолитовых известняков и горючих сланцев, с <i>Mastra (Sarmatimastra) caspia, M (S.) bulgarica, M (S.) naliukini, Pseudomastra, Cerithium</i> и др.	Морской Понто-Каспийский бассейн	Средиземноморской Леса субтропического типа, приближающиеся к современным лесам Южной Европы и Северной Африки
		Сармат	Верхний		11,3					

нялись семигумидными лесостепями с тепло-умеренной и умеренной флорой. В конце эпохи произошли резкое похолодание и увлажнение области, климат стал увлажненным умеренно-континентальным, а растительные формации были представлены хвойными, мелколиственными и широколиственными лесами. Это похолодание совпало с эпохой эоплейстоценового чегемского горного оледенения Большого Кавказа. В эту эпоху на М Кавказе существовали влажные (плювиальные) условия. Поверхностный сток большой водной массы формировал галечные отложения наклонных равнин и террас 170-180-метрового уровня предгорий (нубарашенская и ее аналоги).

Неоплейстоценовый этап в Армении начался в раннем неоплейстоцене (0,8-0,42 млн лет назад) новой активизацией тектонических движений — дальншейшим сводовым воздыманием М Кавказа до максимальных величин средних высот, одновременным прогибанием межгорных впадин и их заполнением новыми озерными и озерно-аллювиальными отложениями. Господствующее положение занимали уже горы средних высот, но пока еще не достигали климатической снеговой границы. Следы раннеоплейстоценового оледенения на территории Армении отсутствуют. Ландшафтно-климатические условия области менялись, по крайней мере, четырежды: семиаридные степные ландшафты сменились семигумидными лесостепными, а затем снова стали семиаридными

степными; в конце эпохи климат области резко увлажнился и похолодал — стал увлажненным умеренно-континентальным с господством в ландшафтах темно-хвойных, хвойно-широколиственных и мелколиственных лесов. Этот последний этап раннего неоплейстоцена Армении совпадает с бакинской трансгрессией Каспийского моря, эльтюбинским горным оледенением Б Кавказа и окской ледниковой эпохой Русской равнины. В Армении тогда существовали плювиальные условия.

Средний неоплейстоцен (0,42-0,1 млн лет назад) начался повторением активизации восходящих тектонических движений, врезанием рельефа и осушением раннеоплейстоценовых озер, в межгорных впадинах стали формироваться озерно-аллювиальные отложения арапийской свиты, а М Кавказ превратился в высокогорную страну. Ландшафтно-климатические условия области, по крайней мере, также менялись четыре раза. Вначале господствовали семиаридные степи, в которых проживала фауна крупных млекопитающих ленинаканского (гюмрийского) фаунистического комплекса, одновозрастная с общепринятым сингильским комплексом Нижнего Поволжья. По времени эта эпоха совпадает с эпохой сингильской регрессии Каспийского моря и ливинской межледниковой эпохой Русской равнины, в Армении она была межплювиальной.

Во второй половине среднего неоплейстоцена

ландшафтно-климатические условия Армении дважды резко увлажнялись и похолодали – климат становился увлажненным умеренно-континентальным, а ландшафты были представлены листовыми лесами. Высокогорный рельеф и способствующий климат создали благоприятные условия для горного оледенения М. Кавказа с двумя его максимальными стадиями развития, которые совпадают с терским I и терским II стадиями горного оледенения Б. Кавказа. Одновременно они сопоставимы с днепровским и московским оледенениями Среднерусской ледниковой эпохи и совпадают с раннехазарской (гюргянской) трансгрессией Каспия. Эти два периода увлажнения и похолодания области были плювиальными, но их разделяла теплая и сухая семиаридная обстановка межплювиала.

Очередная восходящая тектоническая активность и врез гидрографической сети Армении произошли в начале позднего неоплейстоцена (0,1-0,01 млн лет назад), в эпоху глубокой ательской регрессии Каспия. Затем началось новое увлажнение и похолодание климата, в дальнейшем все более усиливающиеся. Ландшафты позднего неоплейстоцена Армении были представлены хвойными и мелколиственными лесами с элементами широколиственных деревьев. Большая часть территории была покрыта лугово-разнотравной растительностью. Похолодание области было связано с валдайской ледниковой эпохой Русской равнины, которая на М. Кавказе была выражена плювиальной эпохой и поздним неоплейстоценовым горным оледенением, имеющим две стадии развития, совпадающие со стадиями безенгийским I и II горного позднелистоценового оледенения Б. Кавказа. Эти две стадии как на Малом, так и на Б. Кавказе были разделены межстадиалом, который на М. Кавказе был теплым и влажным.

Голоцен Армении (последние 12-10 тыс лет назад) хорошо изучен в Севанском бассейне, результаты чего адекватно могут быть распространены на всю ее территорию [5,7]. Четко выделяются и содержат богатую стратиграфическую и палеогеографическую информацию все основные его подразделения: древний, ранний, средний и поздний голоцен. В голоцене области выделяются 12 крупных этапов изменений ландшафтно-климатической обстановки со специфическими особенностями развития каждого этапа. Среди этих этапов наиболее существенные перемены произошли в древнем и раннем голоцене. В древнем голоцене – дегляциация горного оледенения и наполнение чаши Севанской впадины тальми ледниковыми водами. В эту эпоху климат оставался холодным и влажным. Растительность была представлена холодными степями, на смену которым пришли дубово-сосновые леса. В раннем голоцене произошла сильная аридизация климата области, соответствующая эпохе глубокой мангыш-лакской регрессии Каспия. Растительность была представлена ксерофитными степями. Начало среднего голоцена в Армении было относительно теплым и влажным и совпадало с новокаспийской трансгрессией и с климатическим оптимумом голоцена (8-5 тыс лет назад). Позднеголоценовые

эпохи области не отличались существенными ландшафтно-климатическими изменениями. Была распространена широколиственная лесная растительность с участием хвойных пород деревьев (ели, сосны), которые сохранились до наших дней, когда началась искусственная интенсивная вырубка.

У сел. Геховит расположен археологический памятник Ал-Берд, датируемый античной эпохой, который был перекрыт последним извержением вулкана Армаган, произошедшим около 2000 лет назад. Это наиболее точная датировка последнего извержения вулканов Гегамского нагорья.

Севан – это озеро, Каспий – море-озеро, расположены они в единой аридной зоне. Колебания уровня этих водоемов в голоцене были синхронны и зависели в первую очередь от изменений климата. В более ранние этапы четвертичного периода и плейстоцена эти водоемы также развивались синхронно, но при этом кроме климата существенную роль играли и неотектонические движения.

Позднеорогенная стадия геологического развития Армении характеризуется тремя основными генетическими типами седиментационных обстановок – морской, озерной и аллювиальной, что позволяет наблюдать и сравнивать ритмичность осадконакопления в различных природных условиях. Наиболее молодые морские отложения на территории региона накапливались в позднем сармате, наиболее древние озерные отложения стали формироваться в мезотисе.

Озерная седиментация во всех крупных межгорных впадинах Армении протекала в плейстоцене, эоплейстоцене, раннем и среднем неоплейстоцене, в эпохи увлажнения и относительного тектонического затишья. Эти эпохи совпадали с трансгрессиями Каспийского моря и оледенениями Русской равнины, когда в Армении были плювиальные условия. В позднем неоплейстоцене озерный водоем, существовавший в Севанской впадине, питался тальми водами ледников окружающих озеро гор. Современные воды озера Севан произошли в результате полной дегляциации позднелистоценового горного оледенения.

Стратиграфическую схему верхнего плейстоцена и четвертичного периода Армении дополняют спектры террас главных речных долин Аракса, Куры и некоторых их притоков. Многоярусность системы террас является следствием ряда циклов аккумуляции и размыва, вызванных неотектонической дифференциацией рельефа, изменениями климата и колебаниями главного базиса эрозии – уровня Каспийского моря.

Рельеф территории Армении имеет ярусное расчленение, в основе которого лежит последовательная смена типов рельефа с высотой гор, обусловленная климатической зональностью (вертикальная ярусность). Выделены четыре яруса рельефа, каждый из которых включает несколько родственных типов рельефа и соответствует определенной зоне, характеризующейся особым строением и историей формирования новейших отложений: 1 – ярус современного нагорно-тундрового и древнего гляциально-нивального рельефа; 2 – ярус эрозионно-денудацион-

ного горного рельефа без следов древнего оледенения; 3 – ярус эрозионного и денудационно-аккумулятивного рельефа; 4 – ярус аккумулятивного рельефа днищ межгорных впадин.

Начало наибольшей интенсивности неотектонических движений на М Кавказе падает на поздний сармат, которые являются продолжением возросшей тектонической активности, характерной для альпийского тектогенеза. В этот период преобладали вертикальные перемещения над складкообразованием, возник основной каркас современного горного сооружения.

В Армении плиоценовые, эоплейстоценовые и раннеоплейстоценовые формы рельефа и ледниково-аккумулятивные отложения отсутствуют. В эти эпохи горы находились ниже климатической снеговой границы (2800-2500 м). В периоды сильного глобального похолодания, материкового неоплейстоценового оледенения Русской равнины и плиоцен-неоплейстоценового горного оледенения Б Кавказа в Армении могли существовать плювиальные условия. Горное оледенение на М.Кавказе произошло в среднем и позднем неоплейстоцене и имело по две стадии максимального развития, разделенные теплыми межплювиальными эпохами.

Природные условия Армении на протяжении миоплиоцена и четвертичного периода изменялись (по терминологии академика К.К. Маркова) повсеместно, направленно, ритмично и в разных частях региона имели местные особенности.

Армения по территории небольшая страна, и природный процесс, протекающий в определенные промежутки времени в позднеорогенную стадию ее развития, отражался синхронно на всей ее территории, в региональном и межрегиональном масштабах.

Повсеместными были прежде всего разнообразные по форме и интенсивности неотектонические движения – сводовое воздымание мегантиклинория М Кавказа, дифференциальные движения отдельных его горных блоков – опускания (или поднятия) межгорных впадин и поднятия (или опускания) горных массивов. Повсеместными были климатические изменения: потепление (аридизация) – межплювиальные эпохи, похолодание (увлажнение) – плювиальные эпохи; в отдельных регионах Армении эти процессы имели местную индивидуальность, заключающуюся в некоторых различиях температур и увлажненности, и в этой связи различиях ландшафтно-климатических обстановок.

Направленными были также неотектонические движения и климатические процессы. Интенсивность неотектонических движений была обусловлена возросшей тектонической активностью, характерной для альпийского тектогенеза, который создал современную структуру М Кавказа. Климат Армении также менялся направленно и неповторимо – от средиземноморского в конце миоцена он похолодал прогрессивно, включая отдельные кратковременные эпохи потепления (аридизации) и новые периоды похолодания (увлажнения) в эоплейстоцене и неоплейстоцене, а в среднем и позднем неоплейстоцене – эпохи горного оледенения. Направленно менялись ланд-

шафты и вся биосфера. Направленность природного процесса заключалась в его необратимости, а также в преобразовании всех компонентов природы в общем ходе его развития.

*Ритмичность* природного процесса плиоцена и четвертичного периода Армении, в первую очередь, четко выражена в развитии рельефа и осадконакопления, которые были обусловлены ритмами неотектонических движений и климатическими изменениями. Последние обусловили ритмичное развитие ландшафтов. Изменения растительности выражались в расширении лесов в эпохи похолодания и увлажнения и появлении на территории Армении чуждых ей в настоящее время элементов флоры. В эпохи потепления и аридизации происходило сокращение площадей, а порой и отсутствие лесных ценозов, за счет развития степных и лесостепных ландшафтов. Ритмы изменения климатических условий в среднем и позднем неоплейстоцене отразились на смене эпох горного оледенения – плювиалов и межледниковых эпох – межплювиалов. Плювиальные эпохи были прохладными (холодными) и влажными, а межплювиальные – теплыми и засушливыми.

В процессе воздымания гор проявлялся постоянно действующий ритмический процесс, в ходе которого закономерно чередовались сухие и влажные периоды. Во время сухих периодов преобладало физическое выветривание, во время влажных – вынос продуктов выветривания и их седиментация. Таким образом, на протяжении всего периода воздымания М Кавказа действовал ритмический климато-тектонический механизм, формировавший глыбово-ступенчатое строение гор.

*Индивидуально* стали развиваться межгорные впадины, когда заполняющие их озерные водоемы в понте стали разобцаться, а горные обрамления приобрели различные очертания и абсолютные высоты. Интенсивность вреза рельефа и осадконакопления становилась различной, некоторые отличительные черты имели и ландшафтные обстановки этих впадин, но в целом они подчинялись основным законам повсеместности, направленности и ритмичности природного процесса, происходящего в прошлом, настоящем и которые будут происходить в будущем на территории Армении.

Главная суть природного процесса на протяжении последних 11-9 млн. лет в том, что на фоне длительного однонаправленного развития, сводившегося к постепенному похолоданию, происходили ритмичные (колебательные) изменения природной среды в целом и всех ее отдельных компонентов. Их развитие происходило как под влиянием местных (региональных), межрегиональных (влияние морского режима обширного Понто-Каспийского бассейна в позднем миоцене) колебаний уровня Каспийского моря в плиоцене и четвертичном периоде, четвертичного оледенения Русской равнины и Б Кавказа, так и глобальных процессов. Одновременно происходили сводовое и в то же время дифференциальное воздымания М.Кавказа от низменности до высокогорья, формирование речной сети, межгорных

впадин. Каждый из компонентов природного процесса имел ранг длительности: короткопериодичный, среднепериодичный и долгопериодичный, для которых характерна одна общая закономерность – все они, независимо от масштаба, представляют чередование определенных временных срезов со своеобразным развитием природных условий, а в интервале среза иногда с резкими изменениями ландшафтно-климатической обстановки. С ними были связаны основные экологические изменения в развитии ландшафтов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Авакян Л.А. Четвертичные ископаемые млекопитающие Армении. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1959, 71 с.
2. Асланян А.Т. Региональная геология Армении. Ереван: Айпетрат, 1958, 430 с.
3. Багдасарян Г.П., Гукасян Р.Х. Геохронология магматических, метаморфических и рудных формаций Армянской ССР. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1985, 291 с.
4. Габриелян А.А. Палеоген и неоген Армении. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1964, 299 с.
5. Саядян Ю.В. Армянское нагорье в послеледниковое время. Изв. АН СССР, серия географ. М., 1979, с.108-120.
6. Саядян Ю.В. Основные этапы геологического развития Армении в неогене и четвертичном периоде. Всероссийское совещание "Главнейшие итоги в изучении четвертичного периода и основные направления исследований в XXI веке". Тезисы докладов, С.-Петербург: ВСЕГЕИ, 1998, с.174.
7. Саядян Ю.В. Природная среда и человек в среднем и позднем голоцене. Известия Русского Географического Общества. С.-Петербург: Наука, 1999, вып.4, с.55-66.
8. Саядян Ю.В. Четвертичные седиментационные циклы в межгорных впадинах Армении. Тезисы доклада III Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. РФ, Смоленск, 2002, с.53.
9. Sayadyan Ju.V. Territory of Armenia during the Neogene and at the beginning of the Quaternary. Extrait du BULLETIN T.CXXV de l'Academie Serbe des Sciences et des Arts, Classe des Sciences mathematiques et naturelles. Sciences naturelles, N41, Beograd, 2002, pp.19-27.

## ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՎԵՐԻՆ, ՄԻՈՑԵՆԻ, ՊԼԻՈՑԵՆԻ ԵՎ ՉՈՐՐՈՐԴԱԿԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿԱՇՐՋԱՆԻ ՇԵՐՏԱԳՐՈՒԹՅԱՆ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ՍԽԵՄԱՆ ԵՎ ՀՆԷԱՎՇԽԱՐՀԱԳՐԱԿԱՆ ԻՐԱԴԱՐՉՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Յու. Վ. ՍԱՅԱԴՅԱՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Ուսումնասիրված են Շիրակի, Սևանա, Արարատյան և Որոտան-Ակերա միջնագետի իջվածքների հենակետային երկրաբանական կտրվածքները և կազմված է վերին միոցենի, պլիոցենի և չորրորդական ժամանակաշրջանի Հայաստանի ստրատիգրաֆիայի և հնէաաշխարհագրական ընդհանուր սխեման:

## A GENERAL STRATIGRAPHY SCHEME AND PALEO-GEOGRAPHIC EVENTS OF THE LATE MIOCENE, PLIOCENE AND THE QUATERNARY PERIOD IN ARMENIA

Yu. V. Sayadyan

Abstract

Reference geological sections of large intermontane depressions of Shirak, Sevan, Ararat, and the Vorotan-Akera interfluvium were studied. A general scheme was compiled for stratigraphy and paleogeographic events of the Late Miocene, Pliocene and the Quaternary period in Armenia.

## К ВОПРОСУ О ВОЗРАСТНОМ РАСЧЛЕНЕНИИ ЭОЦЕНОВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ МАРЦИГЕТСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

© 2003 г. Р.Л.Мелконян, Р.Х.Гукасян, К.Л.Галоян

Институт геологических наук НАН РА  
375019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 21а, Республика Армения,  
E-mail: gamelk@sci.am

Поступила в редакцию 30 01 2003 г

Результаты Rb- Sr изохронного датирования кислых вулканитов сотской свиты-  $42 \pm 1.7$  Ma, с учетом известных геологических данных и особенностей их вещественного состава, позволяют в пределах Марцигетского рудного поля, наряду со среднеэоценовыми образованиями, уверенно выделять позднеэоценовые кислые вулканиты. Первичное отношение  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.70464 \pm 0.00013$  свидетельствует об определенной контаминации исходного мантийного базитового расплава сиалическим материалом.

В геологическом строении рассматриваемого района резко преобладающим развитием пользуются эоценовые магматические образования. В настоящее время существуют два основных представления о их возрастной датировке. Согласно одному из них среди эоценовых образований выделяются нижне- и среднеэоценовые разности, согласно другому – верхняя часть разреза эоценовых образований – вулканиты сотской свиты имеют верхнеэоценовый возраст.

Целью настоящей статьи является анализ существующих данных по возрастному расчленению эоценовых образований Марцигетского рудного поля и представление впервые полученных нами данных по Rb-Sr изохронному датированию кислых вулканитов сотской свиты.

Впервые В.Г. Грушевой, а затем К.Н. Паффенгольц, на основании фаунистических данных, вулканогенно-осадочные и вулканогенные образования правобережья р. Марцигет датировали средним эоценом [6,7]. Этому же мнению придерживался в дальнейшем и П.Ф. Сопко (1955), выделивший в пределах Марцигетского рудного поля ряд свит – джангрлинскую, бабаджанскую, куртикскую, икатакскую, лорутскую, првашенскую, породы которых нередко замещают друг друга. Позднее, южнее г. Сот, в районе г. Борборт, было установлено перекрывание фаунистически датированных среднеэоценовых образований толщей осадочных, вулканогенно-осадочных и вулканических образований, с базальными конгломератами в основании, в низах которой была обнаружена нуммулитовая фауна, характерная для переходных слоев среднего – верхнего эоцена, что послужило основанием для выделения здесь и верхнеэоценовых образований [5].

В дальнейшем фаунистически охарактеризованные верхнеэоценовые образования, с базальными конгломератами в основании, были выделены в бассейне р. Марцигет, в частности, по его левому борту, где они представлены, главным образом, туфами и туфолавами дацитов (Туманян, 1970). К-Аг датировка эоценовых вулканитов Марцигетского рудного поля также свидетельствует о наличии среди них разностей двух возрастных групп – среднеэоценовой –  $48-56$  Ma и верхнеэоценовой –  $40-46$  Ma [3], (Карапетян,

Пароникян, 1983). Одновременно было отмечено, что выделенные П.Ф. Сопко свиты не всегда отвечают этому понятию и было предложено бабаджанскую, куртикскую, лорутскую, првашенскую свиты, учитывая их фациальную сопряженность и петрохимическую схожесть, рассматривать в качестве единой свиты под названием марцигетской. Иначе говоря, в разрезе среднеэоценовых образований были выделены, снизу вверх, джангрлинская и марцигетская свиты, а залегающая на последней – сотская свита на основании результатов изотопных датировок и "субщелочного" химизма была отнесена к верхнему эоцену [3] (Карапетян, Пароникян, 1983). В последние годы некоторые авторы, выделяя аналогичные вышеприведенной свиты, сотскую свиту относят не к верхнему, а к среднему эоцену [1,2 и др.]. Как мы отметили, наряду с геологическими данными и химизмом, другим аргументом в пользу верхнеэоценового возраста пород сотской свиты являются результаты их К-Аг датировки –  $40-46$  Ma. Однако эти возрастные значения получены по породам, подвергнувшимся вторичным изменениям – хлоритизации, карбонатизации, девитрификации стекла, что, как известно, может привести к потере радиогенного аргона, а в итоге – к искажению изотопного возраста пород. Учитывая это обстоятельство, нами было проведено Rb-Sr изохронное определение возраста кислых вулканитов сотской свиты. Для датировки были использованы пробы относительно свежих пород весом 5-7 кг. Это эффузивные дациты и риолиты, дайки дацитов и трахидацитов. Проанализированные породы характеризуются флюидальной текстурой, порфировой структурой с микрофельзитовой, трахитоидной, микрогипоалопилитовой структурой основной массы. Вкрапленники, которые составляют от 5 (обр. 370) до 30% (обр. 376), представлены плагиоклазом, обычно двух генераций (N54-22) и редко, в виде единичных зерен, кварцем (обр. 370, 376, 377) и клинопироксеном (обр. 376). Основная масса пород представлена агрегатом тонкоиглочатых микролитов плагиоклаза, редко – мелкими чешуйками биотита, склеенными стеклом, местами девитрифицированным. Химические составы проанализированных пород приведены в табл. 1.

## Химические составы пород сотской свиты

NN	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	п.п.п.	Сумма
1	67.49	0.39	14.77	3.87	0.86	0.11	0.69	3.23	4.10	3.30	0.11	1.19	0.56	100.67
2	70.02	0.43	14.88	2.78	0.57	0.04	0.40	1.86	3.30	3.50	0.11	1.52	1.25	100.66
3	71.78	0.25	14.49	1.78	0.57	0.04	0.11	0.91	1.50	8.60	0.06	0.12	0.38	100.59
4	67.52	0.55	14.25	4.68	1.58	0.04	0.27	3.43	4.20	3.30	0.13	0.25	0.49	100.69
5	67.44	0.36	15.19	3.39	0.57	0.05	0.95	2.82	3.90	4.10	0.06	0.53	1.32	100.68

Опись анализов: 1 – дацит, обр 376, в 0,7 км к ЮЗ от с Марц; 2 – дацит, обр 377, в 1,3 км к З от с Марц; 3 – риолит, обр 375, в 0,7 км к ЮЮЗ от с Марц; 4 – дацит, обр 370, юж окр с Марц, правый борт р Марц; 5 – трахидацит, обр 372, юж окраина с Марц, левый берег р Марц (анализы проведены в хим лаб ИГН НАН РА, аналитик З Гаспарян)

Содержания рубидия и стронция определены из разных навесок методом изотопного разбавления. В качестве трасеров (индикаторов) использовались растворы особо чистых солей RbCl и Sr(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, обогащенные изотопами <sup>87</sup>Rb (~95%) и <sup>84</sup>Sr (~49%) соответственно. Ионнообменное выделение стронция на хроматографической колонке, заполненной катионитом Dawex-50·8 по принципу элюентной хроматографии. В качестве элюента использовался 2,0 N HCl.

Изотопные отношения в смеси образца и индикатора измерялись на усовершенствованном масс-спектрометре МИ-1309 с однолучевым приемником ионов и автоматической ступенчатой разверткой масс-спектров. Рубидий наносился на ионизатор трехленточного источника ионов в виде сульфата, а стронций – на испаритель в виде нитрата. Коэффициент вариации (относительная ошибка) определения <sup>87</sup>Rb/<sup>86</sup>Sr отношения, по данным воспроизводимости параллельных анализов настоящего исследования и аналитического архива, не превышает ±2%.

Для определения изотопного состава стронция в исследованных образцах ставились отдельные опыты без добавления индикатора. Изотопные анализы стронция проводились на термоионном масс-спектрометре МИ-1201Т с программным режимом управления, причем программой измерения предусматривалась нормализация измеренного <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr отношения к величине измеренного <sup>88</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr=8 37521. Относительная погрешность измерения <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr отношения, исходя из результатов воспроизводимости параллельных анализов этой работы, составляет в среднем ±0,03% (табл.2). Правильность измерения величин <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr отношения контролировалась систематическим анализом стронциевого стандарта (SrCO<sub>3</sub>) SRM-987 Национального бюро стандартов (NBS) США. Отклонения измеренного отношения от сертификатного значения (0,71014±0,00020) обычно находились в пределах 0,02-0,03%. Весь экспериментальный материал приведен в табл.2. Rb-Sr эволюционная диаграмма (рис.1) исследованных образцов построена с применением полиномиального метода наименьших квадратов, учитывающего существование ошибок по обеим координатным осям. Вычисление среднего квадрата взвешенных отклонений (MSWD) по этому методу позволяет провести четкое разграничение между изохронами и эрохронами. Если MSWD статистически не превышает единицу, то данные соответствуют

изохронной модели [10]. Для исследованных нами образцов MSWD=0,207 и, следовательно, данная совокупность полностью соответствует изохронной модели. Вычисленный возраст с использованием значения константы распада <sup>87</sup>Rb, равного  $1,42 \cdot 10^{-11} \text{ год}^{-1}$ , равен  $42,1 \pm 1,7 \text{ Ma}$ , при первичном отношении <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr=0,70464±0,00013. Стандартные отклонения коэффициентов регрессии (возраста и первичного отношения <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr) установлены для 68%-ой доверительной вероятности (16).

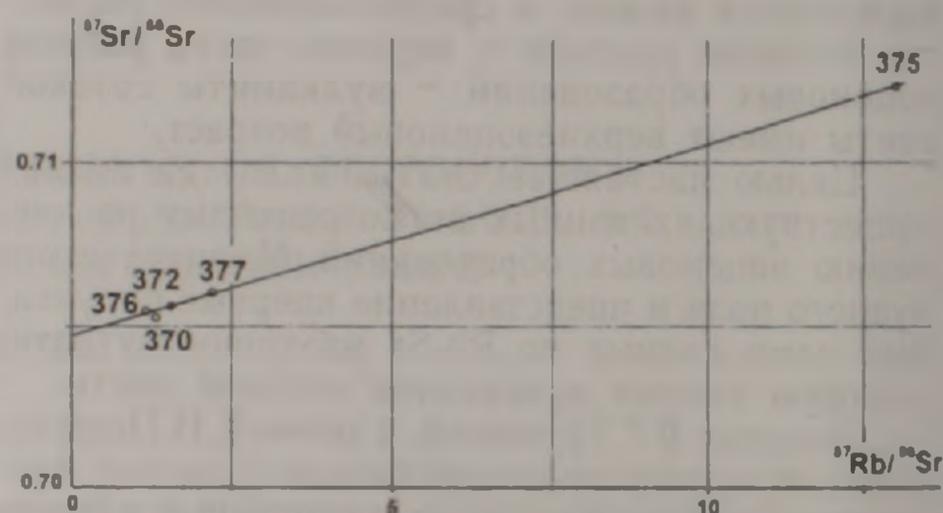


Рис.1. Rb-Sr изохрона по образцам вулканитов сотской свиты: 376 – дацит, 370 – дацит, 372 – трахидацит, 377 – дацит, 375 – риолит.

Таблица 2

## Rb-Sr изотопно-аналитические данные кислых вулканитов сотской свиты

№№ образцов	Rb мкг/г	Sr мкг/г	Rb/Sr	<sup>87</sup> Rb/ <sup>86</sup> Sr атомные отношения	<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr атомные отношения
1	87,69	224,51	0,4052	1,172	0,70529 ± 0,00020
	89,05	211,61			0,70552 ± 0,00020
2	96,32	122,69	0,7643	2,211	0,70604 ± 0,00021
	93,23	125,30			0,70599 ± 0,00028
3	146,64	32,22	4,4908	12,992	0,71235 ± 0,0006
	148,63	33,53			0,71245 ± 0,00020
4	106,22	237,68	0,4466	1,292	0,70530 ± 0,00025
	103,15	231,17			0,70524 ± 0,00018
5	94,11	176,07	0,5382	1,557	0,70524 ± 0,00036
	94,24	173,88			0,70569 ± 0,00028

Опись анализов см. табл.1.

Таким образом, полученное значение Rb-Sr изохронного возраста кислых вулканитов сотской свиты ( $42.1 \pm 1.7$  Ma), соответствующее, согласно шкале ICS [9], низам позднего эоцена, с учетом вышеотмеченных геологических данных и специфики их вещественного состава [3-5 и др.], позволяет в разрезе эоценовых образований бассейна р.Марцигет, наряду со среднеэоценовыми разностями, уверенно выделять вулканиты позднего эоцена. Установленное первичное отношение  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  кислых вулканитов сотской свиты –  $0.70464 \pm 0.00013$  позволяет предполагать контаминацию исходного мантийного расплава базитового состава сиалическим материалом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алоян Г.П. Геолого-структурные особенности локализации Марцигетского золото-полиметаллического месторождения. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 1998, №3, с.62-65.
2. Алоян Г.П., Алоян П.Г. Геологическое строение и типы руд Марцигетского золото-полиметаллического месторождения (Северная Армения). Ереван: ГЕОИД, 2001, 129 с.
3. Багдасарян Г.П., Пароникян В.О. Геолого-радиологические данные о палеогеновых магматических породах Марцигетского рудного поля. В кн.: Магматизм и рудообразование Армянской ССР. Зап. Арм. отд. ВМО, 1978, вып. 9, с.5-10.
4. Мелконян Р.Л., Галоян К.Л. Закономерности распределения редкоземельных элементов в магматических образованиях бассейна р.Марцигет. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 2002, №1-3, с.11-17.
5. Мкртчян К.А. Новые данные о верхнеэоценовом возрасте трансгрессивной свиты Лорийского синклинория Армянской ССР. Докл. АН АрмССР, 1960, т.31, №1, с.49-52.
6. Паффенгольц К.Н. Геология Армении. М.-Л.: Гос. изд. геол. лит. Мин. геол. СССР, 1948, 895 с.
7. Паффенгольц К.Н. Стратиграфия палеогена Малого Кавказа. Л.: Недра, 1979, 255 с.
8. Фор Г. Основы изотопной геологии. М.: Мир, 1989, 590 с.
9. International stratigraphic chart. Ed. Remane J. et al. International Commission on Stratigraphy, 1998.
10. McIntire J.A., Brooks C., Compston W. The statistical assessment of Rb-Sr isochrons. Journ. Geophys. Res., 1966, v.71, 22, p.5459-5468.

## ՄԱՐՑԻԳԵՏԻ ՀԱՆՔԱՅԻՆ ԴԱՇՏԻ ԷՈՅԵՆԻ ԱՌԱՋԱՅՈՒՄՆԵՐԻ ՏԱՐԻՔԱՅԻՆ ՍՏՈՐԱԲԱԺԱՆՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ռ. Լ. Մելքոնյան, Ռ. Խ. Գուկասյան, Գ. Լ. Գալոյան

### Ա մ փ ո փ ու մ

Մարցիգետի հանքային դաշտի տարածքի ստտի շերտախմբի թթու կազմի հրաբխային առաջացումների հասակի Rb-Sr իզոխրոնային որոշումների արդյունքները՝  $42 \pm 1.7$  մլն տարի, նրանց նյութական կազմի առանձնահատկությունների [4] և եղած երկրաբանական տվյալների [5, Թումանյան, 1970] հետ մեկտեղ թույլ են տալիս այդ տարածքում, բացի միջին էոցենի առաջացումներից, հստակ առանձնացնել նաև ուշ էոցենի առաջացումները:

Հաշվարկված  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ելակետային հարաբերությունը՝  $0.70464 \pm 0.00013$  վկայում է սիալիկ նյութերով ելակետային մանթիական բազալտային հալոցքի որոշակի կոնտամինացիայի մասին:

## ON THE ISSUE OF AGE STRATIFICATION OF THE EOCENE FORMATIONS IN THE MARTSIGHET ORE FIELD

R. L. Melkonyan, R. Kh. Ghoukassyan and G. L. Galoyan

### Abstract

Within the Martsighet ore field, along with Middle Eocene formations, Late Eocene acid volcanics can be identified with confidence considering the results of Rb-Sr isochronous dating with an estimate of  $42 \pm 1.7$  Ma for acid volcanics from the Sotk suite, as well as existing data on their geology and distinctive features of their material composition. The initial ratio of  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} - 0.70464 \pm 0.00013$  attests to certain contamination of the initial mantle basite melt with sialic material.

## К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМЕ ФОРМИРОВАНИЯ УРЦСКОГО АНТИКЛИНОРИЯ

© 2003 г. В. А. Варданян

Институт геологических наук НАН РА  
375019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения  
E-mail hrshah@sci.am  
Поступила в редакцию 14.02.2002 г.

В формировании Урцского антиклинория и смежных структур, сложенных герцинскими образованиями, выявлена ведущая роль глыбового механизма, предопределившего складкообразование. Наблюдаемая полная, гребневидная и коробчатая складчатость образовалась на фоне блоковых подвижек с горизонтальной составляющей

Урцкий антиклинорий в структурном отношении входит в пределы Урц-Джувльфинской тектонической зоны, охватывает часть юго-западной Армении, в пределах выходов палеозойских отложений.

Урцкий антиклинорий брахиформный, имеет общекавказское простираие. Морфологически он коробчатый, что хорошо выражено в пермских породах; ядро складки сложено верхнедевонскими-нижнекаменноугольными отложениями. Ядро представляет собой гребневидную антиклиналь, сложенную мелкими килевидными складками, опрокинутыми на юго-запад.

Следует вкратце остановиться на механических свойствах отложений, поскольку литологический состав деформирующихся толщ играет большую роль в различии морфологии конкретных дислокаций [2,3]. При анализе очевидна необходимость учета доли компетентных пород в складкообразовании. Компетентные пласты испытывают лишь однородную деформацию изгиба, в то время как в некомпетентных породах деформации происходят много сложнее. Известно, что пластичное вещество, будучи зажатым между жесткими породами, сначала подвергается скалыванию, а затем уже (и, вероятно, в меньшей степени) – изгибу. Сжатие в ядрах и растяжение на своде складок характерны даже для тех зон, в которых преобладают пологие коробчатые складчатые дислокации. В этой связи немало важно то, что в разрезе среднего-верхнего палеозоя четко обособляются две существенно отличающиеся по литологии части разреза или деформационные этажи.

В отложениях фамена и турне соотношение пластичных (глинистые сланцы, аргиллиты, тонкослоистые известняки) и твердых (толстослоистые известняки, песчаники, кварциты) пачек почти одинаково, однако здесь известняки и кварциты часто переслаиваются с глинистыми сланцами, которые местами преобладают, что делает всю совокупность более пластичной.

Второй деформационный этаж – визейские и пермские отложения, сложены почти целиком толстослоистыми, менее пластичными известняками.

Перечисленные положения позволяют обосновать следующий механизм образования Урцской антиклинорной зоны.

Складчатость развивалась длительно и была

предопределена движениями блоков коры.

Для конца фаменского века намечается неравномерный план распределения мощностей и фаций отложений, который вызван глыбовым характером движений.

В начале турне отчетливо выделяются местный прогиб и поднятие, последнее намечается на месте юго-западного крыла антиклинория. Рост блока фундамента на этом участке привел к образованию поднятия юго-запад-северо-восточного простираия. Мы полагаем, что над растущим блоком пластичные слои находились в наиболее напряженном состоянии, и они должны были перетекать к более ослабленным зонам в горизонтальном направлении – к перегибу флексуры. Перераспределение материала вызвано также неравномерной нагрузкой вышележащих турнейских пород. Гравитационное давление на обоих крыльях должно быть слишком неравномерным, потому что поднятый юго-западный блок с самого начала формирования складки перегрузился и частично размылся, а на опущенном блоке седиментация была устойчивая. Можно предположить еще один механизм начальной стадии – незатвердевшие породы турнейского яруса под собственной тяжестью оттекали от приподнятого юго-западного блока к опущенному северо-восточному и здесь, нагромождаясь, деформировались. Итак, на обоих крыльях флексуры встречные тангенциальные силы отжимали пластичный материал к перегибу флексуры. Подобные условия деформации довольно широко распространены в складчатых областях [1,4,5].

В ранневизейское время продолжалось медленное прогибание земной коры. По-видимому, проседание сравнительно жестких визейских пород ускорило в фаменских и турнейских отложениях пластичное перераспределение материала. Так как уже имелась флексура, неравномерная нагрузка визейских известняков на крыльях флексуры ускоряла отток материала к ослабленной зоне – к ее замку. Нагнетаясь фаменские и турнейские отложения приподнимали также отложения визе.

После визейского времени, с регрессией бассейна суша подверглась интенсивной денудации, в результате чего отложения визейского яруса частично на крыльях и полностью в осевой зоне были размыты.

С новым общим погружением в перми и триасе

се всего региона Урцский антиклинорий неравномерно вовлекается в опускание и, по-видимому, в конце триаса образуется новая крупная флексура с опущенным юго-западным крылом. В приподнятом северо-восточном блоке в более напряженном состоянии находились легкие и пластичные слои фамена и турне, между растущим блоком фундамента и жесткими породами перми и, частично, визе. После формирования флексуры, пластичный материал должен был нагнетаться к участкам меньшего давления — своду флексуры, от приподнятого крыла к крутому — пологому. Можно предположить, что подобное перераспределение пластичного материала происходило также со стороны юго-западного блока, но оно было менее значительным в связи с меньшей нагрузкой жестких пород. Таким образом, материал, протекая в горизонтальном встречном направлении и нагромождаясь в ослабленной зоне, должен был сминаться в интенсивные мелкие складки, что в действительности и наблюдается в структуре.

В неравномерном распределении нагрузки значительная роль принадлежит также разрывам, рассекающим породы на сводах антиклиналей. Разрывы, несомненно, вызывают местное резкое снижение нагрузки, а связанные с ними ослабленные зоны могут явиться наиболее вероятными путями для проникновения вверх пластичных пород, выжимасмых из наиболее нагруженных частей. Пластичный материал, внедряясь в разрыв, образует ядро протыкания — по способу образования диапировых складок. Складки, осложняющие современное ядро антиклинория, очевидно, сформировались по вышеуказанному механизму нагнетания.

Мелкие складки, наблюдаемые на юго-западном крыле Урцкого антиклинория, по-видимому, результат действия тангенциальных сил, источником которых является раздвигающее действие ядра нагнетания. Следы действия горизонтальных сил местами явственно запечатлены и во внутренней структуре дислокаций. Прежде всего, это условия продольного изгиба, видимые в целом ряде складок. Отдельные примеры показывают, что сжатие в ядре и растяжение на своде имели место и там, где преобладают пологие, коробчатые, флексуорообразные дислокации в визейских и пермских отложениях.

Таким образом, вкрест простирания Урцкого антиклинория полная складчатость сменяется гребневидной в осевой зоне и, наконец, более простыми складками — куполовидными или сундучной формы — на северо-востоке. Судя по морфологии складчатости, к формированию антиклинория причастны все три кинематических типа складчатости: глыбовая, нагнетания и общего смятия. Очевидно также, что глыбовый механизм складчатости являлся ведущим среди всех ос-

тальных механизмов. Не вызывает сомнения и то, что Урцкий антиклинорий представляет собой типичное ядро протыкания, которое развивалось длительно, начало его формирования относится к концу фаменского века, а завершение — ко времени окончательного поднятия района, к концу палеозоя.

В пластичном комплексе верхнего девона-нижнего карбона выступают все три кинематических типа складчатости: помимо вертикальных усилий проявился гравитационный механизм и механизм нагнетания, при этом ведущая роль последних менялась в объеме структуры.

В визе-пермском комплексе действовали глыбовый механизм и общее смятие, являющиеся непосредственным результатом вертикальных усилий. Роль кинематики структурообразующих разломов здесь также очевидна.

В заключение отметим следующее. По морфологическим признакам складчатость антиклинория подразделяется на полную, промежуточную и прерывистую, с их разновидностями. Характер деформаций изменяется с изменением литологического состава пород.

В формировании Урцкого антиклинория ведущая роль принадлежит глыбовому механизму. Вертикальные движения характеризуются переменностью знака, и полная, гребневидная и коробчатая складчатость образовалась на фоне блоковых подвижек с горизонтальной составляющей. Отдельное место занимают автономные перемещения пластичных масс наподобие глинистых сланцев. Их миграция и нагнетание имеют место в зоне с меньшим давлением, ослабленной разрывами, путем смещения пластов по восстанию.

Горизонтальные складкообразующие силы возникли, прежде всего, из-за раздвигающих усилий ядра нагнетания, а также гравитационного эффекта.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусов В. В. Основы геотектоники. М.: Недра, 1975, 260 с.
2. Варданян А. В. Основные направления в изучении тектоники Армянской ССР. Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, 1968, №4, с. 45-53.
3. Гзовский М. В. Основные вопросы тектонофизики и тектоника Банджансайского антиклинория. Часть III-IV. М.: Изд. АН СССР, 1969, 244 с.
4. Кириллова И. В., Сорский А. А. О тектоническом районировании Кавказа по типу складчатости. Тр. Совещ. по альп. геос. обл. юга СССР. Баку: Изд. АН АзССР, 1956, с. 47-60.
5. Шолпо В. Н. Альпийская геодинамика Большого Кавказа. М.: Недра, 1978, 176 с.

Վ. Ա. Վարդանյան

Ա ն փ ո փ ու մ

Ուրցի անտիկլինորիումը կազմված է միջին-վերին պալեոգոյան հասակի ապարներից: Ծալքի մանրազննին հետազոտությունների արդյունքում հնարավոր դարձավ լուսաբանել այնպիսի հարցեր, որոնք առնչվում են ծալքառաջացման պայմաններին և մեխանիզմին: Անտիկլինորիի տարածքում ըստ մորֆոլոգիական տարատեսակների առկա են միջանկյալ, լրիվ և տարանջատ ծալքերը, որոնց դեֆորմացիոն պրոցեսում առաջատար տեղ է գրավել ապարների լիթոլոգիական կազմը:

Ուրցի անտիկլինորիի ձևավորման ընթացքում (միջին-վերին պալեոգոյ-տրիաս) գործել են երեք մեխանիզմ՝ բեկորային, ներմղման և ընդհանուր ճնշման, ընդ որում առաջինը կատարել է վճռորոշ դեր:

**ON THE ISSUE OF FORMATION MECHANISM FOR THE UORTZ  
ANTICLINORIUM**

**V. A. Vardanyan**

**Abstract**

The pre-determining and leading role of block mechanism is established for the formation of the Uorts anticlinorium and adjacent structures consisting of Hercynian formations. The observed complete crest-like and box folding has formed against the background of block motions with a horizontal component.

## ПЛАГИОКЛАЗЫ ЭОЦЕНОВЫХ МАГМАТИТОВ МАРЦИГЕТСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ КАК ИНДИКАТОРЫ НЕКОТОРЫХ ПЕТРОГЕНЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

© 2003 г. Р. А. Хоренян, К. Л. Галоян

Институт геологических наук НАН РА  
375019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения  
Поступила в редакцию 30 03 2003 г

Изучены структурно-оптические свойства и характер эволюции состава плагиоклазов средне- и позднеэоценовых магматических ассоциаций Марцигетского рудного поля. Выявлены отличия в составе и количестве сквозных максимумов плагиоклазов в разновозрастных магматических ассоциациях, в изменении количества максимумов при переходе от основных разностей к кислым, а также в интенсивности протокатаклаза и вторичных изменений. Закономерности и специфика эволюции состава плагиоклазов в разновозрастных магматитах позволяют предположить определяющую роль фракционной кристаллизации базальтового расплава в формировании разнофациальных, разнотипных магматических образований и участие корового материала при становлении кислых магматитов позднего эоцена.

Широкое развитие плагиоклаза в различных магматических образованиях, кристаллизация его на всех стадиях становления породы в тесной связи с составом и условиями остывания расплава использовались многими исследователями в качестве индикатора геологической и физико-химической обстановки становления пород [1-3,5-9 и др.]. Целью настоящей статьи является рассмотрение возможностей использования структурно-оптических свойств и этапов кристаллизации плагиоклазов разновозрастных, разнотипных и разнофациальных магматических пород Марцигетского рудного поля в качестве индикатора среды минералообразования и обсуждения некоторых петрологических вопросов.

В бассейне р Марцигет широким развитием пользуются разнофациальные магматические образования среднего эоцена, представленные ба-

зальтами, базальтовыми андезитами, реже андезитами эффузивной фации, оливиновыми базальтами, диабазами, базальтовыми андезитами, андезитами, реже дацитами и риолитами субвулканической фации и амфиболовыми габбро, габбро, кварцевыми монцогаббро, диоритами, кварцевыми диоритами интрузивной фации.

Магматиты позднего эоцена имеют более ограниченное распространение и представлены дацитами эффузивной и субвулканической фаций, плагиоклазовыми базальтами субвулканической фации и порфировыми монцогаббро интрузивной фации.

Разновозрастные магматические комплексы региона приурочены к Марцигетскому разлому северо-западного простирания. В минеральном составе разнотипных магматитов района наибольшим развитием пользуются плагиоклазы. В

Таблица 1

Некоторые особенности плагиоклазов среднеэоценовых пород эффузивной фации

Порода	Генера-ция	Содерж в % от кол. вкрап.	Раз-меры (мм)	Форма	Характерные особенности	Состав	Ассоциирующие минералы	Вторичные изменения
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Базальты	Пл I	25	2,2-1	Таблитчатые, призматические	Полисинтетически двойникованные, зональные, трещиноватые	Ядра в основном измененные, 79-72 67-64	Измененный цветной минерал (пироксен), магнетит	Ядра замещены карбонатом, цоизит-хлоритовым агрегатом
	Пл II	10-15	0,4-0,8	Призматические	Полисинтетически двойникованные	45-46 / 1,0 35-37 / 0,75	Цветной минерал	Карбонатизация, альбитизация
	Микролиты		0,1	Призматические	Простое двойникование	28 / 1,0	Цветной минерал, карбонат стекло	Карбонатизация
Базальтовые андезиты	Пл I	15-20	4,1-2,2	Таблитчатые, призматические	Полисинтетически двойникованные, зональные	75-72	Ортопироксен, клинопироксен, магнетит	Сравнительно свежие
	Пл II	10	1,5-0,5	Призматические, изометричные	Зональные, полисинтетически двойникованные	56-57 / 0,50 48-42 / 0,75	Клинопироксен	Сравнительно свежие
	Микролиты		0,2-0,1	Призматические	Простое двойникование	32-30 / 1,0	Зерна пироксена, редкие зерна кварца, вулк. стекло	

Некоторые особенности плагиоклазов среднеэоценовых пород субвулканической фации

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Оливиновые базальты	Пл. I	25-30	1,8-1	Таблитчатые, призматические	Зональные, сильно трещиноватые. Имеются включения основной массы, циркона, рудного и цветного минералов	77-73 69-66	Нацело измененный оливин (серпентиниз), измененный цветной минерал (карбонат+кварц+биотит)	Карбонатизация, местами пятнами, чаще нацело
	Пл. II	15-20	0,8-0,2	Призматические	Зональные, полисинтетически сдвойникованные	58-54/0,30 47-44/0,75	Измененный цветной минерал	Сравнительно свежие
	Пл. III		0,1	Простое двойникование	Края крупных кристаллов, микролиты	28-26/1,00	Мелкие зерна цветного, рудного минералов, нацело карб. вулк. стекло	
Базальты	Пл. I	25	2,0-1,0	Таблитчатые, призматические	Трещиноватые, зональность выражена нечетко	64-60/0,0	Клинопироксен, магнетит	По трещинам хлорит, рудный минерал
	Пл. II	20	0,7-0,4	Призматические	Слабо зональные, полисинтетически сдвойникованные	57-52/0,75 48-42/0,75	Клинопироксен, магнетит	Сравнительно свежие
	Пл. III	17-20	0,2	Простое двойникование	Микролиты, лейсты	40-35/0,75, 1,00	Зерна клинопироксена, рудного минерала, нацело хлоритиз. вулк. стекла	
Диабазы	Пл. I	15	До 8	Таблитчатые, призматические	От нормальных до сильно трещиноватых, зональные, полисинтетически сдвойникованные	80-72	Клинопироксен, магнетит	Карбонатизация, хлоритизация
	Пл. II	25	2,5-3,0	Призматические	Полисинтетически сдвойникованные, зональные	60-57/0,25 43-38/0,75	Клинопироксен, магнетит	Карбонатизация, хлоритизация
	Пл. III, микролиты	20	0,3-0,4	Призматические	Простое двойникование	30-28/1,0	Зерна клинопироксена, магнетита и карбонат, стекло	Крупные зерна оконтуриваются хлоритизированной, карбонатизированной каемками основной массы
Базальтовые андезиты	Пл. I	30	2,0-1,2	Таблитчатые, призматические	Зональные, полисинтетически сдвойникованные, ядра почти нацело измененные	85-70	Клинопироксен, рудный минерал	Карбонат, хлорит, альбит
	Пл. III	8-10	0,2	Призматические	Края крупных кристаллов, простое двойникование	46-43/0,75	Цветной минерал, рудный минерал, вулк. стекло	Свежие
Дациты	Пл. I	5	1,2-0,7	Призматические	Простое двойникование, реже узко полисинтетически сдвойникованные	42-40/0,75 34-30/0,75	Рудный минерал, кварц, вулк. стекло	Пренитизация, пелитизация

Некоторые особенности плагиоклазов среднеэоценовых пород интрузивной фации

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Амфиболовые габбро	Пл. I	40	1,5-1	Короткотаблитчатые, призматические	Зональные, полисинтетич. сдв., наблюдается обратная зональность, местами интенсивно трещиноватые	47(ядро) 68-65	Роговая обманка, актинолит, куммингтонит, диопсид (замещенный рог.обм.)	Карбонатизация, хлоритизация по трещинам
	Пл. II	20	0,8-0,5	Призматические	Полисинтетич. сдв., иногда простое двойникование	42-36	Роговая обманка, биотит, калиевый полевой шпат, биотит, кварц, магнетит, апатит	Карбонатизация, хлоритизация по трещинам
Габбро, габбронориты	Пл. I	35	2,5-1	Призматические, таблитчатые	Зональные, полис. сдвойникованные, трещиноватые	84-80 75-71	Измененный ромбический пироксен, авгит, диаллаг	Карбонатизация, хлоритизация, альбитизация
	Пл. II	20	1,2-0,8	Призматические	Полисинтетически сдвойникованные	60-30	Роговая обманка, актинолит	
	Пл. III	13	0,9-0,1	В основном кайма больших кристаллов	Простое двойникование	18-10	Кварц, калиевый полевой шпат, рудный минерал, апатит, рутил	
Кварцевые монцогаббро	Пл. I	42	4,0-2,0	Таблитчатые, призматические	Зональные, полисинтетич. сдв., трещиноватые	70-66	Авгит, пикролит	Карбонатизация по трещинам и отдельными пятнами
	Пл. II	23	1,0-0,5	Призматические	Полисинтетически сдвойникованные, трещиноватые	61-55	Роговая обманка, актинолит,	
	Пл. III			Кайма крупных кристаллов	Свежие	15-12	Кварц, калиевый полевой шпат	
Диориты	Пл. I	20	4,5-2,2	Призматические	Зональные, полисинтетически сдвойникованные, трещиноватые	59-51	Клинопироксен, роговая обманка, актинолит, биотит, кварц, магнетит, гематит	Карбонатизация, альбитизация, серицитизация
	Пл. II	40	2,1-1,0	Призматические, лейсты	Полисинтетически сдвойникованные (II-III зона зональных кристаллов)	45-41		
	Пл. III	15-10		Кайма крупных кристаллов и простые двойники		35-28		
Кварцевые диориты	Пл. I	20-25	6,0-2,0	Таблитчатые, призматические	Зональные, ядра почти нацело измененные	70-62	Роговая обманка, кварц, калиевый полевой шпат, магнетит, пирит	Карбонатизация, пелитизация, цоюитизация
	Пл. II	30-35	1,0-0,5	Призматические	Зональные	44-40		
	Пл. III	8-10	Края зональных кристаллов			12-9		
Апатиты	Пл. I	5-7	1,0-0,7	Призматические	Полисинтетически сдвойникованные, часто прорастаются ортоклазом	40-30	Редкие зерна роговой обманки, кварц, ортоклаз, магнетит	Пелитизация, редкие карбонатные пятна
	Пл. II	20-25	0,5-0,2			Облакиваются		

процессе наших исследований просмотрено около 500 шлифов, определены структурно-оптические особенности, характер эволюции состава и парагенетические ассоциации плагиоклазов в средне- и позднеэоценовых магматических образованиях. Количественные содержания плагиоклаза подсчитаны на бинокулярном микроскопе МПС-2. Для каждой петрографической разно-

видности пород на столике Федорова в зонах 1 (010) произведено 20-25 замеров. Построены вариационные кривые распределения состава плагиоклазов, некоторые характерные их особенности приведены в таблицах 1-4.

Анализ вариационных кривых распределения состава плагиоклазов по петрографическим типам среднеэоценовых пород (рис.1) позволил выя-

Таблица 4

Некоторые особенности плагиоклазов верхнеэоценовых магматитов

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Плагиоклазовые базальты (субвулк. фация)	Пл I	30-25	4,0-2,0	Таблитчатые, призматические	Зональные	62-60 / 0,25	Оливин, клинопироксен, рудный минерал, апатит	Зерна свежие
	Пл II	20-18	1,5-0,5	Призматические	Полисинтетически сдвойникованные	53-50 / 0,25		
	Микролиты						35-33 / 0,50	
Дацинты (эффузив. и субвулк. фация)	Пл I	5-10	2,0-0,6	Таблитчатые, призматические	Зональные, ядра с "пятнистой зональностью"	54-48 / 0,25	Клинопироксен, кварц	В ядрах карбонатизирован
	Пл II	15-20	0,6-0,1	Призматические		Зональные		
	Пл III					22	Роговая обманка, биотит, магнетит, гематит, Кварц	
Порфировые монцогаббро (интрузив. фация)	Пл I	40-45	10,0-5,0	Таблитчатые, призматические	Слабо зональные, трещиноватые с включениями пироксена, апатита, рудного минерала	72	Клинопироксен, кварц, калиевый полевой шпат, биотит, магнетит, апатит	Карбонатизация, хлоритизация в основном по трещинам
	Пл II	14	4,0-2,0			63-59 / 0,50		
	Пл III	5-10				35-33 / 0,50		

вить наличие четырех сквозных максимумов составов плагиоклазов для пород всех фаций основного и среднего состава - 75-70, 55-50, 44-40, 34-30. При переходе к кислым разностям - дацитам и аплитам увеличивается роль натровой состав-

ляющей и выделяются лишь два сквозных максимума - 40-35, 23-20.

Анализ вариационных кривых распределения состава плагиоклазов позднеэоценовых магматических образований (рис.2) выявил обратную

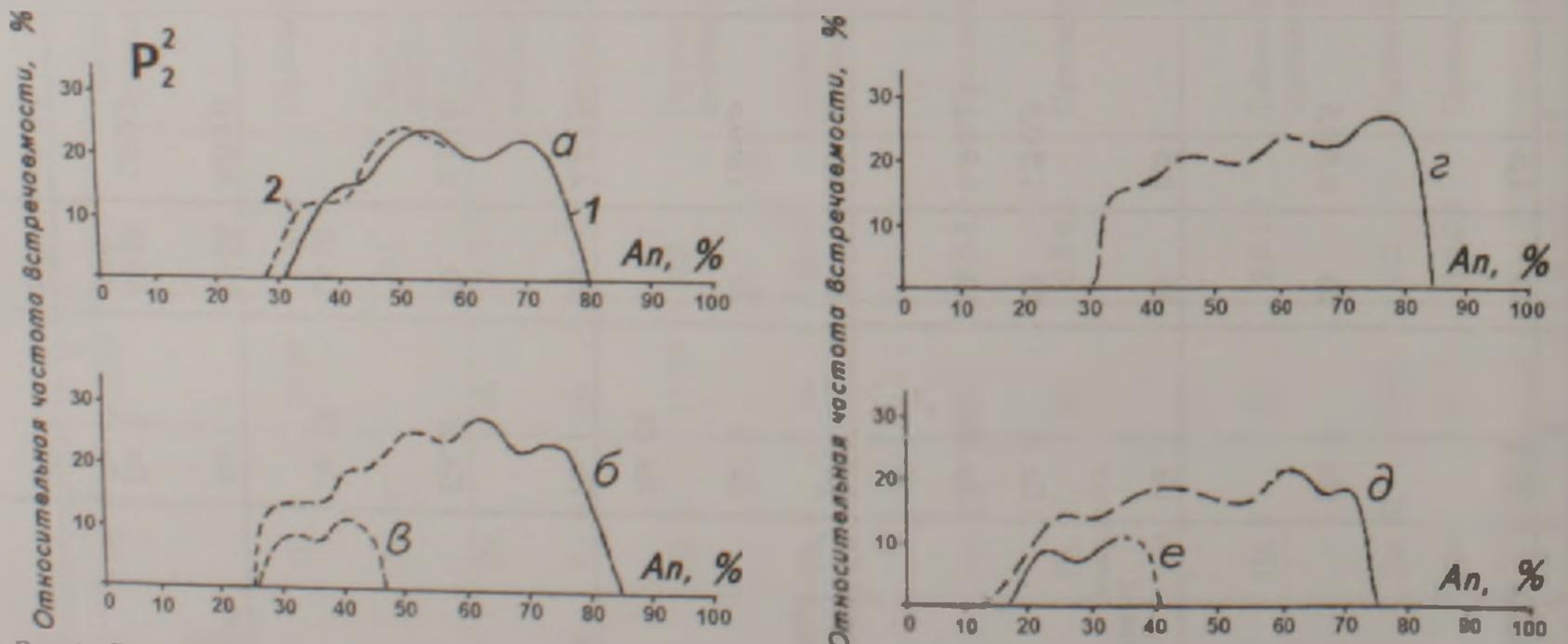


Рис.1. Вариационные кривые составов плагиоклазов эффузивной, субвулканической и интрузивной фаций среднеэоценовых магматитов. 1 - без учета степени упорядоченности (по низкотемпературной кривой), 2 - с учетом степени упорядоченности (по диаграмме "состав-степень упорядоченности-оптическая ориентировка") [4]. Эффузивная фация: а - базальты, базальтовые андезиты. Субвулканическая фация: б - оливиновые базальты, базальты, диабазы, базальтовые андезиты, в - дациты. Интрузивная фация: г - габбро, габбронориты, амфиболовое габбро; д - кварцевые монцогаббро, диориты, кварцевые диориты; е - аплиты.

картину — увеличение количества максимумов при переходе от основных разностей к кислым: плагиоклазовые базальты (55-50, 40-37), порфиновые монцогаббро (65-63, 57-55, 45-42), дациты (54-52, 47-45, 32-28, 25-22). Максимумы 57-50 и 47-42 являются сквозными для разнотипных разнофациальных пород позднего эоцена и позволяют предполагать генетическое родство указанных магматитов.

В отличие от среднеэоценовых магматических образований, наблюдается обратная картина распределения числа максимумов состава позд-

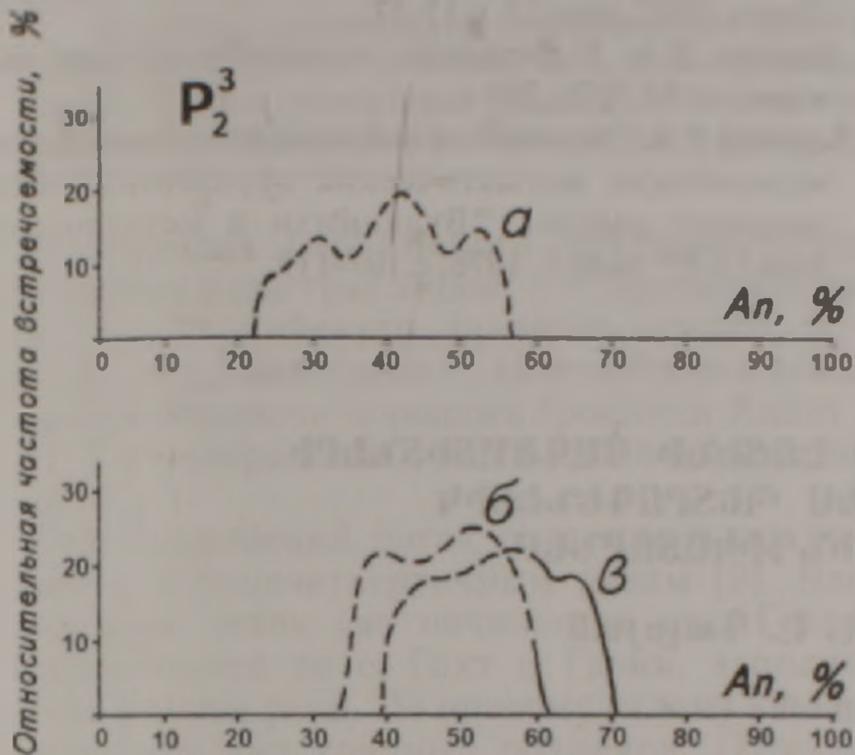


Рис 2 Вариационные кривые составов плагиоклазов эффузивной и субвулканической фаций позднеэоценовых магматитов. Эффузивная фация а — дациты. Субвулканическая фация б — плагиоклазовые базальты. Интрузивная фация в — порфировые монцогаббро

неэоценовых плагиоклазов. От основных разностей к кислым фиксируется возрастание количества сквозных максимумов плагиоклазов (от двух до четырех). Лабрадорный состав ядер плагиоклазов дацитов (54-52), парагенезис с высоко-

температурными минералами (роговая обманка, магнетит), коррозия плагиоклазом второй генерации плагиоклаза первой генерации, размеры и степень идиоморфизма свидетельствуют об интрателлурическом характере первой генерации плагиоклаза. Наличие трех генераций плагиоклазов в разнофациальных, разнотипных магматических образованиях позднего эоцена, "пятнистой зональности", являющейся результатом растворения плагиоклаза интрателлурической кристаллизации при достижении более высоких горизонтов земной коры, наличие свежих олигоклаз-андезиновых выделений плагиоклаза и каемок аналогичного состава, окаймляющих лабрадоровые (54-52) ядра в дацитах, позволяют предполагать участие корового материала в их формировании и их гибридную природу.

Результаты проведенных комплексных геолого-петрографических, петрохимических [4], геохимических [6] исследований островодужных разнотипных, разнофациальных магматитов среднего эоцена, в частности сходство вещественного состава, приуроченность в пространстве к Марцигетскому разлому, близость во времени формирования, с учетом результатов проведенных нами исследований структурно-оптических свойств и характера эволюции плагиоклазов, позволяют выделить их в качестве единого Марцигетского вулcano-интрузивного комплекса.

Широкий временной и температурный интервал кристаллизации плагиоклазов, изменение давления, химического состава, активности летучих компонентов, скорости кристаллизации сказываются на степени их упорядоченности. Состав и степень упорядоченности плагиоклазов разнотипных, разнофациальных магматических образований (рис.3) свидетельствуют об увеличении степени их упорядоченности с увеличением натровой составляющей. С увеличением основности плагиоклаза уменьшается степень их упорядоченности. Сдвойникованы плагиоклазы по

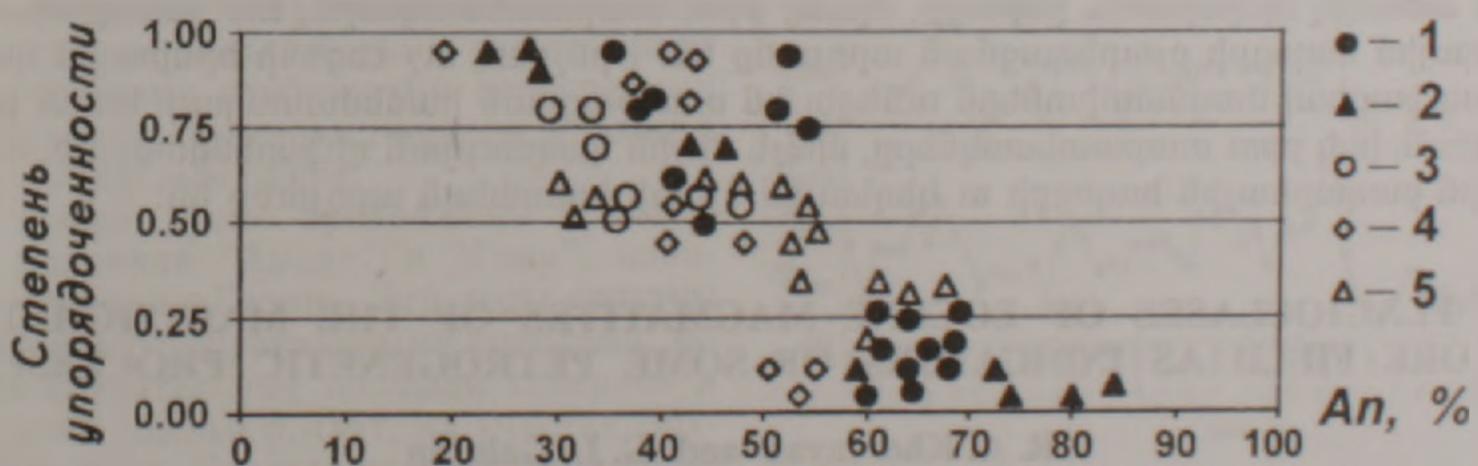


Рис 3 Состав-степень упорядоченности плагиоклазов средне — позднеэоценовых магматитов Средний эоцен. Эффузивная фация: 1 — базальты, базальтовые андезиты, 2 — дациты, субвулканическая фация: 3 — оливиновые базальты, базальты, диабазы, базальтовые андезиты. Поздний эоцен. эффузивная фация: 4 — дациты, субвулканическая фация: 5 — плагиоклазовые базальты

альбитовому, эстерельскому, альбит-карлсбадскому, альбит-эстерельскому законам.

Закономерности и специфика эволюции состава плагиоклазов в разнотипных, разнофациальных магматических образованиях среднего и позднего эоцена, с учетом их геологических и петро-геохимических особенностей [4,6], позволяют предположить, что основным петрогенети-

ческим механизмом в формировании рассмотренных магматических ассоциаций являлись процессы кристаллизационной дифференциации. При этом разнофациальные магматические образования основного и среднего состава среднеэоценовой ассоциации прошли более длительный период формирования, а кислые их разности, по всей вероятности, являются результатом крис-

таллизации остаточного расплава, в то время как основные и средние разнофациальные магматиты позднеэоценовой ассоциации имели короткую историю становления, а кислые разности являются результатом процессов смешения корового материала с дифференцировавшимся до среднего состава исходным базальтовым расплавом.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Баратов Р.Б., Лутков В.С. Плагиоклаз гранитоидов Памира и Гихаро-Алая как источник петрологической информации. В кн.: "Минералогия и парагенезис минералов" Л.: Наука, 1978, с.1-14.
2. Блинова Г.К., Барсанов Г.П. Состав и структурное состояние плагиоклазов различного генезиса. Вестник Московского университета, 5/1980, с.57-64.
3. Варданянц Л.А. Плагиоклаз, задачи и методы исследований. Тр. ВСЕГЕИ, 1966, т.65, с.72-89.

4. Галоян К.Л. Петрохимические особенности магматических пород Марцигетского рудного поля. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 2000, N 1-2, с.67-73.
5. Марфуни А.С. Полевые шпаты — фазовые взаимоотношения, оптические свойства, геологическое распределение. Труды ИГЕМ, вып. 78, 1962, 272 с.
6. Мелконян Р.Л., Галоян К.Л. Закономерности распределения редкоземельных элементов в магматических образованиях бассейна р.Марцигет. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 2002, LV, N1-3, с.11-17.
7. Оптические и петрохимические исследования магматических образований центральной Камчатки. М.: Наука. 1967, вып.25, с.15-37.
8. Перчук Л.А. Равновесия породообразующих минералов. М.1970, 391 с.
9. Хоренян Р.А. Оптические исследования плагиоклазов мезозойских магматических образований Спитакского района. "Вулканизм и металлогения Арм.ССР", вып.8, 1976, с.107-119.

## ՄԱՐՑԻԳԵՏԻ ՀԱՆՔԱՅԻՆ ԴԱՇՏԻ ԷՈՑԵՆԻ ՍԱԳՍԱՏԻՏՆԵՐԻ ՊԼԱԳԻՈԿԼԱՋՆԵՐԸ ՈՐՊԵՍ ՊԵՏՐՈԳԵՆԵՏԻԿ ՈՐՈՇ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐԻ ԻՆԴԻԿԱՏՈՐՆԵՐ

Ռ. Հ. Խորենյան, Գ. Լ. Գալոյան

Ա մ փ ո փ ու մ

Ուսումնասիրվել են Մարցիգետի հանքային դաշտի միջին և վերին էոցենի մագմատիկ ասոցիացիաներում պլագիոկլազների օպտիկական հատկանիշներն ու նրանց կազմի էվոլյուցիան: Աշխատանքի նպատակն այդ հատկանիշների ստացված արդյունքների օգտագործումն է, որպես միներալառաջացման միջավայրի ինդիկատոր պետրոլոգիական որոշ հարցերի քննարկման համար:

Հաշվի առնելով ապարների պետրո-գեոքիմիական առանձնահատկությունները [4,6], տարահասակ, տարաբնույթ և տարատեսակ մագմատիկ առաջացումներում պլագիոկլազների կազմի էվոլյուցիայի օրինաչափությունները հիմք են տալիս ենթադրել, որ նշված մագմատիտների ձևավորման գլխավոր մեխանիզմը ֆրակցիոն բյուրեղացումն է: Ըստ որում, միջին էոցենի հիմքային և միջին կազմի մագմատիտներն անցել են ձևավորման առավել երկարատև ընթացք, որոնց թթու տարատեսակներն, հավանաբար, մնացորդային հալոցքի բյուրեղացման արդյունք են: Մինչդեռ, ուշ էոցենի հիմքային կազմի, տարաֆացիալ մագմատիտներն ունեցել են առաջացման համեմատաբար կարճ պատմություն, իսկ թթու տարատեսակները, մինչև միջին կազմություն դիֆերենցացված, առաջնային բազալտային հալոցքի ու կեղևային նյութի խառնման արդյունք են:

## PLAGIOCLASES OF EOCENE MAGMATITES OF THE MARTSIGHET ORE FIELD AS INDICATORS OF SOME PETROGENETIC PROCESSES

R. A. Khorenyan and G. L. Galoyan

### Abstract

Structural and optical properties of plagioclases and evolution of their composition were studied in the Middle and Late Eocene magmatic associations of the Martsighet ore field. Differences were revealed in the composition and through maxima numbers of plagioclases in magmatic associations of various ages, in the alteration of maxima numbers during transition from alkaline to acid diversities, as well as in the intensity of protocataclase and secondary changes. The regularities and specific character of evolution of plagioclase composition in magmatites of different ages suggest that fractional crystallization of basaltic melt played a determining role in the formation of magmatic structures of different facies and types, and that crust material contributed to the formation of acid magmatites of the Late Eocene.

## ГЕОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВОД ГАРНИЙСКОГО СЕЙСМОПОЛИГОНА (2002-2003 гг.)

© 2003 г. Р. А. Пашаян, А. Л. Ананян

Гарнийская геофизическая обсерватория НАН РА  
375019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения  
E-mail: hakhleon@sci.am  
Поступила в редакцию 9.03.2003 г.

В работе представлены геохимический мониторинг вод Гарнийского полигона, результаты изменения химического состава и общей минерализации пресных вод, обусловленной неравномерным выпадением и инфильтрацией атмосферных осадков. Наблюдения на источнике минеральных вод „Грав“ включали определения геохимического состава вод, температуры и дебита. Приводится сейсмичность региона и ее влияние на геохимию вод.

В пределах Гарнийского сейсмополигона встречаются воды трех типов: 1 – ультрапресные воды Гохт-Гарнийского лавового потока; 2 – пресные воды, связанные с неоген-брекчиевыми и туфобрекчиевыми породами (родники Анаит и Гоар); 3 – минеральные углекислые воды (родник „Грав“).

Гохт-Гарнийский поток подземных вод приурочен к верхнечетвертичным лавам [2]. Языкообразный поток лав начинается от с. Гехард и продолжается до сс. Гохт и Гарни, заполняя древнее ущелье реки. По правому склону ущелья наблюдается ряд крупных родников. Площадь бассейна питания Гохт-Гарнийского потока 170 км<sup>2</sup>, суммарный дебит 52-х родников составляет 2144 л/сек. Гарнийские воды используются для снабжения г. Еревана питьевой водой.

В целом химический состав подземных вод Армении указывает на преимущественную роль в их формировании промываемых осадочных пород. В меньшей степени на формирование вод оказывают влияние процессы выщелачивания изверженных и метаморфических пород. На формирование подземных вод влияние оказывают также магматические и вулканические породы. Инфильтрационные воды местами взаимодействуют с восходящими глубинными перегретыми термами, металлоносными растворами, а также с глубинным углекислым газом.

По настоящее время продолжены исследования вод родников „Анаит“ и „Гоар“, изливающихся севернее с. Гарни. Эти воды связаны с брекчиевыми и туфобрекчиевыми породами, занимающими значительные площади севернее и северо-западнее ущелья р. Азат, на участке Вохчаберд, Гарни, Гохт. Участок расположения родников образует небольшой „оазис“, с использованием вод родников для орошения садов.

Судя по минерализации и температуре вод данных родников, их формирование происходит на глубинах 150-250 м, в отмеченных туфобрекчиевых образованиях, залегающих под четвертичными лавами. Геохимический анализ макрокомпонентного состава подземных вод ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$  минерализация), газового состава –  $\text{CO}_2$ , изменений pH проводится в химической лаборатории Института геологических наук. При этом, для выделения компонентов  $\text{Na}^+$ ,

$\text{K}^+$  применяется метод фотометрии пламени,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  – объемный метод (трилометрический),  $\text{Cl}^-$  – объемный метод (аргенметрический),  $\text{SO}_4^{2-}$  – весовой метод,  $\text{HCO}_3^-$  – объемный метод (HCl),  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{SiO}_4$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ;  $\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$  – колориметрический. По химическому составу воды относятся к гидрокарбонатным со сложным катионным составом и значительным количеством ортокремневой кислоты ( $\text{H}_2\text{SiO}_4$ ). Отдельные отклонения от среднего химического состава воды весьма малочисленны. Это относится как к основной минералообразующей компоненте – гидрокарбонат – иону, так и другим компонентам: сульфат – иону, хлор – иону, а также катионам –  $\text{Na}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ .

Иначе выглядят вариации количества ортокремневой кислоты, наблюдается синхронность изменений компоненты в водах обоих родников и отмечается значительная разница минимального – 80 мг/л и максимального – 132 мг/л значений  $\text{H}_2\text{SiO}_4$ . Изменения общей минерализации по водам двух родников приводятся на рис. 1.

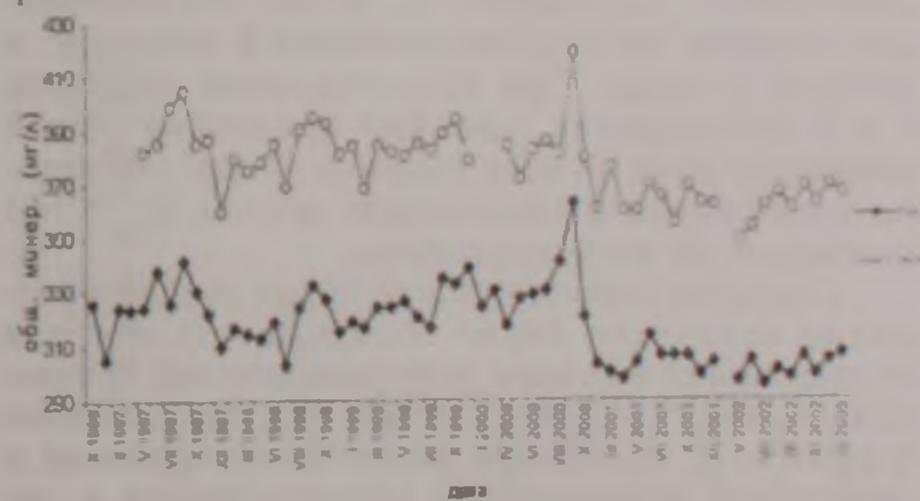


Рис. 1. Изменения значений общей минерализации по родникам „Гоар“ (1) и „Анаит“ (2).

Как видно из графиков, изменения общей минерализации происходят почти синхронно, рассчитанный коэффициент корреляции  $r = 0.6$ . За последние годы, начиная с 2001 года, наблюдается понижение значений общей минерализации вод пресных родников „Анаит“ и „Гоар“, приблизительно в среднем на 20 мг/л, значение ортокремневой кислоты – на 15-20 мг/л, а также небольшие колебания компонентов:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ . Значения температуры вод колеблются в

пределах от 11 до 15°C. Наибольшая амплитуда колебаний температуры воды наблюдается по роднику "Анаит".

Изменения химического состава и общей минерализации пресных вод обусловлены, в основном, неравномерным выпадением и инфильтрацией атмосферных осадков в течение года.

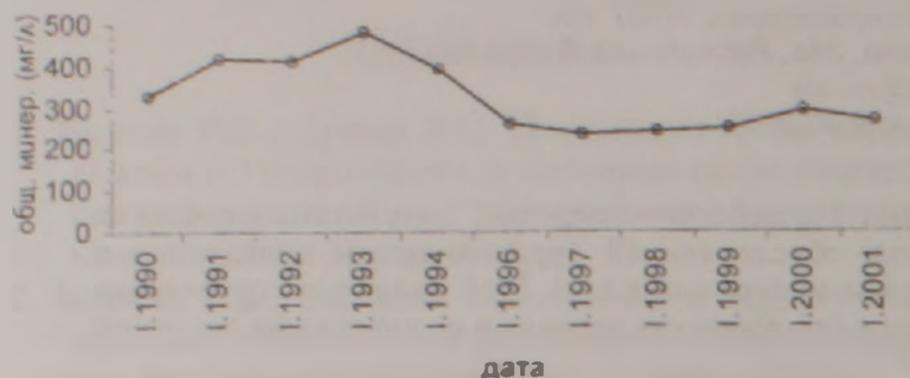


Рис.2 Среднегодовые изменения осадков в районе с Гарни (по данным Гидрометеослужбы) за 1990-2001 гг.

С целью определения возможной цикличности хода выпавших осадков (в мм) в районе с.Гарни и выявления сезонного изменения вод исследуемых родников, были использованы данные (Гидрометеорологической службы) по среднемесячным и среднегодовым значениям выпавших осадков за 1990-2001гг. Построен график хода изменения среднегодовых осадков в районе с.Гарни (рис.2), по которому видно, что, начиная с 1990 по 1995 годы, среднее количество выпавших осадков составляет – 403 мм/г, а от 1996 по 2001 годы – 264 мм/г. Если исходить из литературных данных (Гидрогеология, 1974), среднее количество осадков, выпадающих в районе с.Гарни, составляет – 486 мм/г, то последние годы (1996-2001гг) считаются более засушливыми. На рисунке 3 представлены график N1 изменения величины общей минерализации по воде родника "Гоар" и график N2 – хода количества среднемесячных осадков по данным за 2000-2001гг. По графику N2 видно, что наибольшее количество осадков выпадает в весенние и осенние месяцы. При сопоставлении графиков 1 и 2 наблюдаются сезонные изменения общей минерализации по воде родника "Гоар". Величина коэффициента корреляции кривых ( $r_{кор} = 0.6$ ) указывает на их взаимосвязь.

Создание мониторинга по водам пресных родников позволяет также использовать его для исследования влияния деформационных процессов участка с. Гарни на химию вод. Как показано в работе [1], колебания общей минерализации и некоторых компонентов коррелируются с изменением сейсмической активности региона [4]. Вариации величин общей минерализации, которые, возможно, связаны с сейсмическими событиями, показаны на фоне сезонных изменений общей минерализации вод родника "Гоар" (рис.3).

Таким образом, созданный мониторинг пресных вод Гарни позволяет наблюдать динамику в геохимии вод и выявлять возможные причины их изменения, при этом, в процессе интерпретации данных, учитываются климатические условия местности формирования вод пресных родников.

Гидрогеохимические наблюдения в эпицент-

ральной зоне Гарнийского землетрясения (1679,  $M=7.0$ ) проводились также на источнике минеральных вод "Грав", расположенном на расстоянии 1 км от эпицентра. Наблюдения включали определение геохимического состава вод минерального источника, температуры и дебита воды. Измерения были начаты в октябре 1998 года. Основная задача проведенных исследований заключалась в детальном анализе вариаций геохимического состава и определении закономерностей их изменений во времени. Минеральный источник "Грав" находится почти у уреза реки Азат и на расстоянии 7 км от Азатского водохранилища. На месте выхода источника образовался травертиновый щит значительной мощности. Недалеко от источника на том же левом берегу, гипсометрически выше на 20-30 метров, сохранились остатки древнего травертинового щита. Травертиновые отложения, наблюдающиеся на некоторых участках левобережного склона, в основном приурочены к мелким ущельям. Последние, очевидно, приурочены ко вторичным разломам, перпендикулярным к основному Азатскому разлому, протягивающемуся вдоль р.Азат. Источник изливающийся, глубина формирования минеральной воды составляет 350-400 м [1].

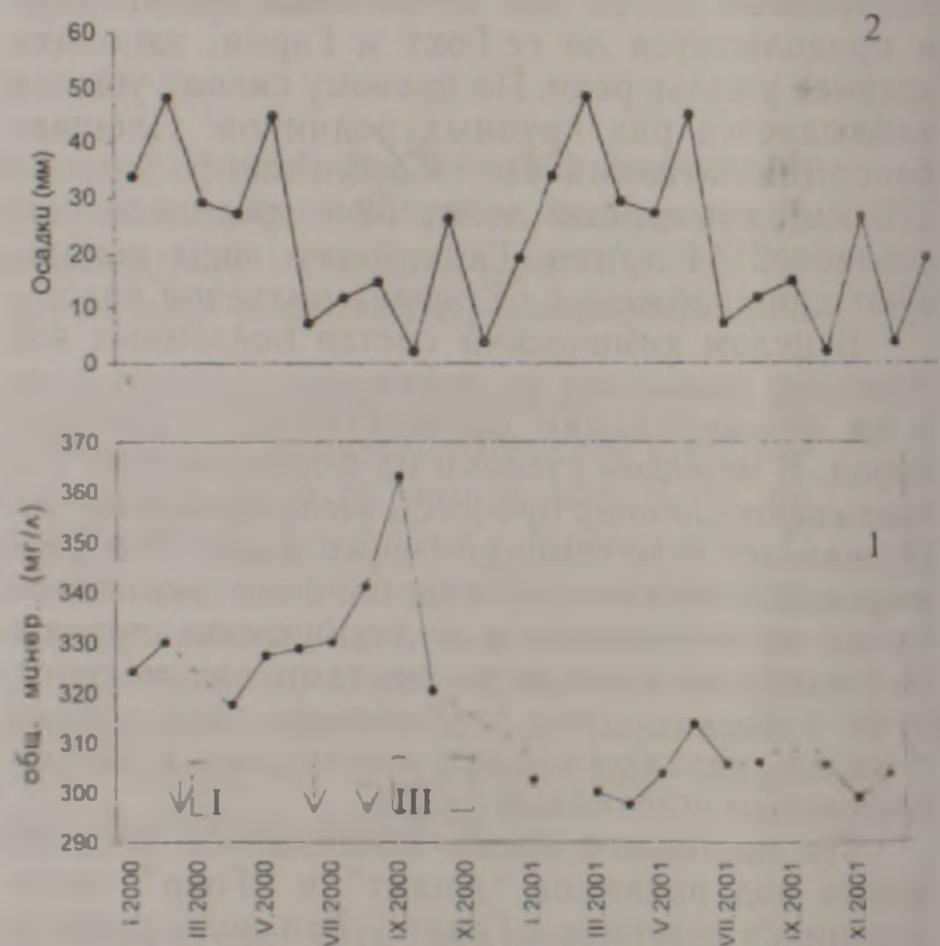


Рис.3 Сезонные изменения общей минерализации вод родника "Гоар" (1), 2 – среднемесячные осадки р-на с Гарни (по данным Гидрометеослужбы) I-III – землетрясения в районе Гарни ( $M=1.3, 1.5, 2.1$ ).

Геологический разрез участка приразломной зоны Азатского разлома почти полностью характеризуется развитием взаимопересекающихся систем разломов и тектонической трещиноватости, а также современным взбросо-сдвигом [6]. Минеральная вода источника приурочена к породам зовашенской свиты – карбонатам, мергелям, глинам, песчаникам, алевролитам, туфопесчаникам, туффитам, известняковым песчаникам, алевролитам с потоками андезитов. Температура воды – 18°C.

Гидрогеохимические наблюдения проводились следующим образом: каждые 1-2 месяца из изливающегося источника отбиралась проба емкостью не менее 1 л, по которой выполнялся химический анализ. Всего было отобрано 23 пробы. Определялись: минерализация, рН, катионы: аммоний, кальций, натрий, магний, калий, железо закисное и окисное, анионы; хлор, гидрокарбонат, карбонат, сульфат, уголекислота, кремневая кислота. Минеральная вода "Грав" относится к уголекислым водам гидрокарбонатно-кальциево-магниевого состава. Формирование химического состава этого типа подземных вод определяется, в основном, процессами выщелачивания, катионного и адсорбционного обмена.

Анализ временных вариаций гидрогеохимических параметров показал, что состав вод источника "Грав" за период наблюдений варьировал, при этом наблюдались как плавное, монотонное изменение химического состава, так и его кратковременные осцилляции.

На рис. 4 представлены временные вариации общей минерализации и ортокремневой кислоты вод источника за период 1999-2003 гг. Между приведенными кривыми наблюдается корреляция до начала 2001г ( $r_{корр} = 1$ ), далее она нарушается ( $r_{корр} = 0,3$ ). За первые два года наблюдений минерализация воды снизилась с 3.1 до 3.0 г/л, за последующие годы наблюдалось повышение минерализации вод от 3.0 до 3.3 г/л. На фоне такого общего изменения минерализации наблюдалась кратковременная осцилляция: в декабре 1999г в виде снижения общей минерализации до 3.02 г/л и повышения общей минерализации до 3.10 г/л в марте 2001г.

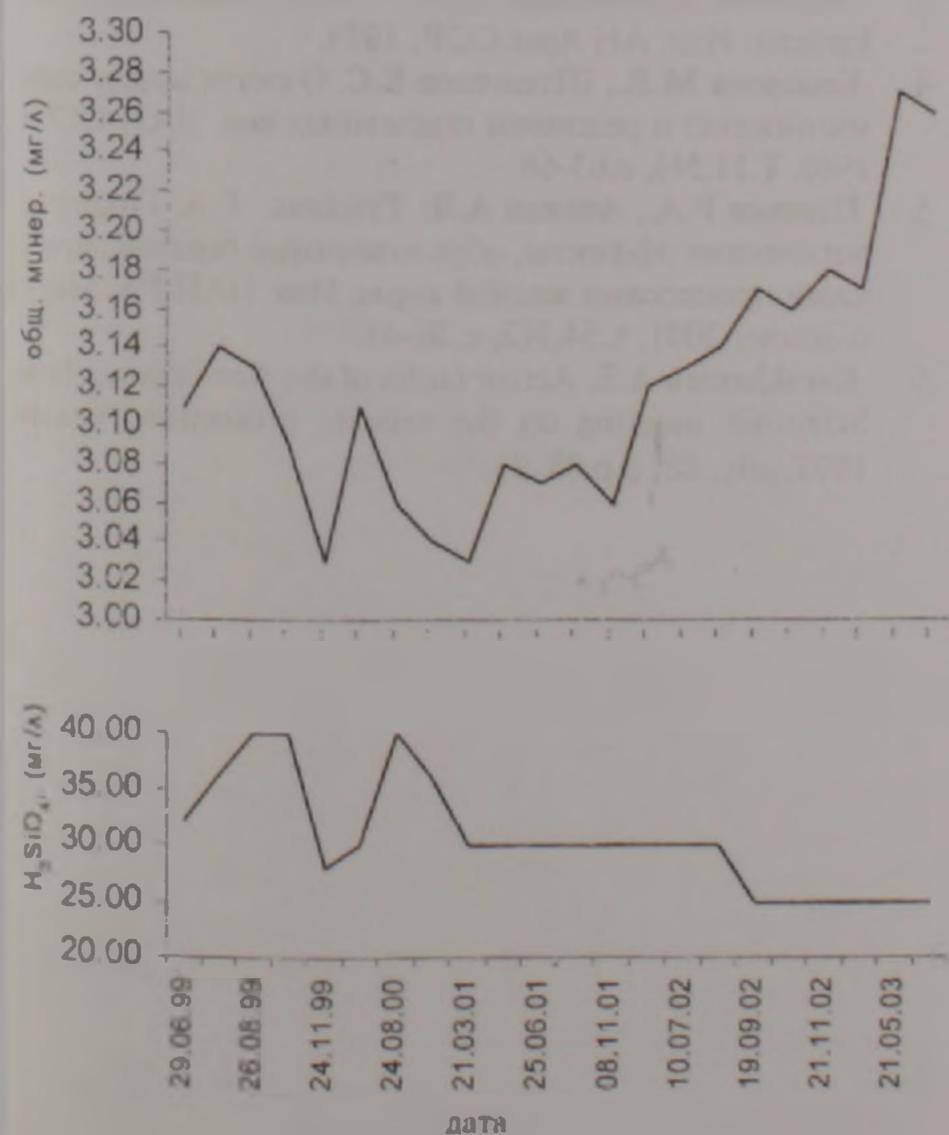


Рис 4 Временные вариации общей минерализации и величины H<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> воды "Грав".

С начала 2003 года по настоящее время наблюдается повышение величины общей минерализации воды "Грав", величина кремневой кислоты стабильно держится с 2002г.

Поскольку содержание кремневой кислоты в минеральной воде "Грав" является показателем сейсмической активности исследуемого участка, то ее стабильная величина за последние годы (2001-2003гг) интерпретируется нами пока неоднозначно, поскольку существующий ряд наблюдений недостаточен для вывода.

На рис. 5 представлены вариации содержания ионов в системе CO<sub>2</sub>-HCO<sub>3</sub>-Ca. Как видно из графика, между двумя кривыми выраженной зависимости нет, на что указывает также коэффициент корреляции ( $r_{корр} = 0,38$ ). Резкие изменения значений гидрокарбоната и кальция наблюдаются с 2002 г и далее следует ступенчатый подъем. В последних двух пробах воды определялось количественное значение -CO<sub>2</sub> и уже наблюдалось уменьшение его на 78 мг/л. Дальнейшие наблюдения за изменениями уголекислого газа вод источника "Грав" позволят повысить уровень достоверности геохимических исследований данного региона.

Как показал анализ временных вариаций химических компонентов воды, значения почти всех компонентов имеют тенденцию к повышению и только в значениях Mg наблюдается небольшое снижение.

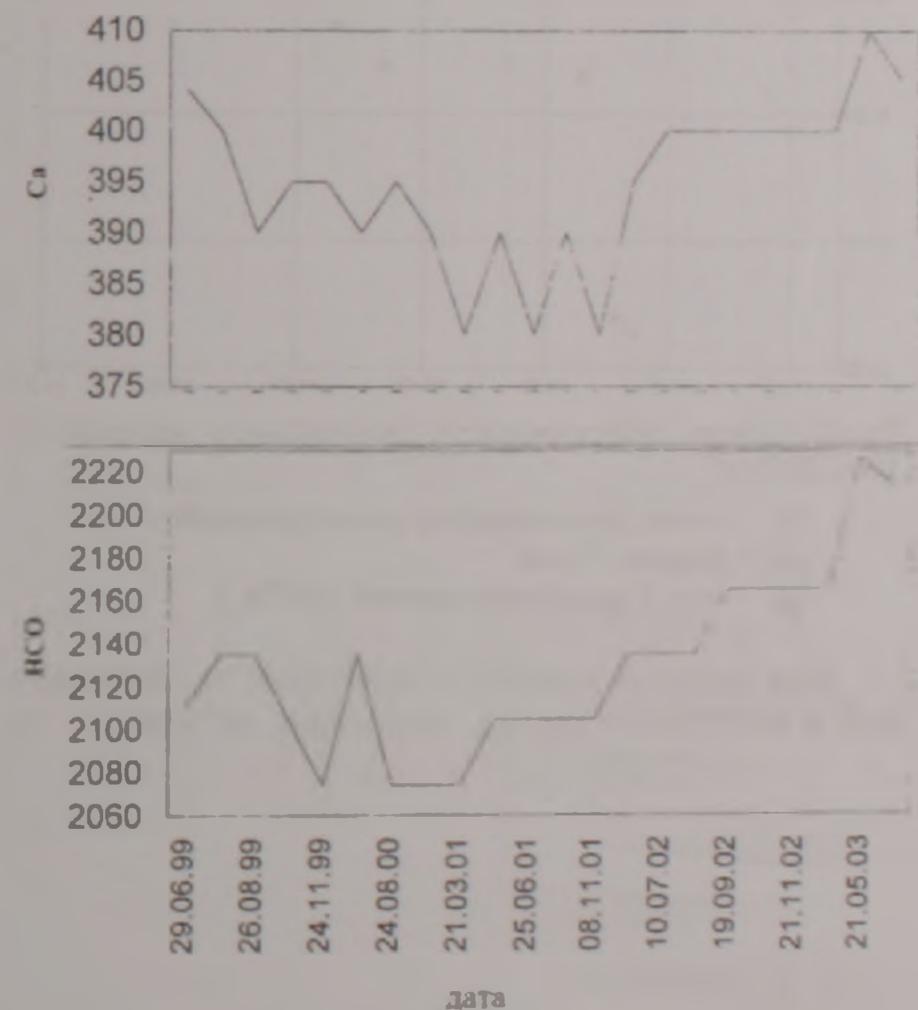


Рис 5. Временные вариации содержания кальция и гидрокарбоната (мг/л) в воде "Грав"

Представленные данные могут быть интерпретированы следующим образом. Наблюдаемые медленные и быстрые вариации химического состава минеральной воды источника обусловлены, вероятно, динамическими процессами в трещинно-пластовой системе, определяющими факторами которых служат тектонические процессы в эпицентральной зоне Гарнийского землетрясе-

ния. Плавное снижение и последующее повышение содержания всех основных компонентов, а также снижение и повышение общей минерализации объясняются смешением минеральных вод с водами более глубоких водоносных комплексов этого района.

Сопоставление времени проявления аномалий изменения химических компонентов с каталогом землетрясений в зоне Гарнийского землетрясения и Ереванского региона показало следующее. Как видно из рис.6, за период наблюдений в исследуемом регионе произошло 14 землетрясений с максимальной магнитудой –  $M=3.7$ . Выявленные краткопериодные вариации по величине общей минерализации тождественны с временем происшедших сейсмических событий [2].

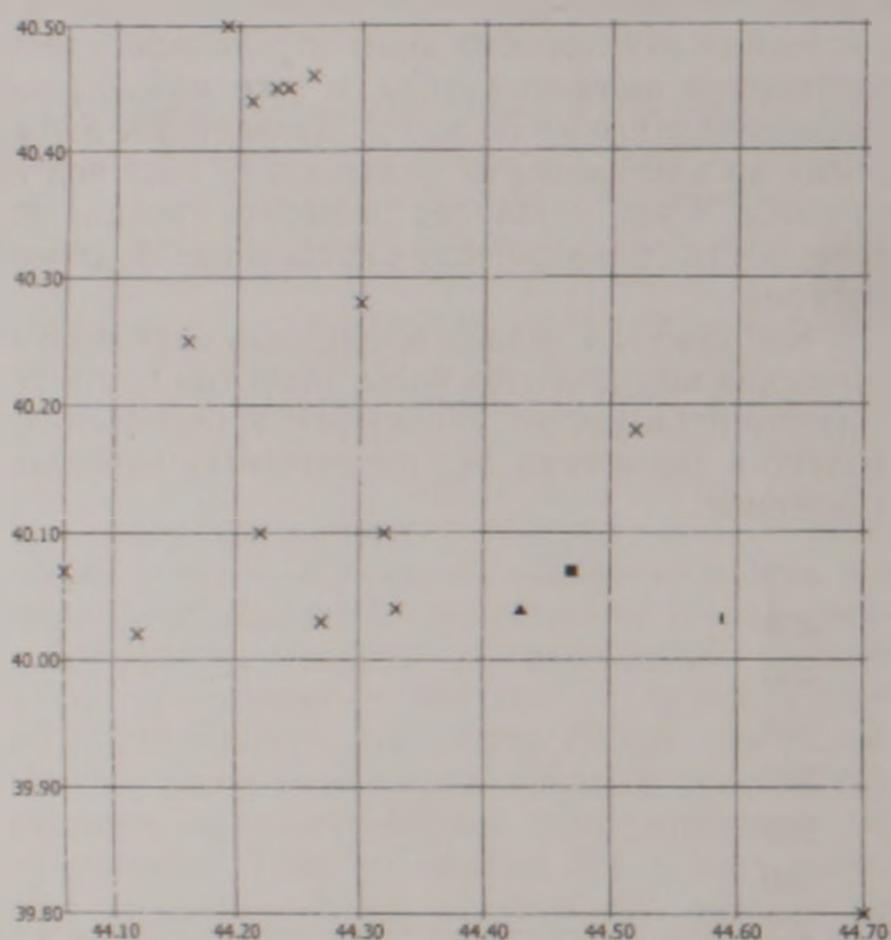


Рис.6. Схема сейсмичности Ереванского региона за 1998-2003 гг

- × - очаги происшедших землетрясений
- ▲ - родник "Грав"
- - очаг Гарнийского зем-ия (1679г)

Как показал анализ сейсмичности, проведенный в настоящее время, наиболее активным пе-

риодом для участка Гарни был 2001г. В этот год в августе в очаге Гарнийского землетрясения произошло три слабых сейсмических события с максимальной магнитудой 2.1. На временных вариациях химических компонентов воды родника "Грав" (рис.4), находящегося на расстоянии 11 км от эпицентра землетрясения, это проявилось в виде короткопериодных вариаций подземных вод с последующим восстановлением уровня вод. Обнаружены также и долгопериодные вариации химического состава воды.

В результате проведенных исследований следует отметить, что на нарушение равновесия химического состава воды, проявленное в виде короткопериодных вариаций воды, вероятно, влияли собственно тектонические смещения, сопровождающие слабые неглубокие землетрясения в малом радиусе от их очага. Долгопериодные изменения, возможно, были связаны с процессом смешения минеральных вод с водами иного химического состава.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ананян А.Л., Пашаян Р.А. Предварительные результаты гидрогеохимических наблюдений в зоне Гарнийского сейсмополигона. Сб. научных трудов конференции, посвященной 90-летию со дня рождения основателя ИГИС НАН РА, академика А.Г.Назарова, 1-4 июня 1998г.
2. Ананян А.Л., Пашаян Р.А. Продолжение гидрогеохимических исследований на Гарнийском сейсмополигоне, Сборник научных трудов конференции, посвященной 40-летию основания ИГИС им. Назарова НАН РА, Гюмри, 2002, с.162-167.
3. Геология Армянской ССР. Т.VIII, Гидрогеология Ереван: Изд. АН Арм.ССР, 1974.
4. Комарова М.В., Штенгелов Е.С. О связи между сейсмичностью и режимом подземных вод. ДАН СССР. 1980. Т.11, N4, с.63-68.
5. Пашаян Р.А., Ананян А.Л., Туманян Г.А. Гидрогеологические эффекты, обусловленные геодинамическими процессами земной коры. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 2001, т.54, N2, с.36-41.
6. Karakhanian A.S. Active faults of the Armenian upland. Scientific meeting on the seismic protection. Venice. 1993, july, 88, p.p 88-93.

# ԳԱՌՆԻ ՍԵՅՍՄՈՓՈՐՉԱԴԱՇՏԻ ՋՐԵՐԻ ԳԵՈՔԻՄԻԱԿԱՆ ՄՈՆԻՏՈՐԻՆԳ

Ռ. Ա. Փաշայան, Ա. Լ. Անանյան

## Ա մ փ ո փ ու մ

Գառնիի սեյսմոփորձադաշտի ստորերկրյա ջրերի գեոքիմիական մոնիտորինգը թույլ էր տալիս դիտարկելու ստորերկրյա ջրերի դինամիկան, ի հայտ բերել նրանց հնարավոր փոփոխությունները: Տվյալների մեկնաբանման ժամանակ հաշվի է առնվել ջրերի ձևավորման տեղանքի կլիմայական պայմանները:

Հանքային աղբյուրի ջրերի հիդրոգեոքիմիական պարամետրերի ժամանակավոր փոփոխությունները ցույց տվեցին, որ ջրերի կազմը դիտարկված ժամանակահատվածում փոփոխվել է, ընդ որում, դիտվում են քիմիական կազմի ինչպես սահուն-մոնոտոն, այնպես էլ կարճաժամկետ օսցիլյացիան:

## GEOCHEMICAL MONITORING OF WATERS IN THE SEISMIC TESTING GROUND OF GARNI

R. A. Pashayan and A. L. Ananyan

### Abstract

The work presents results of geochemical water monitoring in the Garni testing ground. It is established that changes in chemical composition and general mineralization of fresh waters are determined by irregular precipitation and infiltration of precipitates. Observations conducted at *Grav*, a mineral water source, included definition of geochemical composition, temperature and flow of the water. We consider seismicity in the region and its influence on water geochemistry.

## ОБ ОДНОЙ ВОЗМОЖНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ПАЛЕОВЕКОВЫХ ВАРИАЦИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ЭПОХЕ МАТУЯМА

© 2003 г. А. А. Варданян\*, Д. О. Минасян\*, Т. Б. Нечаева\*\*

\*Институт геофизики и инженерной сейсмологии ИАН РА  
377515, Гюмри, ул. В. Сарджяна, 5, Республика Армения  
E-mail: iges@shirak.am

\*\*Институт Физики Земли РАН  
г. Москва, Б. Грузинская, 10, Российская Федерация  
Поступила в редакцию 02.04.2003 г.

В статье рассмотрена возможность выделения SV вариаций геомагнитного поля с периодами  $10^2 - 10^4$  лет в эпохе Матуяма на основе палеомагнитных исследований осадочных пород разреза Зау (Республика Туркменистан). Полученные результаты сопоставимы с SV вариациями этих же периодов, выделенными в осадочных породах Армении (Арабийский разрез).

В изучении эволюции Земного ядра особое место занимают исследования основного спектра вариаций геомагнитного поля, которые являются характеристикой процесса генерации геомагнитного поля. Изменение спектра основных вариаций в прошлом может быть свидетельством изменения процесса генерации геомагнитного поля, следовательно, и следствием изменений в жидком ядре [4,5]. Поэтому палеомагнитное изучение вариаций временных интервалов, не схваченных ни археомагнитными, ни, тем более, прямыми (обсерваторскими) наблюдениями, представляет вполне понятный интерес как с точки зрения развития теории возникновения ГМП, так и изучения эволюции ядра.

При изучении процесса генерации геомагнитного поля наиболее интересны изменения вариаций с характерными временами  $10^2 - 10^4$  лет, т.е. те, которые присущи самому процессу генерации.

Изучение истории геомагнитного поля, его изменений с разными характерными временами, подразделяется на несколько этапов.

*Первый этап* – выбор непрерывного разреза осадочных пород, определение возраста пород данного разреза и временного интервала, за который накапливалась та часть разреза, которая будет использована для палеомагнитных исследований. Решение этих вопросов не входит в комплекс палеомагнитных исследований. Используются результаты геологических исследований (абсолютная датировка, палеонтология и др.)

*Второй этап* – лабораторное изучение отобранной коллекции. Определение ферромагнитной фракции пород, компонентного состава естественной остаточной намагниченности, выяснение "первичности" выделенных компонент Ip изученных пород, выбор метода "чистки", в результате применения которой получаем ряды значений величины и направления первичной намагниченности для данного разреза.

*Третий этап* – выделение периодов вариаций по тому или другому методу гармонического анализа.

Существенную часть исследований палеомагнитных вариаций занимает второй этап – получение экспериментальных данных.

Настоящая статья посвящена выявлению

длиннопериодных вековых вариаций ГМП (более 10 тыс. лет) для эпохи Матуяма. Была использована одна из ранее отобранных коллекций (разрез Зау) совместно с сотрудниками лаборатории палеомагнитологии ГИН РАН в Москве.

Разрез Зау расположен в Туркменистане, в 40 км на ЮВ от горы Кизил-Арват. Здесь рекой вскрывается антиклинальная складка, выполненная в ядре глинами палеогена, на которых с угловым несогласием и размывом залегают песчано-глинистые отложения акчагыла [6]. Нижняя часть разреза сложена морскими глинами, алевролитами, карбонатными глинами и песками с фауной моллюсков, которые и определили акчагыльский возраст этих отложений. Верхняя часть разреза представлена субареальными и континентальными образованиями – суглинками, песками, конгломератами. Основная коллекция была отобрана на северном крыле складки (~100 штучков на 500 м).

Измерения палеомагнитных параметров показали, что нижняя часть разреза (пачки 1-18) сложена в основном прямо-намагниченными породами (зона Гаусса). Лишь в кровле пачки 7 выделяется горизонт обратно- и аномально- намагниченных пород мощностью ~12 м, отвечающий горизонтам Маммот и Каена. Верхняя часть разреза (пачки 20-25) сложена в основном обратно-намагниченными породами (зона Матуяма).

В подошве пачки 24 выделяется горизонт прямо-намагниченных пород мощностью 4-5 м (горизонт Олдувей). Пачка 23 не охарактеризована в палеомагнитном отношении, т.к. сложена рыхлыми и грубозернистыми песками, конгломератами, и отобрать штучки было невозможно.

С точки зрения изучения вариаций SV наибольший интерес представляет однородная толща нормально намагниченных морских глин первой акчагыльской трансгрессии, развитой в низах разреза. Это связано как с однородностью материала, слагающего толщу, так и с тем, что именно этот интервал мог быть отобран также и на южном крыле антиклинали, что позволяло дублировать разрез практически в тех же фациях, но существенно иными элементами залегания. Это обстоятельство принципиально важно при оценке геофизической природы полученных вариаций.

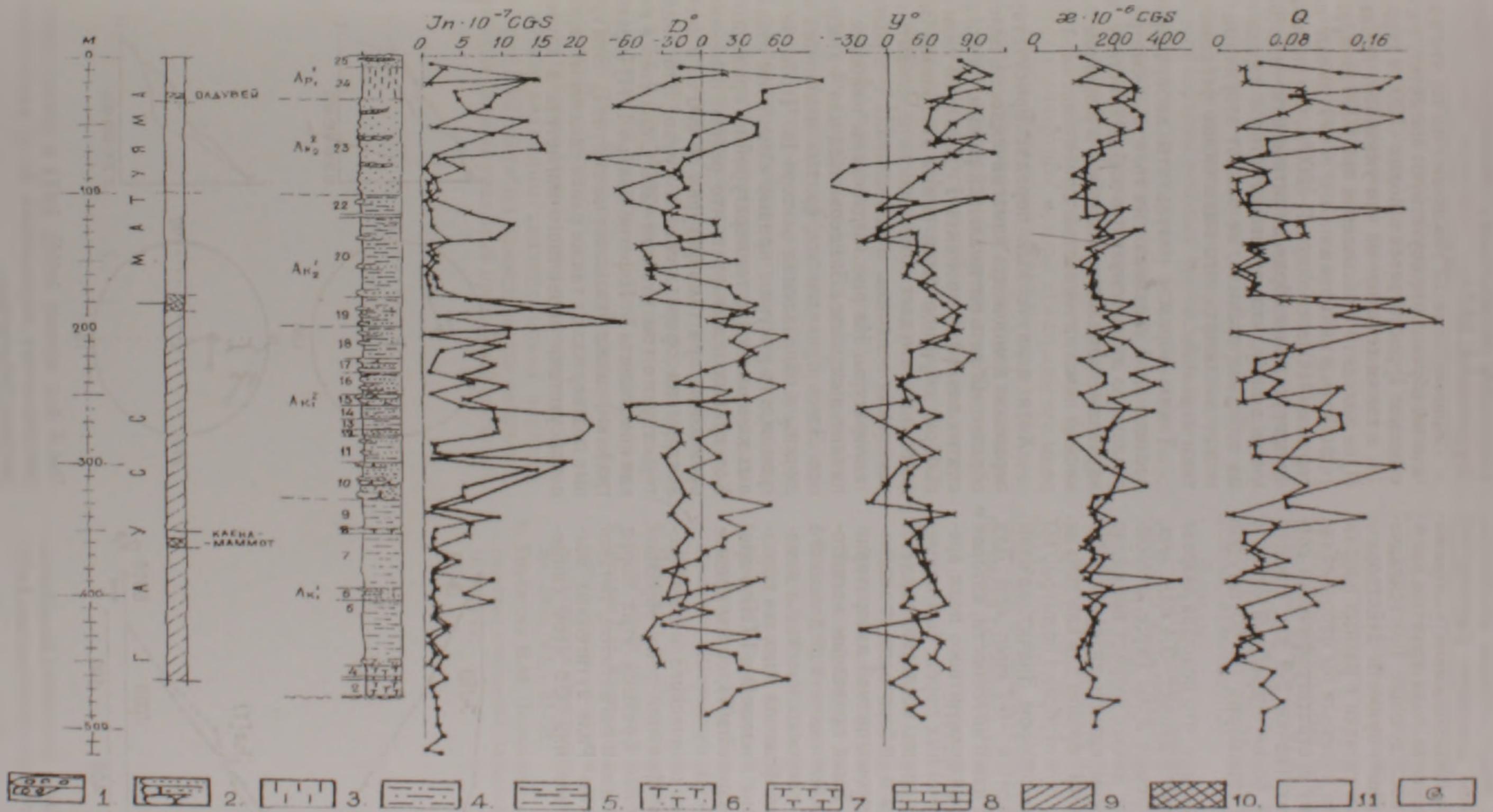


Рис 1 Палеомагнитно- литологические характеристики разреза 3ау

1-конгломераты, 2-пески и песчаники, 3-суглинки; 4-алевролиты; 5-глины, 6-карбонат алевролиты, 7- карбонат глины; 8-известняки, 9- прямая полярность, 10- промеш. полярность, 11- обрат полярность; 12- фауна моллюсков.

Если картина изменения геомагнитного поля в северном и южном крыле складки получается идентичной, мы имеем основание считать, что вышли на первичную намагниченность, отражающую реальное изменение поля времени осадочной породы, т.к. последующие (постскладчатые) перематничивающие приметы действовали бы на разных крыльях складки в разных направлениях и существенно исказили бы направление первичной  $I_n$ . Поэтому в стратиграфически совпадающих интервалах (пачки 5-9 для южного крыла) был проведен более подробный отбор с интервалом 2-2,5 м (примерно по 60 штучков на каждый разрез).

Принимая во внимание, что подошва разреза (подошва акчагыла) имеет возраст ~3,4 млн. лет, что соответствует подошве зоны Гаусс, а горизонты Каен и Маммот имеют возраст примерно 3 млн. лет, то мы можем оценить интервал отбора ~400 тыс. лет. Таким образом для каждого из разрезов на 400 тыс. лет отобрано примерно 60 образцов равномерным отбором. Значит, на один уровень отбора приходится ~6-7 тыс. лет. Для выделения первичной намагниченности, которая отражает направление геомагнитного поля времени образования изученных пород, был применен комплекс лабораторных исследований. Исследования проведены в лаборатории геомагнетизма г. Гюмри и в палеомагнитной лаборатории ГИН РАН в Москве. Были проведены магнитоминералогические исследования определенного количества образцов, микроскопические и химические анализы рудной фракции этих же образцов. Были сняты кривые насыщения  $I_r(H)$  и кривые терморазмагничивания  $I_{rs}(T)$ , сняты кривые Зийдервильда (рис. 2 и 3).

Результаты микроскопического и химического анализов рудной фракции этих образцов показали, что магнитная фракция этих пород представлена аллотигенным магнетитом, титаномагнетитом и гематитом. Роль аутигенных магнитных минералов невелика. Об этом свиде-

тельствуют также результаты лабораторных исследований акчагыльских отложений Западной Туркмении [1,6].

Кривые на рис. 2 указывают на то, что в изученных образцах присутствуют магнетит, т.к. насыщение  $I_n$  достигается в полях ~5000 э (кривая 1), а также гематит, на что указывает кривая 2 ( $I_n$  не выходит на насыщение при 6000 э). Кривые терморазмагничивания (3 и 4-ое) имеют повторяющийся перегиб при  $T \sim 200^\circ\text{C}$ , что указывает на присутствие в образцах титаномагнетита. Если иметь в виду, что титаномагнетит в породе сам по себе, как правило, не бывает вторичным, то можно заключить, что выделенные ферромагнетики первичны.

Таким образом результаты лабораторных исследований указывают на то, что, несмотря на различную литологическую характеристику, все изученные комплексы обладают в основном первичной намагниченностью ориентационной природы.

Хотя в изученных породах присутствует первичная компонента намагниченности, целесообразно выбрать оптимальный режим чистки для снятия вязкой компоненты  $I_n$ . Для этой цели на выборке образцов были сняты диаграммы Зийдервильда, что дает возможность проследить ход изменения величины и направления  $I_n$  с ростом температуры. На рис. 3 приведены наиболее типичные диаграммы Зийдервильда для 4-х образцов. Здесь приведен ход кривых изменения величины и направления вектора  $I_n$ . Чтобы не загромождать рисунок, кривые изменения отдельных компонент  $I_n$  с температурой не приводятся. Ход кривых показывает, что резкие изменения происходят при температурах до  $200^\circ\text{C}$ , а затем векторы на сфере ложатся кучно. Это свидетельствует о том, что при  $\sim 200^\circ\text{C}$  снимается вязкая компонента  $I_n$ . Перегиб кривых  $I_n(H)$  (правые графики) также указывает на снятие  $I_n$ . Эти кривые подтверждают также ранее сделанный вывод о присутствии первичного магнетита в изучен-

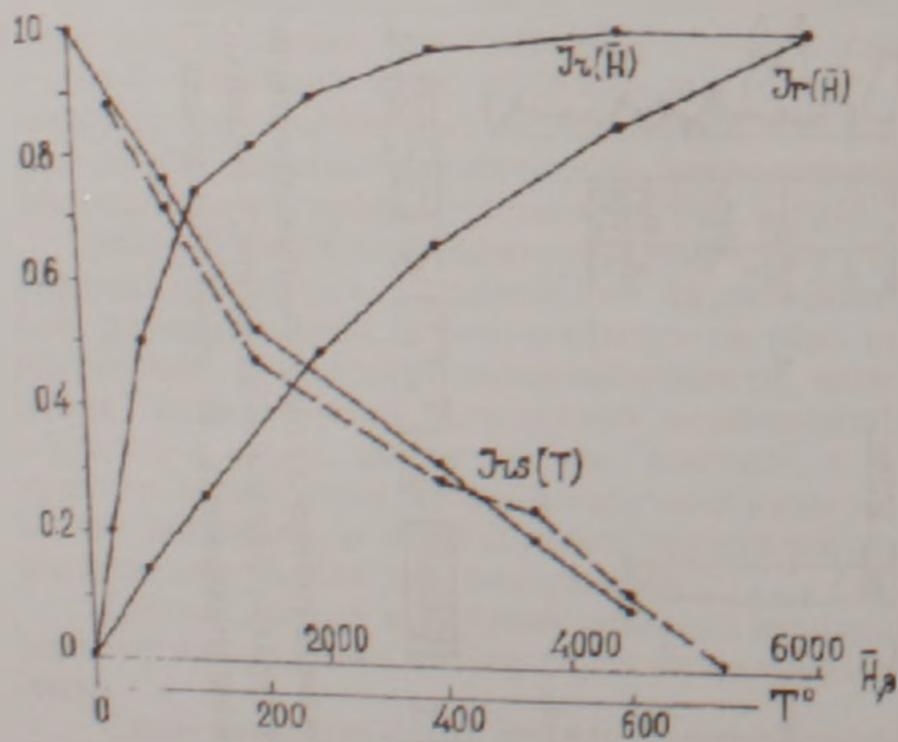


Рис. 2. Характерные кривые насыщения намагниченности  $I_r(H)$  и кривые терморазмагничивания  $I_{rs}(T)$ .

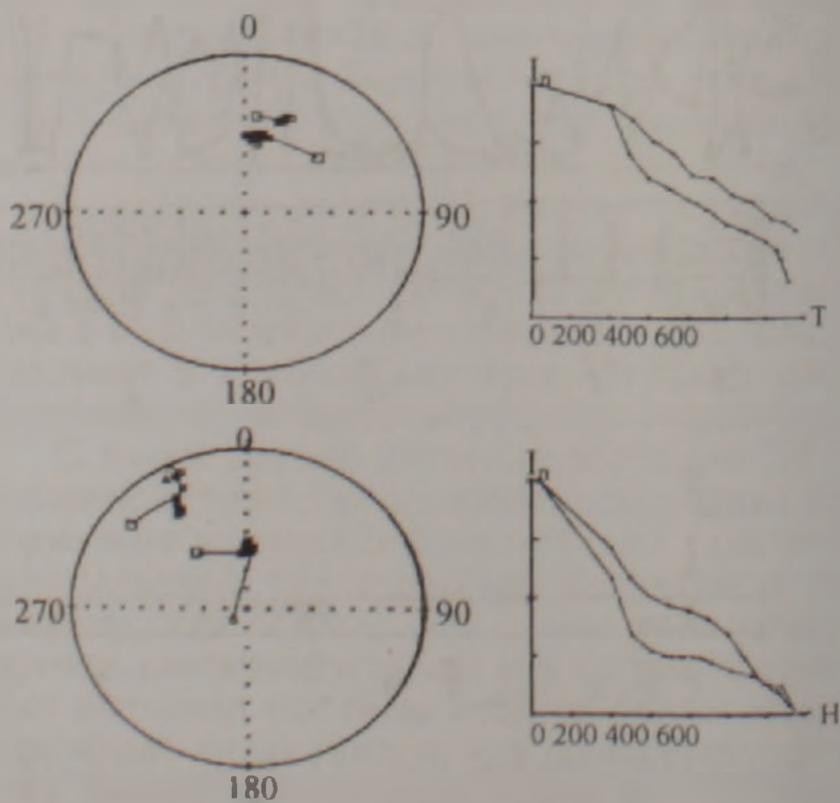


Рис. 3. Ход кривых  $I_n(H)$ ,  $I_n(T)$  и стереограммы распределения направлений  $I_n$  по результатам диаграмм Зийдервильда.

Разрез	I <sub>n</sub>	D	j
Северное крыло	42-49 тыс. лет	42-49 тыс. лет	42-49 тыс. лет
	18-28 тыс. лет	24-28 тыс. лет	12-28 тыс. лет
Южное крыло	42-49 тыс. лет	42-49 тыс. лет	42-49 тыс. лет 24-35 тыс. лет

Как видно из таблицы, доминирующими квазипериодическими компонентами являются  $T \sim 46$  тыс. лет и 25-30 тыс. лет. Второй из двух названных периодов был обнаружен также в периодах плейстоцена р Арапи (Ширакская котловина, Армения) [3].

Выводы:

1. Полученные данные говорят в пользу реальности выделения SV в изученных породах.

2. Выделенные периоды SV в разных регионах (Туркменистан, Армения) сопоставимы.

3. Установленный период SV в акчагыле в 25-30 тыс. лет может послужить еще одним доказательством того, что спектр основных вариаций является устойчивой характеристикой процесса генерации геомагнитного поля.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гурарий Г.З., Багин А.В., Гарбузенко М.Ю., Решетняк В.М., Трубихин В.М. Вариации геомагнитного поля до и после инверсии Матуяма-Харамильо (Западная Туркмения). *Физика Земли*, 2000, №7, с.31-42.
2. Калягин Д.К., Решетняк М.Ю., Печерский Д.М., Соколов Д.Д., Фик П.Г. Вейвлет — анализ геомагнитного поля в неогене. *Физика Земли*, 2000, №4, с.82-89.
3. Нечаева Т.Б., Петрова Г.Н., Варланиян А.А. Вековые вариации в плейстоцене на осадочных породах Армении (Ширакская котловина). *Физика Земли*, 1996, №8, с.33-34.
4. Петрова Г.Н. Циклические изменения магнитного поля Земли. *Физика Земли*, 2002, №5, с.5-15.
5. Петрова Г.Н. Взаимосвязь изменений магнитного момента Земли, экскурсов, вековых вариаций основного спектра и крутильных колебаний. *Физика Земли*, 2000, №1, с.23-32.
6. Трубихин В.М. Палеомагнетизм и стратиграфия акчагыльских отложений Западной Туркмении. М. Наука, 1977, с.1-77.

ных отложениях акчагыла.

Результаты вышеуказанных лабораторных исследований позволяют принять метод температурной чистки ( $T = 200^\circ\text{C}$ ) как пригодный к применению для всей коллекции, что дает возможность получить предварительную картину изменения направления геомагнитного поля, запечатленного вдоль разреза Зау.

На рис. 1 представлены графики  $I_n$ ,  $\chi$ ,  $Q$ ,  $D$ ,  $j$  после температурной чистки  $T = 200^\circ\text{C}$  для северного и южного крыльев складки. Характер изменения почти всех палеомагнитных параметров одинаков, что говорит в пользу выхода на первичную намагниченность и о реальности получения картины вековых вариаций в акчагыле. Эти данные могут послужить исходными для того, чтобы выявить наличие периодических изменений параметров геомагнитного поля.

Как известно, для выделения временных гармоник в "записях" геомагнитного поля применяются стандартные методы спектрального анализа (метод Фурье, метод МЭМ и др.). Но все эти методы, строго говоря, пригодны в основном для анализа стационарных процессов. Поскольку нет достаточных оснований считать геомагнитные изменения с характерным временем до  $\sim 10^5$  лет стационарным процессом во времени, то использование традиционных методов спектрального анализа в этом случае не вполне корректно. Поэтому был применен метод вейвлет-анализа, который позволяет эффективно проследить эволюцию спектров во времени [2]. Данный метод позволяет рассматривать временные последовательности с известными пропусками в данных, что часто встречается при построении палеомагнитных рядов (перерывы в процессе осадконакопления, размывы, рыхлые породы в разрезе и т.д.). При применении этого метода полученные спектры являются более гладкими, чем спектры Фурье. В них подавлены кратные и комбинационные частоты.

В результате применения этого метода были получены величины квазипериодов вековых вариаций ГМП. В табл. 1 приведены эти величины, перечисленные на реальный временной масштаб.

ԵՐԿՐԻ ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆ ԴԱՇՏԻ ՊԱԼԵՈԴԱՐԱՅԻՆ ՎԱՐԻԱՑԱՆԵՐԻ  
ԲԱՑԱՀԱՅՏՄԱՆ ՄԻ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ  
ՄԱՏՈՒՅԱՄԱ ԴԱՐԱՇՐՋԱՆՈՒՄ

Հ. Ա. Վարդանյան, Ջ. Հ. Մինասյան, Տ. Բ. Նեչայևա

Ա մ փ ո փ ու մ

Մոտ 500 մ հզորություն ունեցող նստվածքային ապարների լաբորատոր ուսումնասիրությունների արդյունքում որոշվել է նրանց սկզբնական մագնիսականության ուղղությունը, կազմվել են այդ ապարների հնէամագնիսական բնութագրերը:

Ուսումնասիրված նստվածքային ապարների մագնիսականության մեծության և ուղղության ( $I_0$ ,  $D$ ,  $j$ ) շարքերում առանձնացվել են Երկրի մագնիսական դաշտի SV վարիացիաների հետևյալ պարբերությունները.

1. 12-28 հազ. տարի  $I_0$ -ի և  $D$ -ի համար,

2. 24-35 հազ. տարի  $j$ -ի համար:

Այս արդյունքները համադրվում են Առափիի պլեյստոցենի հասակի նստվածքներում առանձնացված SV-ի պարբերությունների հետ:

Կատարված հետազոտությունները մեկ անգամ ևս ապացուցում են, որ վարիացիաների հիմնական սպեկտրը հանդիսանում է Երկրի մագնիսական դաշտի առաջացման պրոցեսի կայուն բնութագիր:

ON A POSSIBILITY TO IDENTIFY PALEO-SECULAR VARIATIONS  
OF GEOMAGNETIC FIELD IN THE MATUYAMA EPOCH

A. A. Vardanyan, D. O. Minasyan, and T. B. Nechayeva

Abstract

The paper considers a possibility of identifying SV geomagnetic field variations with  $10^2$ - $10^4$  years periods during the Matuyama Epoch based on paleomagnetic studies of the sedimentary rock section in Zau (the Republic of Turkmenistan). The obtained results can be correlated with SV variations of the same periods identified in sedimentary rocks of Armenia (the Arapi Section).

## О ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИНАХ СНИЖЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ВАНАДЗОРА ПРИ СПИТАКСКОМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ 1988 ГОДА

© 2003 г. Р. А. Атабекян

Северный департамент агентства "Национальная служба сейсмической защиты" УЧС РА  
377510, Гюмри, ул. В. Саркисяна, 5а, Республика Армения  
Поступила в редакцию 01.03.2003 г

На основе фактических материалов, накопленных в результате многолетних исследований в зоне влияния Спитакского землетрясения 1988г, сделана попытка определения основных факторов, влияющих на проявление интенсивности землетрясений на территории гор. Ванадзора. К числу таких факторов относятся сейсмо-тектонические, геоморфологические и грунтовые условия

О последствиях Спитакского землетрясения 1988г. написано достаточно много. Однако, вопросы значительного отличия ущерба в населенных пунктах, расположенных примерно на одинаковых расстояниях от эпицентральной зоны (зона афтершоков и сейсмогенный разрыв, рис.1), в частности в гг. Ванадзор, Гюмри, и по сей день требуют дополнительных исследований. На основании материалов публикаций и многолетних исследований, проведенных нами в зоне влияния Спитакского землетрясения, сделана попытка уточнения основных факторов, влияющих на проявление интенсивности землетрясений в пределах г. Ванадзора.

Спитакское землетрясение 1988г. с магнитудой 7,0 [2,3,10,12.] имело мультиплетный характер. В течение около 25 с. проявились минимум три субочага. По сейсмограммам определены координаты первого толчка:  $40,996^{\circ}$  с.ш. и  $44,197^{\circ}$  в.д. [8,10,12]. Второй толчок выявился к юго-востоку, а третий к северо-западу от первого толчка. Образованный сейсмогенный взброс-сдвиг берет начало от села Аллавар, расположенного в 9-10 км от г. Ванадзора, и протягивается почти на 35 км. к северо-западу до с. Дзорашен. В общей сложности эпицентральной зона расположена между гг. Ванадзор и Гюмри, ближе к г. Ванадзору (рис.1). Однако, здесь по сравнению с г. Гюмри имели место малые разрушения. При этом в г. Ванадзоре все разрушенные и сильно поврежденные здания были расположены на площадках с неблагоприятными инженерно-геологическими условиями, на грунтах третьей категории или на склонах с общим уклоном более  $8^{\circ}$  [1,10,12].

Сравнительно малый ущерб в пределах г. Ванадзора, при близости эпицентральной зоны, на наш взгляд, обусловлен следующими основными факторами:

1. *Сеймотектонические условия* рассматриваемого района обусловлены рядом глубинных региональных и местных разломов. В районе исследования решающую роль играет Базум-Севанский глубинный разлом. Зона Базум-Севанского разлома представлена системой разрывных нарушений, проникающих до поверхности Мохо на глубине 40-45 км [3,5,10]. Согласно [3] г. Ва-

надзор расположен внутри зоны Памбак-Севан-Сюникского активного разлома (ограничение разломами по обоим бортам долины, в которой находится город (рис.1,2)). В районе исследования выделяется также Арарат-Спитак-Калининский субмеридиональный разлом [5], который практически ограничивает сейсмогенный разрыв у села Аллавар, юго-западнее г. Ванадзора. Территорию города пересекает один из протяженных разломов Севано-Ширакского синклинория – Памбак-Дзкнагетский разлом [10]. Отметим, что в пределах г. Ванадзора признаки активизации тектонических нарушений не наблюдались.

Еще в 1974г. было высказано предположение [6] о значительном влиянии различных нарушений, расположенных на пути сейсмического луча, на интенсивность проявления землетрясений в сторону уменьшения. По-видимому, при Спитакском землетрясении упомянутые выше разломы сыграли роль экрана (преграды) на пути сейсмических волн и привели к уменьшению интенсивности сейсмических колебаний в пределах г. Ванадзора.

2. *Геоморфологические условия* территории города Ванадзора характеризуются разнообразием и сложностью. Котловина, где расположен город, входит в Севано-Ширакскую зону высокой контрастности новейших движений. Она к западу сужается и у с. Дарпас ее ширина составляет менее одного километра. С южной стороны к городу примыкают северные, в основном пологие, лесистые склоны отрогов Памбакского хребта. С северной стороны территория центральной части города ограничена южными, крутыми, местами отвесными, скалистыми склонами Базумского хребта. У основания упомянутых хребтов, в устьях притоков р. Памбак, распространяются мощные конусы выноса, представленные делювиально-пролювиальными отложениями. На территории города долина р. Памбак занимает центральное положение и представлена руслом, поймой, надпойменной террасой и четко оконтуривается уступами второй надпойменной террасы высотой бровки 6-10 м [10]. Ширина долины составляет до 1,6 км. На рис. 2 приведен характерный для г. Ванадзора схематический инженерно-геологический разрез, в соответствии

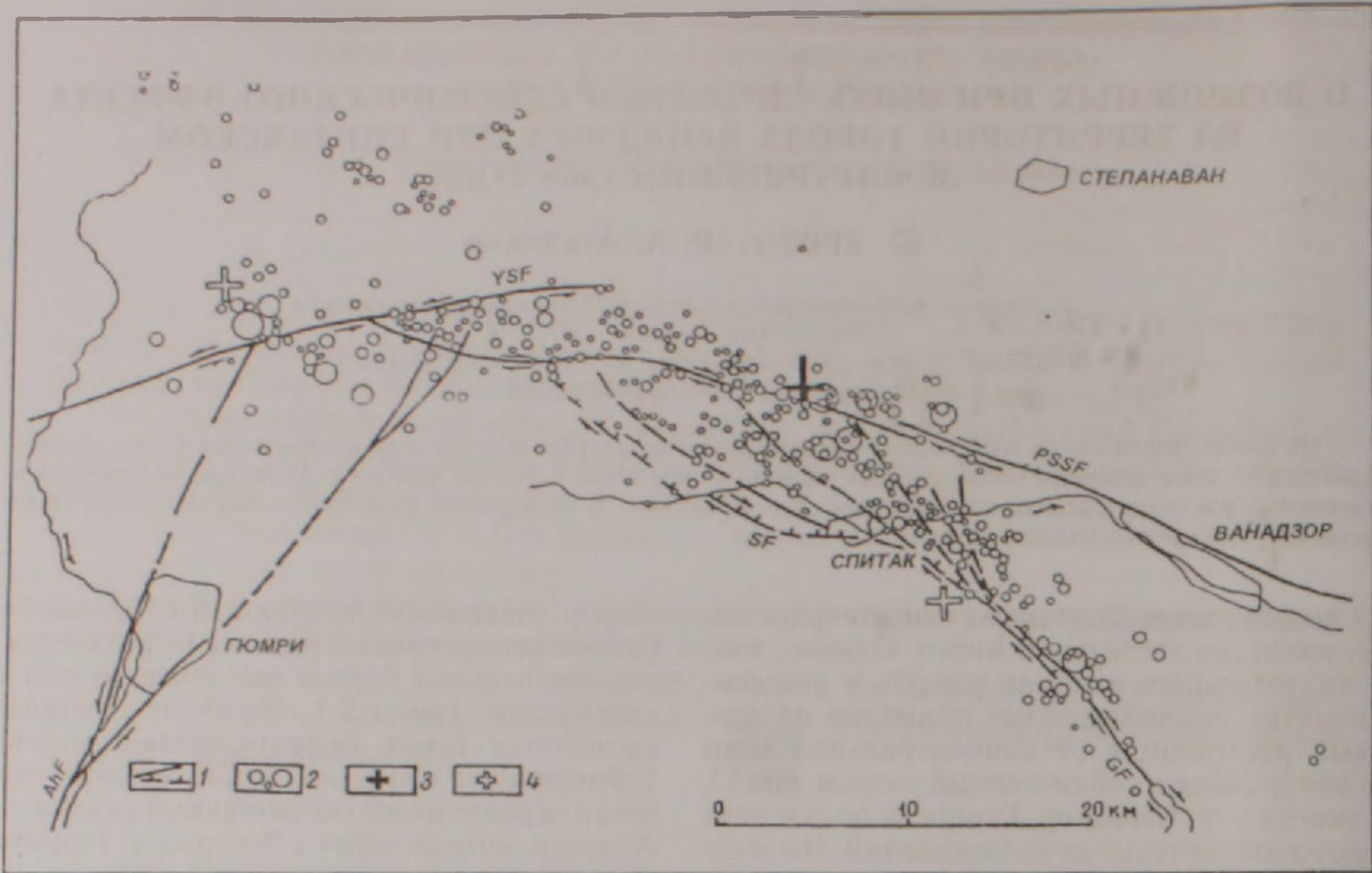


Рис 1 Карта глубинных разломов северо-западной части Армении и эпицентры землетрясений [3] 1 – активные разломы и нарушения, 2 – эпицентры афтершоков; 3 – эпицентр главного удара, 4 – субочаги

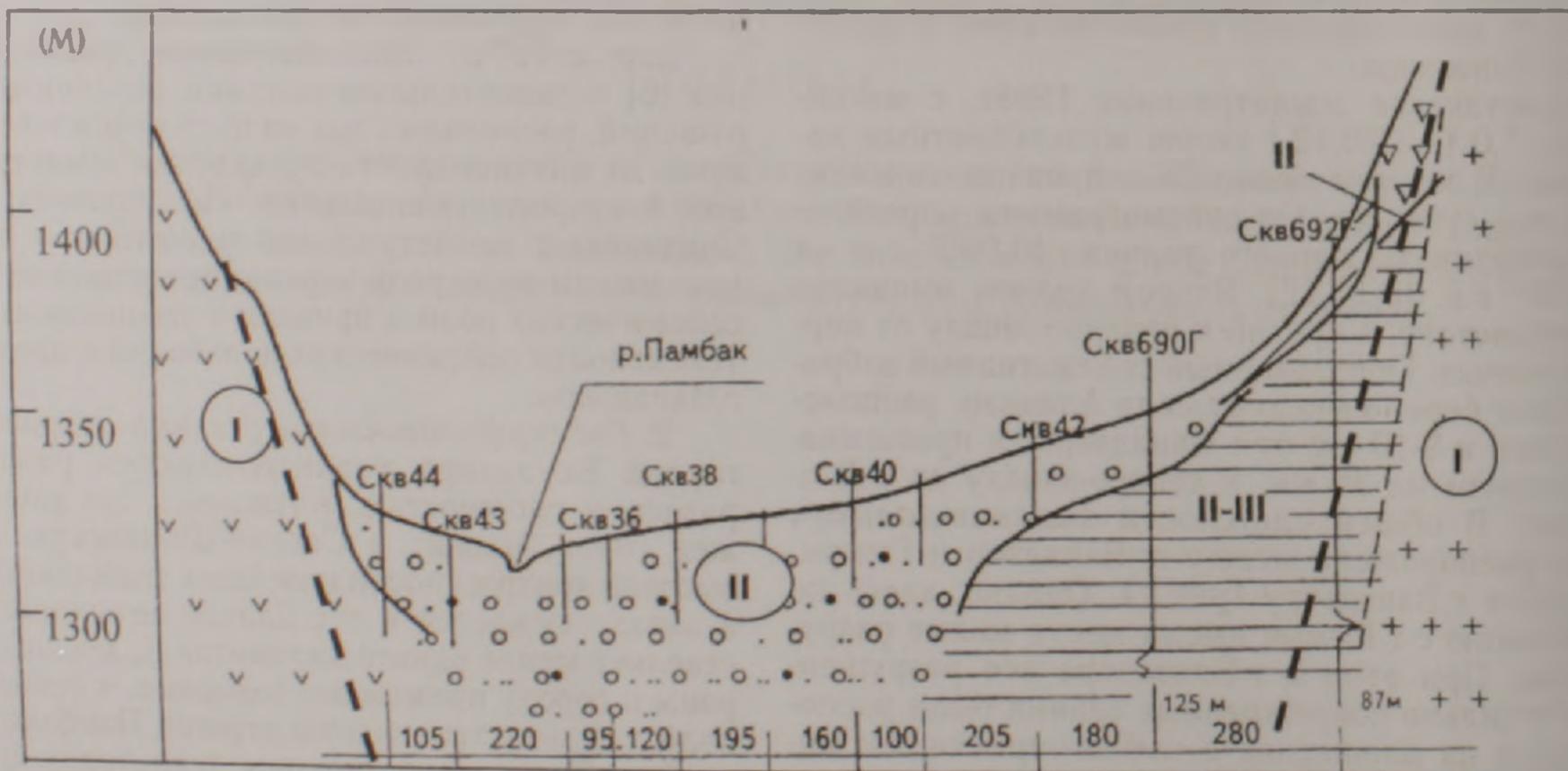


Рис 2 Схематический инженерно-геологический разрез центральной части территории г. Ванадзора (по направлению север-юг) (составлен автором). Усл. обозн. ① – категория грунтов по сейсмическим свойствам; - - - - - глубинные разломы

с которым территория города расположена у основания горных сооружений, и на фоне общего геологического строения района территория города представляется как вогнутая форма рельефа, приводящая к снижению уровня сейсмического воздействия по сравнению с горизонтальной свободной поверхностью, которую имеем в г. Гюмри. Известно [4, 11], что в условиях сложного рельефа энергия сейсмических волн концентрируется

в верхних частях горных сооружений, бортов каньонов и узких долин. Это явление было замечено, например, в Сан-Фернандо в 1971 г. [11].

В пользу сказанного свидетельствуют результаты макросейсмических обследований и зарегистрированных землетрясений. Значительная часть разрушений в г. Ванадзоре имела место севернее Ширакского шоссе, на возвышенном склоне общим уклоном  $8...9^\circ$ . Здесь, из 35 камен-

ных четырехэтажных зданий, возведенных на крупнообломочных грунтах, были разрушены или снесены 29 [1]. В табл.2 имеются данные двух землетрясений – 16.12.90г, (М5,2) и 25.10.98г (М4,2), зарегистрированных в пунктах "Ванадзор" и "Карадзор". Станция "Карадзор" расположена на возвышенном склоне Памбакского хребта, на расстоянии 15–17 км от пункта "Ванадзор". Здесь значения максимальных ускорений соответственно в 1,73 и 1,52 раза больше, чем в пункте "Ванадзор".

3. *Грунтовые условия* территории г.Ванадзора достаточно изучены. Территория представлена комплексом коренной основы вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород, которые на склонах Базумского и Памбакского хребтов и в долинах рек Памбак, Тандзут и Базум перекрываются чехлом четвертичных склоновых, речных и озерно-речных отложений. Широкое распространение имеют делювиальные отложения, мощность которых составляет от нескольких до 25 м. Они в основном представлены щебнем и дресвой с супесчано-суглинистым заполнителем. Встречаются участки, сложенные суглинистыми и супесчаными грунтами, с содержанием 10–15 % среднеобломочного материала. Значительное распространение имеют делювиально-пролювиальные образования в западной части г.Ванадзора, по пологим склонам гор. Они представлены разнообразным обломочным материалом с супесчано-суглинистым заполнителем. Рыхлые образования речных долин сложены аллювиальными отложениями разной мощности. По своему составу в большей части аллювиальные отложения представлены как крупнообломочные грунты мощностью до 20 м. По сейсмическим свойствам рыхлые, нескальные грунты в основном относятся ко второй категории, что подтверждается результатами измерений скоростей прохождения сейсмических волн ( $C_s > 500$  м/с). В городе имеются участки, сложенные грунтами третьей категории. Например, территория завода прецизионных станков (в микрорайоне 5) представлена тугопластичными и мягкопластичными суглинками мощностью более 15 м, с коэффициентом пористости  $e > 0,9$  и  $C_s = 360...380$  м/с. Здесь, по макросейсмическим данным (табл.1), имело место увеличение сейсмического воздействия около одного балла по шкале MSK-64 ( $d=2,89, 3,97$  и  $2,33$  соответственно для зданий типов АII, Б и В), что соответствует рекомендациям старых норм сейсмостойкого строительства (СНиП II-7-81).

Характерное инженерно-геологическое строение центральной части города отражено на рис 2. Здесь выделены отдельные инженерно – геологические элементы с указанием их категорий по сейсмическим свойствам в зависимости от типа грунтов и их мощности.

Еще в 70-х годах Пучков С.В. [7] доказал, что энергия землетрясения, определяемая предельными разрушающими напряжениями горных пород,  $\sigma_{пр} = \rho \cdot V \cdot C_p \cdot \rho$  ( $\sigma$  – напряжение в породе при прохождении сейсмических волн,  $V$  – скорость колебания,  $\rho$  – плотность), может увеличиваться до определенного предела. По инструментальным данным, энергия Спитакского землетрясения составляет  $10^{22}$  эрг. Она связана с плотностью потока энергии ( $F_0 = V^2 \cdot C_p \cdot \rho$ ) следующей формулой:  $E = \int_S \int_T F_0 dS dT$ . Для ограниченной территории принято  $E = F_0 \cdot S \cdot T$ . Попробуем оценить интенсивность Спитакского землетрясения с магнитудой 7,0 ( $E = 10^{22}$  эрг =  $10^{16}$  кГ.см). В эпицентральной зоне, при глубине очага 10 км, имеем  $S = 2\pi R^2 = 6,28 \cdot 10^2$  км<sup>2</sup> =  $6,28 \cdot 10^{12}$  см<sup>2</sup>. Продолжительность записи основного удара в ближней зоне  $T = 24$  с (по записи Ашоцкой инженерно-сейсмометрической станции). Тогда плотность потока энергии составляет:

$$F_0 = E / S \cdot T = 10^{16} \text{ кГ.см} / (6,28 \cdot 10^{12} \text{ см}^2 \cdot 24 \text{ с}) = 66,7 \text{ кГ} / \text{см.с.}$$

Для поверхностных скальных грунтов нами получено  $C_s = 2,6$  км/с и  $\rho = 2,5 \text{ т} / \text{м}^3 = 2,5 \cdot 10^{-6}$  кГ.с<sup>2</sup>/см<sup>4</sup>. Из  $F_0 = V^2 \cdot C_s \cdot \rho$  получим:

$$V_{ск}^2 = F_0 / C_s \cdot \rho = 102,6 \text{ см}^2 / \text{с}^2,$$

$$V_{ск} = 10,1 \text{ см} / \text{с.}$$

Принимая, что плотность энергии не меняется, при переходе к рыхлым грунтам второй категории со средними значениями:  $C_{s,II} = 0,65$  км/с [9] и  $\rho = 2,0 \text{ т} / \text{м}^3$  получаем:

$$F_0 = V_{ск}^2 \cdot 2,6 \cdot 2,5 = V_{рых}^2 \cdot 0,65 \cdot 2,0 \text{ откуда}$$

$$V_{рых} = V_{II} = 2,23 V_{ск} = 2,23 \cdot 10,1 = 22,5 \text{ см} / \text{с.}$$

$$(K_0^{II} = 2,23).$$

Соответственно, при переходе от грунтов второй категории к грунтам третьей категории ( $C_{s,III} = 0,35$  км/с. [9] и  $\rho = 1,75 \text{ т} / \text{м}^3$ ) имеем:

$$F_0 = V_{II}^2 \cdot 0,65 \cdot 2,0 = V_{III}^2 \cdot 0,35 \cdot 1,75$$

$$\text{откуда } V_{III} = 1,46 V_{II} = 1,46 \cdot 22,5 = 33,0 \text{ см} / \text{с.}$$

$$(K_0^{III} = 1,46).$$

Таким образом, для грунтов I, II и III категории по сейсмическим свойствам соответственно получаются следующие значения скоростей грун-

Таблица 1

Статистика повреждений зданий в г.Ванадзоре при Спитакском землетрясении 1988г.

Тип зданий	Средняя степень повреждений по микрорайонам г.Ванадзора (MSK 64)												
	Мр 1	Мр 2	Мр 3	Мр 4	Мр 5	Мр 6	Мр 7	Мр 8	Мр 9	Мр 10	Мр 11	Мр 12	Мр 13
АII	2,04	2,0	2,07	2,25	2,89	2,0	2,07	2,0	2,09	2,02	2,02	–	2,03
Б	3,65	2,67	2,41	2,39	3,97	2,25	2,68	2,28	2,39	2,59	2,45	2,77	2,5
В	–	2,57	2,0	2,67	2,33	2,5	2,54	2,0	2,11	2,0	2,28	2,9	2,87

тов  $V_{CK} = V_I = 10,1$ ,  $V_{II} = 22,5$  и  $V_{III} = 33,0$  см/с. Это означает, что в соответствии с [9] интенсивность Спитакского землетрясения в эпицентре, на эталонных грунтах второй категории составляет до IX баллов, а на грунтах третьей категории – выше IX баллов по шкале MSK-64, что соответствует общепринятой оценке интенсивности в эпицентре [2,8,12]. Если для эталонных грунтов II категории принять  $K_0 = 1,0$ , то для грунтов III категории получается:  $K_0 = 1,46$ .

Таким образом, на грунтах III категории получается повышение фоновой интенсивности землетрясения в 1,46 раза, а по макросейсмическим данным – до одного балла по шкале MSK-64.

В отличие от территории г.Гюмри, сложенной высокопористыми грунтами мощностью в сотни метров, в г.Ванадзоре преобладают грунты второй категории по сейсмическим свойствам, которые можно считать эталонными для определения фоновой интенсивности землетрясения.

Таблица 2

Пиковые данные сейсмических станций "Гюмри", "Ванадзор" и "Карадзор", расположенных примерно на одинаковых расстояниях от эпицентров приведенных землетрясений

Дата	M	Ускорения (см/с <sup>2</sup> )			Скорости (см/с)			Смещения (см)		
		Гюмри	Ванадзор	Кар	Гюмри	Ванадзор	Кар	Гюмри	Ванадзор	Кар
12 90	5,2	10,7	8,5	14,7	1,2	0,4	0,5	0,31	0,05	0,07
02 97	4,4	8,2	4,8	–	0,36	0,34	–	0,027	0,027	–
10 98	4,2	–	21,0	32,0	–	0,62	–	–	0,049	–
01 99	4,3	8,5	8,0	–	0,68	0,6	–	0,067	0,044	–
01.02	3,0	13,0	7,0	–	–	–	–	–	–	–
02 02	3,7	14,0	6,0	–	0,60	0,25	–	0,027	0,016	–

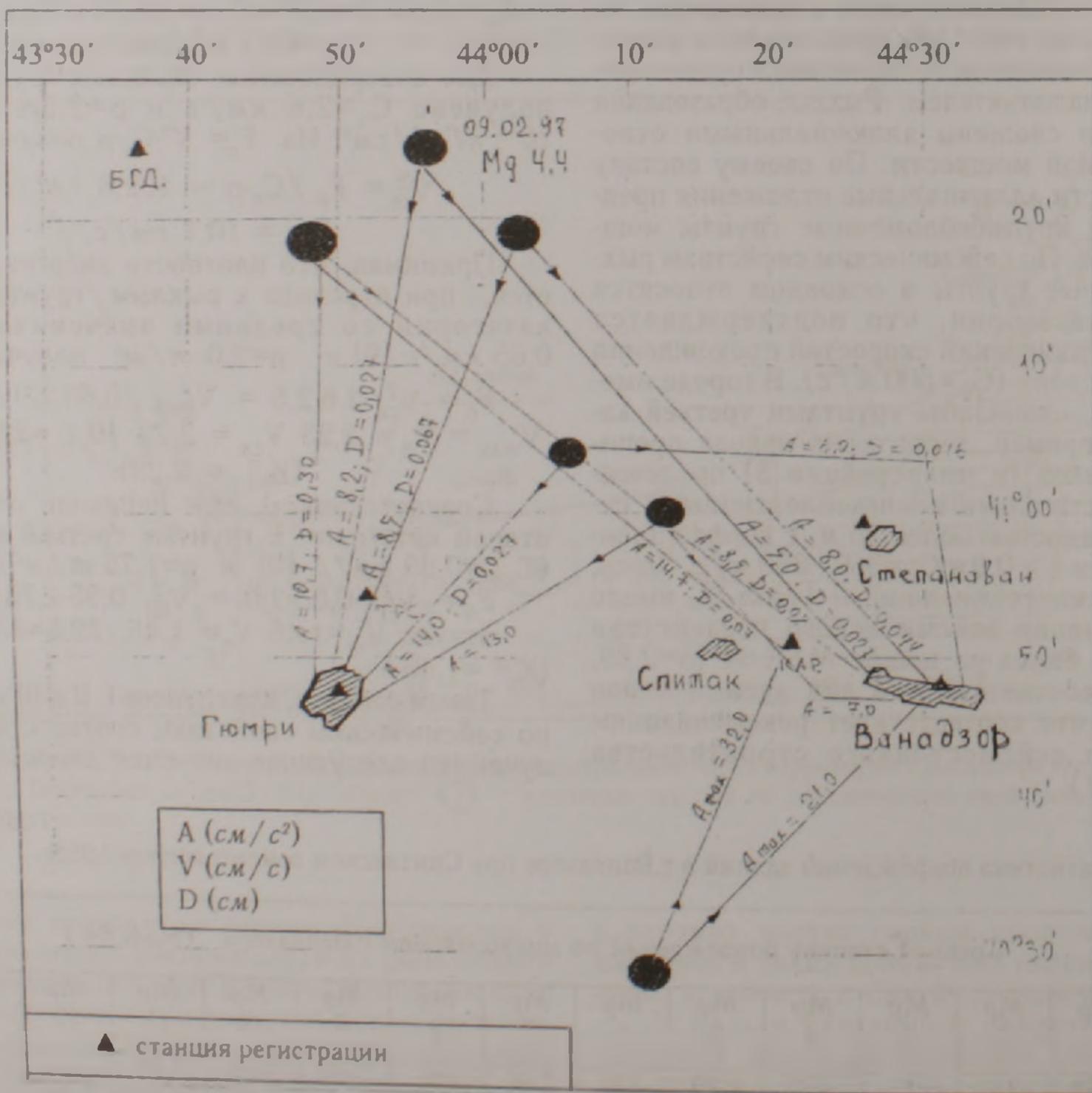


Рис 3. Эпицентры землетрясений, приведенных в табл.2.

Изложенные выше *сейсмотектонические, геоморфологические и грунтовые условия*, на наш взгляд, привели к сравнительно слабому проявлению интенсивности Спитакского землетрясения 1988г на территории г.Ванадзора. Это подтверждается также инструментальными данными. Рассмотрим значения максимальных ускорений, скоростей и смещений грунтов при землетрясениях, которые зарегистрированы станциями сильных движений "SMACH" в гг.Ванадзор и Гюмри. В табл.2 приведены основные показатели тех землетрясений, эпицентры которых расположены на приблизительно одинаковых расстояниях от упомянутых выше городов (рис.3).

В представленной табл.2 интенсивность проявлений землетрясений в пункте "Гюмри" по всем рассмотренным параметрам превышает данные пункта "Ванадзор" – по усредненным значениям ускорений в 1,73, скоростей в 1,88 и смещений в 2,60 раза. Приведенные данные также свидетельствуют о значительном влиянии указанных выше факторов на проявление интенсивности землетрясений в пределах г.Ванадзора.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Атабекян Р.А. Об оценке интенсивности Спитакского землетрясения 1988г. в г.Ванадзоре (Кировакан). Сейсмостойкое строительство. №4. М.: 1998, с.44-46.
2. Дарбинян С.С., Назаретян С.Н., Овсепян А.А. Об

- исходной сейсмичности территории г.Спитака. Докл. НАН РА, 1993, №3, с.154–159.
3. Караханян А.С. Активные разломы и сильные землетрясения Анатолийско-Иранского региона. Дисс. на соиск. уч. ст. докт. геол.-мин. наук, 1995.
4. Методические основы инженерно-геологических, гидрогеологических и сейсмологических изысканий в зоне бедствия Арм.ССР. АН СССР. Госстрой СССР и АрмССР. Ереван, 1989, 160 с.
5. Назаретян С.Н. Глубинные разломы территории Армянской ССР. Ереван. Изд. АН АрмССР. 1984. 136 с.
6. Назаров А.Г. Дарбинян С.С. Основы количественного определения интенсивности сильных землетрясений. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1974, 166 с.
7. Пучков С.В. Закономерности колебаний грунта при землетрясении. М.: Наука, 1974, 118 с.
8. Хачиян Э.Е. Прикладная сейсмология. Ереван: 2001, 309 с.
9. Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования, СНРА II-2.02-94, под. ред. Э.Хачияна и др. Ереван: 1995, 34 с.
10. Сейсмическое микрорайонирование территории г.Кировакана и р.ц Гугарк (научно-технический отчет), Арминжпроект, Ереван, 1989, 296 с.
11. Maley R.P. Cloud W.K. Strong-motion Accelerograph Records. Strong-motion instrumental Data in the San-Fernando Earthquake of February 9, 1971. California Institute of Technology and U.S. Department of Commerce, 1971.
12. SPITAK-88, Proceeding of international Seminar on Spitak-88 Earthquake, Sponsored by UNESCO, Yerevan, May 23-26, 1989, 503 p.

## ՎԱՆԱԶՈՐ ՔԱՂԱՔԻ ՏԱՐԱԾՔՈՒՄ 1988 ԹՎԻ ՍՊԻՏԱԿԻ ԵՐԿՐԱՇԱՐԺԻ ՆՎԱԶ ՀԵՏԵՎԱՆՔՆԵՐԻ ՀՆԱՐԱՎՈՐ ՊԱՏՃԱՌՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ռ. Ա. Արաբեկյան

Ա ն փ ո փ ու մ

Հոդվածը նվիրված է երկրաշարժերի ի հայտ եկող ուժգնությանը Վանաձոր քաղաքի տարածքում կախված տարածաշրջանի առանձնահատկություններից: Եղած բազմաթիվ ուսումնասիրությունների և Սպիտակի 1988թ. երկրաշարժի ազդեցության գոտում կատարած երկարամյա հետազոտությունների հիման վրա առանձնացված են երեք հիմնական գործոններ – սեյսմատեկտոնիկ, գեոմորֆալոգիական և գրունտային պայմանները: Մակրոսեյսմիկ տվյալները և հետագա գործիքային գրանցումները վկայում են Վանաձոր քաղաքի տարածքի սեյսմիկ “պասսիվության” մասին Սպիտակի 1988թ. երկրաշարժի ժամանակ:

## ABOUT THE POSSIBLE CAUSES OF DECREASING OF SEISMIC AFFECTS OF THE SPITAK EARTHQUAKE OF 1988 ON THE TERRITORY OF VANADZOR

R. A. Atabekyan

Abstract

On the basis of actual materials collected in the result of many years, research in the zone of influence of the 1988 earthquake of Spitak there has been made an attempt to define the main factors influencing on the intensity of the earthquake on the territory of Vanadzor. Some of the factors that have been identified are the seism tectonic, geomorphologic and ground conditions.

## МНОГОАЗИМУТАЛЬНОЕ КОМБИНИРОВАННОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ

© 2003 г. А. К. Матевосян

Институт геологических наук ИАН РА  
375019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения,  
E-mail: gamelk@sci.am  
Поступила в редакцию 9 09 2002 г.

В этой статье представлена методика электроразведочных исследований, включающая в себе элементы электрических (вертикального крестового или кругового и дипольного) зондирований и профилирования и названная многоазимутальным комбинированным электрическим зондированием (МАК-зондированием), позволяющая исследовать геоэлектрическую среду как с глубиной, так и по направлениям ориентации питающих электродов, кардинально повышая разрешающую способность и информативность измерений.

Предлагаемый способ электроразведочных исследований методами сопротивлений и вызванной поляризации (условно можно отнести к способам зондирования, несмотря на то, что включает в себе как элементы зондирования, так и профилирования) осуществляется путем использования радиально ориентированных от пункта наблюдений (центра зондирования), в котором определяются требуемые (в частности  $x$ - и  $y$ -) составляющие первичного и вторичного электрических полей, питающих линий (аналогично крес-

товому или круговому зондированию), но в отличие от них дополнительно проводятся измерения этих же составляющих при возбуждении электрического поля различными парами питающих электродов, не лежащими на одной прямой с центром зондирования.

Для обоснования эффективности предлагаемого способа геоэлектроразведки проведено математическое моделирование на трех разнотипных геоэлектрических моделях (рис.1):

модель 1 – вертикальный контакт двух

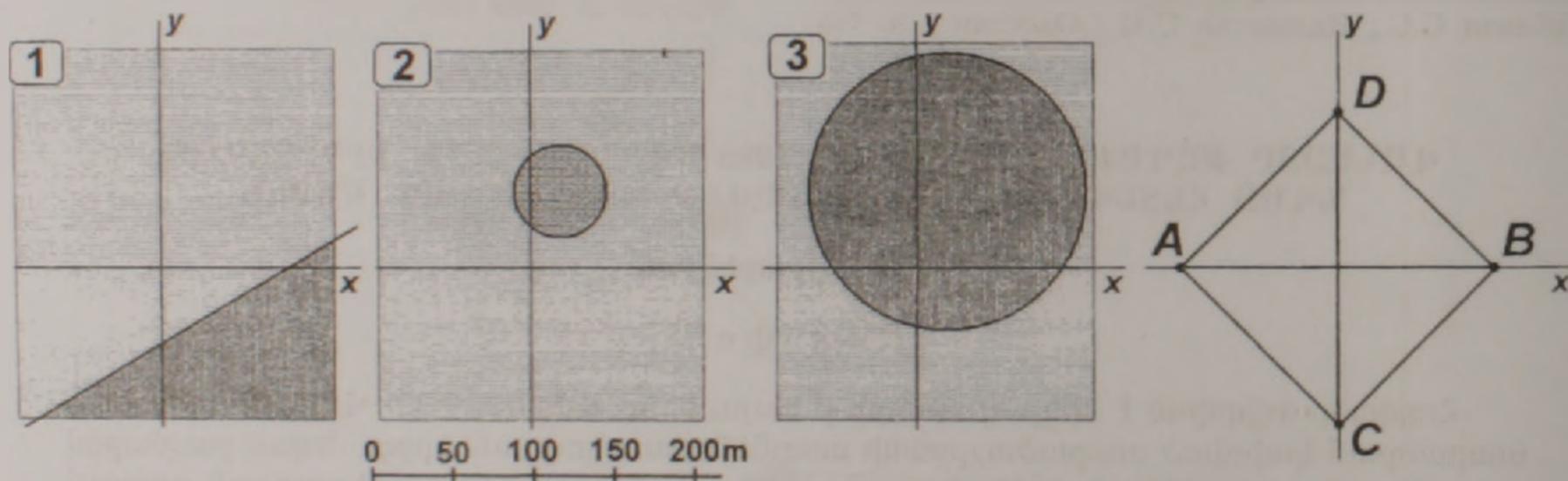


Рис.1 Геоэлектрические модели 1,2,3 и установка двухазимутального МАК-зондирования

однородных сред ( $\rho_1=10000\text{ м}\cdot\text{м}$ ,  $\eta_1=1\%$ ,  $\rho_2=1000\text{ м}\cdot\text{м}$ ,  $\eta_2=10\%$ );

модель 2 – однородная изотропная среда, содержащая полусферическую неоднородность ( $\rho_0=10000\text{ м}\cdot\text{м}$ ,  $\eta_0=1\%$ ,  $\rho_1=2000\text{ м}\cdot\text{м}$ ,  $\eta_1=10\%$ ,  $x_1=20\text{ м}$ ,  $y_1=50\text{ м}$ ,  $z_1=0$ ,  $r=30\text{ м}$  – координаты,  $r$  – радиус неоднородности);

модель 3 – однородная изотропная среда, содержащая сферическое тело ( $\rho_0=10000\text{ м}\cdot\text{м}$ ,  $\eta_0=1\%$ ,  $\rho_1=8000\text{ м}\cdot\text{м}$ ,  $\eta_1=20\%$ ,  $x_1=20\text{ м}$ ,  $y_1=50\text{ м}$ ,  $z_1=100\text{ м}$ ,  $r=90\text{ м}$  – координаты,  $r$  – радиус тела); в двух (двухазимутальной и трехазимутальной) модификациях МАК-зондирования. В данной статье рассмотрим наиболее простую модификацию МАК-зондирования – двухазимутально-крестовую (наподобие крестового зондирования), выполняемую с использованием четырех питающих электродов ( $A(-L,0)$ ,  $B(L,0)$  – ориентированных по оси  $x$  и  $C(0,-L)$ ,  $D(0,L)$  – по оси  $y$ , при полуразносе питающих линий  $L=1+10000\text{ м}$

с расстоянием от питающего электрода до центра зондирования, увеличивающемся в геометрической прогрессии со знаменателем  $\sqrt{2}$ ). При вычислениях принималось, что измерения первичного и вторичного электрических полей осуществлялись двумя взаимно перпендикулярными (ортогональными) приемными линиями (диполями, поскольку разносы питающих линий значительно превосходят размеры приемных линий), установленными в центре принятой системы координат  $XOY$  и ориентированными по направлениям осей  $x$  и  $y$ .

На рис.2 представлены кривые изменения  $\rho_s$  и  $\eta_s$  с полуразносом  $L$  при возбуждении электрического поля питающими линиями  $AB$  и  $CD$  на поверхности геоэлектрических моделей 1, 2, 3, построенные в двойном логарифмическом масштабе. Судя по этим кривым зондирования (способом, рассмотренным в [4] без построения круговых диаграмм  $\rho_s$  и  $\eta_s$ ), только при геоэлек-

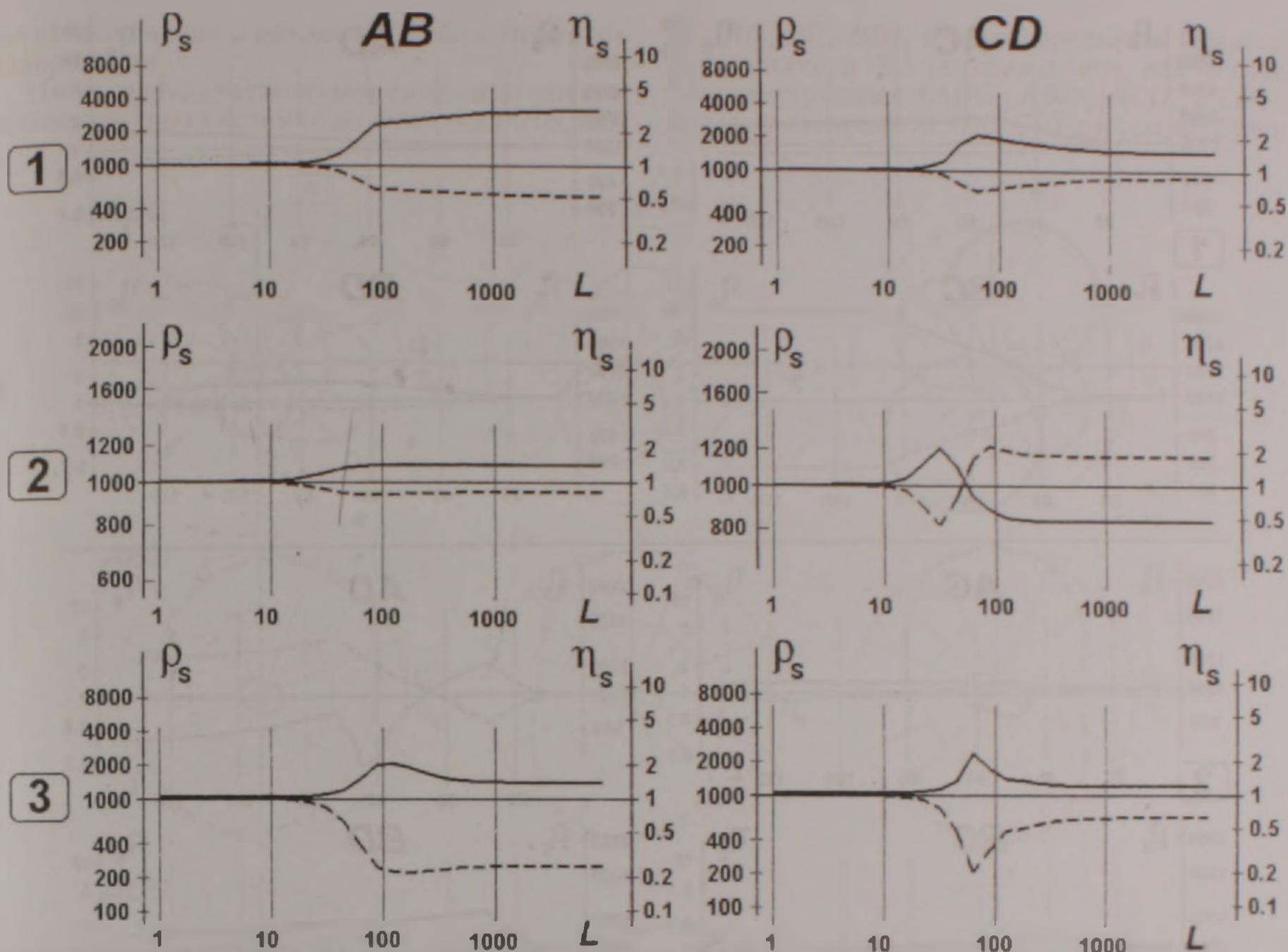


Рис 2 Кривые изменения  $\rho_s$  (пунктирная линия) и  $\eta_s$  (сплошная) с полуразносом  $L$  при возбуждении электрического поля питающими линиями  $AB$  и  $CD$  на поверхности геоэлектрических моделей 1, 2, 3, построенных в двойном логарифмическом масштабе.

трической модели 2 можно с уверенностью сказать об изменении электрических свойств (удельного электрического сопротивления и поляризуемости) в горизонтальном направлении (иными словами имеем дело не с горизонтально-слоистой средой). По приведенным зависимостям при существующей (общепринятой) методике интерпретации кривых вертикальных электрических зондирований [1,6] на моделях 1 и 3 можно пойти по неверному пути при интерпретации, т.е. рассмотрении этих сред как полого-слоистых. Если же построить круговые диаграммы  $\rho_s$  и  $\eta_s$  при системе возбуждения вращающегося электрического поля в центре зондирования  $AB-CD$ , то при исследовании всех трех моделей однозначно можно сказать о присутствии горизонтальной изменчивости электрических свойств, однако получить более полное представление о каждой модели невозможно.

С целью решения указанной задачи (исключения отмеченной неопределенности) необходимы результаты измерений в центре зондирования, не только при постоянном шаге изменения разносов питающих линий, выбираемом в зависимости от требуемой детальности исследований в интересующем интервале, но и при дополнительном возбуждении поля попарно питающими электродами, не находящимися на одной прямой с пунктом наблюдений ( $AC, AD, BC, BD$ ).

Кривые изменения  $\rho_s$  и  $\eta_s$  с полуразносом  $L$  при возбуждении электрического поля питающими линиями  $AC, AD, BC, BD$  на поверхности геоэлектрических моделей 1, 2, 3, построенные в полулогарифмическом масштабе, приведены на рис.3. На графиках  $\rho_s$  и  $\eta_s$  геоэлектрическая модель 1 проявляется нарушением плавного изменения (излом графиков) с увеличением разносов питающих линий при  $L$ , равном 50м ( $AC, BC, CD$ ) и 86м ( $AB, BC, BD$ ), что соответствует переходу питающих электродов  $C$  и  $B$ , соответственно, через вертикальную границу двух сред. Аналогичная картина (резкое изменение, перелом кривых) наблюдается и при исследовании модели 2, в процессе зондирования над которой питающий электрод  $D$  переходит через поверхностную неоднородность при  $L$ , равном 27 и 73м (двухэлектродные системы возбуждения  $AD, BD, CD$ ). При использовании остальных питающих линий ( $AB, AC, BC$  – не включающих электрод  $D$ ) кривые зондирования характеризуются монотонно незначительно изменяющейся формой, что при интерпретации сразу наводит на мысль: неоднородность поверхностная и пересекается только одним питающим электродом  $D$ . Результаты зондирования геоэлектрической модели 3 показывают, что наибольшему изменению подвергнуты кривые  $\rho_s$  и  $\eta_s$  при системе возбуждения  $BD$  и наименьшему –  $AC$ , непосредственно указывая

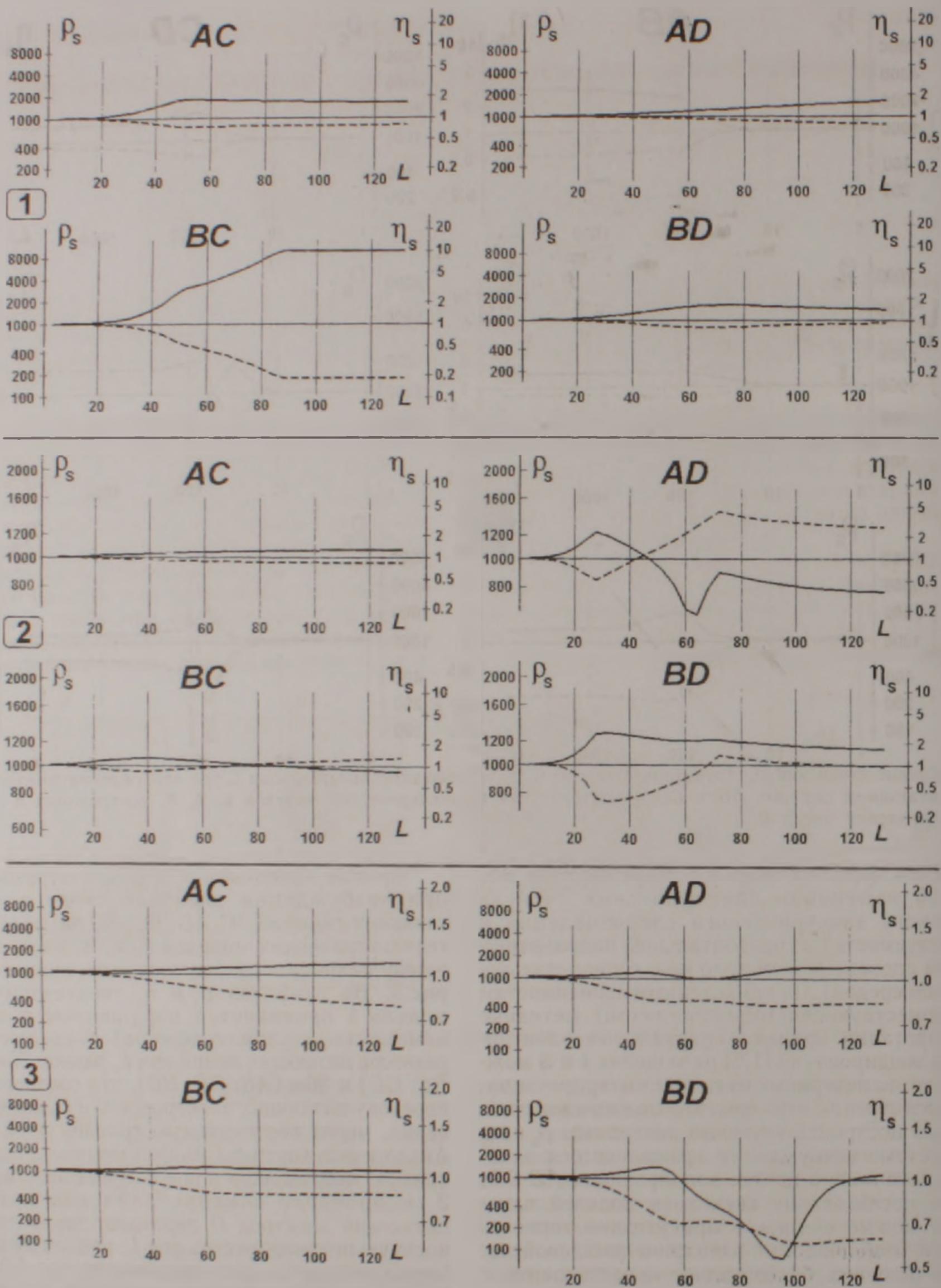


Рис 3 Кривые изменения  $\rho_s$  (пунктирная линия) и  $\eta_s$  (сплошная) с полуразносом  $L$  при возбуждении электрического поля питающими линиями AC, AD, BC, BD на поверхности геоэлектрических моделей 1, 2, 3, построенные в полулогарифмическом масштабе

на присутствие неоднородности в области прохождения электродов B и D (в первой четверти в принятой системе координат XOY). Однако на этих графиках не наблюдается их резкое изменение, типичное для моделей 1 и 2, что характерно присутствию погруженной (не

выходящей на дневную поверхность) электрической неоднородности. Заметим также, что при возбуждении поля питающей линией AC над моделью 3 прослеживается монотонно и хорошо выдержанное изменение  $\rho_s$  и  $\eta_s$ , которое является признаком того, что объект исследования

значительно велик и находится в области центра зондирования.

Имея результаты измерений при шести двухэлектродных системах возбуждения ( $AB, CD,$

$AC, AD, BC, BD$ ), можно определить (согласно выражениям в [2]) тензоры  $\rho_s$  и  $\eta_s$  для четырех трехэлектродных ( $ABC, ABD, ACD, BCD$ ) и четырехэлектродной ( $AB-CD$ ) систем возбужде-

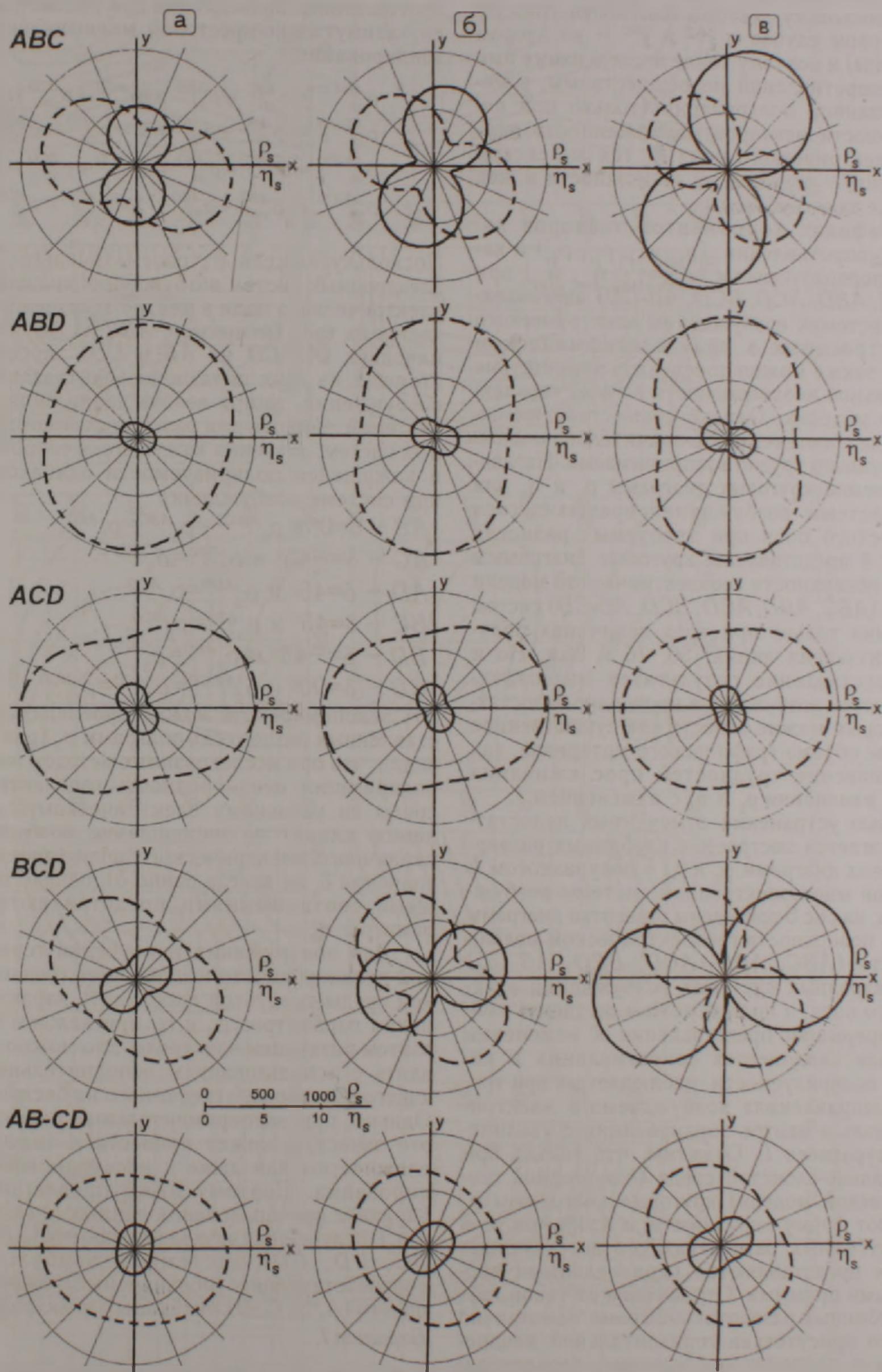


Рис 4. Круговые диаграммы  $\rho_s$  (пунктирная линия) и  $\eta_s$  (сплошная) на поверхности геоэлектрической модели I при пяти ( $ABC, ABD, ACD, BCD, AB-CD$ ) многоэлектродных системах возбуждения электрического поля для следующих величин полуразноса питающих линий (м): а - 56, б - 76, в - 96

ния вращающегося электрического поля в центре зондирования многоэлектродной установки  $ABCD$  (рассмотренной в [3,5]) Системы возбуждения  $AC-BD$  и  $AD-BC$  не позволяют вращать электрическое поле в центре зондирования (поскольку векторы плотности тока  $j^{AC}$  и  $j^{BD}$  в первом случае и  $j^{AD}$  и  $j^{BC}$  – во втором коллинеарны) и поэтому такие исследования ими методом сопротивлений не осуществимы, а методом вызванной поляризации (только при неколлинеарности векторов напряженности первичного электрического поля  $E_0$  тех же систем возбуждения) – ограничены возможности и, как правило, не целесообразны.

На графиках компонентов тензоров кажущегося сопротивления ( $\rho_{xx}, \rho_{xy}, \rho_{yx}, \rho_{yy}$ ) и кажущейся поляризуемости ( $\eta_{xx}, \eta_{xy}, \eta_{yx}, \eta_{yy}$ ) при пяти ( $ABC, ABD, ACD, BCD, AB-CD$ ) многоэлектродных системах возбуждения электрического поля, построенных в полулוגарифмическом масштабе, также можно проследить присутствие горизонтальной неоднородности во всех геоэлектрических моделях. Однако совместное их сопоставление с изменением  $L$  значительно осложнено и визуально трудно воспринимаемо. Нагляднее построение круговых диаграмм  $\rho_s$  и  $\eta_s$  для каждой системы возбуждения вращающегося электрического поля при требуемых разносах  $L$ . На рис.4 представлены круговые диаграммы  $\rho_s$  и  $\eta_s$  на поверхности геоэлектрической модели I для пяти ( $ABC, ABD, ACD, BCD, AB-CD$ ) систем возбуждения только при трех величинах полуразноса питающих линий: 56, 76 и 96м. Но и такое представление результатов многоэлектродных систем возбуждения не лишено недостатков, к которым можно отнести как существенное увеличение объема графического материала, так и возникновение трудностей прослеживания динамики изменения  $\rho_s$  и  $\eta_s$  с изменением  $L$ .

С целью устранения отмеченных недостатков предлагается построение глубинных разверток круговых диаграмм  $\rho_s$  и  $\eta_s$  с полуразносом  $L$  для каждой многоэлектродной системы возбуждения. Так, на рис.5 приведены развертки диаграмм  $\rho_s$  и  $\eta_s$  на поверхности геоэлектрической модели I при пяти ( $ABC, ABD, ACD, BCD, AB-CD$ ) многоэлектродных системах возбуждения электрического поля, и по ним можно составить полное и непрерывное представление об изменении параметров кажущегося сопротивления и кажущейся поляризуемости, наблюдаемых при требуемых направлениях возбуждаемого электрического поля в центре зондирования с увеличением полуразноса  $L$ . Отметим, что только при горизонтально-слоистой среде (одномерной геоэлектрической модели) круговые диаграммы  $\rho_s$  и  $\eta_s$  имеют форму окружности, а изолинии  $\rho_s$  и  $\eta_s$  на глубинных развертках соответствующих диаграмм представляются параллельными вертикальными прямыми. Отклонение от такой картины глубинных разверток диаграмм однозначно говорит о присутствии горизонтальной неоднородности в пределах исследуемой геоэлектрической среды. По этим разверткам диаграмм можно построить и кривые зондирования, полученные при каждой из двухэлектродных систем

возбуждения электрического поля, слагающей рассматриваемую многоэлектродную систему возбуждения.

Здесь следует представить соотношения между компонентами тензоров кажущегося сопротивления, справедливые при рассматриваемой двухазимутально-крестовой модификации МАК-зондирования:

$$\begin{aligned} \rho_{xx}^{AB-CD} &= \rho_{xx}^{ABC} = \rho_{xx}^{ABD} = (\rho_{xx}^{ACD} + \rho_{xx}^{BCD}) / 2, \\ \rho_{yy}^{AB-CD} &= (\rho_{yy}^{ABC} + \rho_{yy}^{ABD}) / 2 = \rho_{yy}^{ACD} = \rho_{yy}^{BCD}, \\ \rho_{yx}^{AB-CD} &= \rho_{yx}^{ABC} = \rho_{yx}^{ABD} = (\rho_{yx}^{ACD} + \rho_{yx}^{BCD}) / 2, \\ \rho_{xy}^{AB-CD} &= (\rho_{xy}^{ABC} + \rho_{xy}^{ABD}) / 2 = \rho_{xy}^{ACD} = \rho_{xy}^{BCD}. \end{aligned}$$

Поскольку каждая из рассматриваемых многоэлектродных систем возбуждения вращающегося электрического поля в центре зондирования складывается из трех (например,  $ABC$  из  $AB, AC$  и  $BC$ ) или двух ( $AB-CD$  из  $AB$  и  $CD$ ) простых (состоящих из двух питающих электродов) систем возбуждения, то при возбуждении поля простой системой – общей для различных многоэлектродных систем, значения кажущегося сопротивления и кажущейся поляризуемости одинаковы. Так, при системе возбуждения

$$\begin{aligned} AB - \delta=0^\circ & \text{ и } \rho_s^{AB-CD} = \rho_s^{ABC} = \rho_s^{ABD}, \\ AC - \delta=-45^\circ & \text{ и } \rho_s^{ABC} = \rho_s^{ABD}, \\ AD - \delta=45^\circ & \text{ и } \rho_s^{ABD} = \rho_s^{ACD}, \\ BC - \delta=45^\circ & \text{ и } \rho_s^{ABC} = \rho_s^{BCD}, \\ BD - \delta=-45^\circ & \text{ и } \rho_s^{ABD} = \rho_s^{BCD}, \\ CD - \delta=90^\circ & \text{ и } \rho_s^{AB-CD} = \rho_s^{ACD} = \rho_s^{BCD}. \end{aligned}$$

Эту закономерность можно проследить на представленных развертках диаграмм  $\rho_s$  (рис.5). Очевидно, что при исследованиях методом вызванной поляризации неоднородность геоэлектрической среды по удельному электрическому сопротивлению влияет на направление возбуждаемого первичного электрического поля (определяемое значение  $\delta$ , не всегда равно  $\delta$ ), однако аналогичными соотношениями представляются и параметры  $\eta_s$ .

Для обнаружения и изучения горизонтальной неоднородности исследуемой геоэлектрической среды требуется определить характер изменения параметров  $\rho_s$  и  $\eta_s$  при каждом отдельно взятом питающем электроде. Это можно осуществлять с использованием дополнительного питающего электрода, отнесенного на бесконечность. Однако, при экспериментальных исследованиях это зачастую может привести к значительным сложностям или даже к неосуществлению зондирования. Поэтому ниже предлагаются три варианта преобразования данных  $\rho_s$  (аналогично и  $\eta_s$ ), полученных двухэлектродными ( $AB, AC, AD, BC, BD, CD$ ) системами возбуждения, в соответствующие (обозначены\*) значения для одного ( $A, B, C, D$ ) питающего электрода.

Вариант I.

$$\begin{aligned} \rho_s^{*A} &= \rho_s^{AC} \cdot \rho_s^{AD} / \rho_s^{CD}, & \rho_s^{*B} &= \rho_s^{BC} \cdot \rho_s^{BD} / \rho_s^{CD}, \\ \rho_s^{*C} &= \rho_s^{AC} \cdot \rho_s^{BC} / \rho_s^{AB}, & \rho_s^{*D} &= \rho_s^{AD} \cdot \rho_s^{BD} / \rho_s^{AB}. \end{aligned} \quad (1)$$

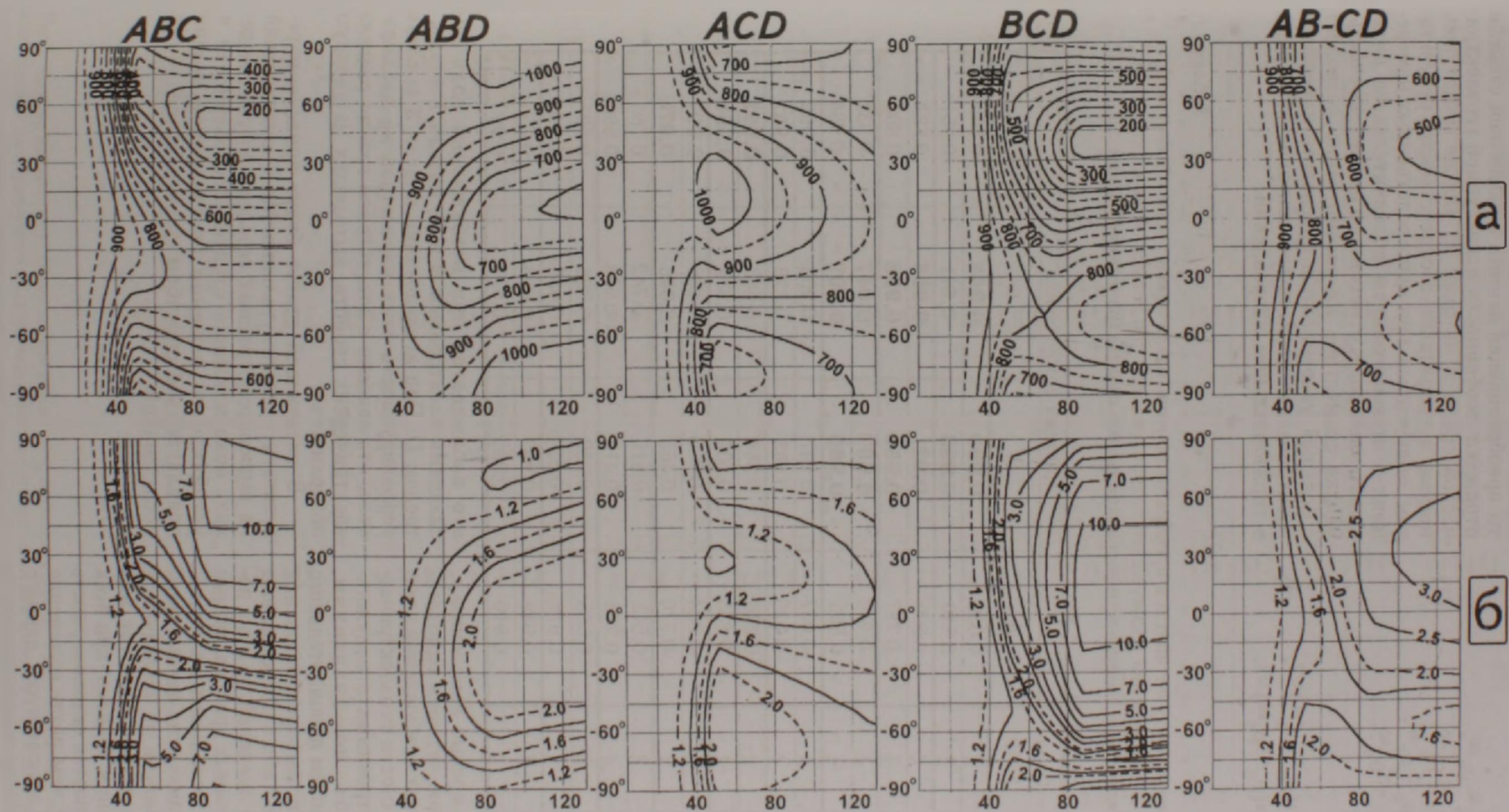


Рис.5. Развертки диаграмм  $\rho_s$  (а) и  $\eta_s$  (б) с глубиной на поверхности геоэлектрической модели I при пяти (ABC, ABD, ACD, BCD, AB CD) многоэлектродных системах возбуждения электрического поля

Вариант II.

$$\begin{aligned} \rho_s^{*A} &= (\rho_s^{AB})^2 \cdot \rho_s^{CD} / \rho_s^{BC} \cdot \rho_s^{BD}, \\ \rho_s^{*B} &= (\rho_s^{AB})^2 \cdot \rho_s^{CD} / \rho_s^{AC} \cdot \rho_s^{AD}, \\ \rho_s^{*C} &= \rho_s^{AB} \cdot (\rho_s^{CD})^2 / \rho_s^{AD} \cdot \rho_s^{BD}, \\ \rho_s^{*D} &= \rho_s^{AB} \cdot (\rho_s^{CD})^2 / \rho_s^{AC} \cdot \rho_s^{BC}. \end{aligned} \quad (1)$$

Вариант III.

$$\begin{aligned} \rho_s^{*A} &= (\rho_s^{AC} \cdot \rho_s^{AD})^{1/2}, & \rho_s^{*B} &= (\rho_s^{BC} \cdot \rho_s^{BD})^{1/2}, \\ \rho_s^{*C} &= (\rho_s^{AC} \cdot \rho_s^{BC})^{1/2}, & \rho_s^{*D} &= (\rho_s^{AD} \cdot \rho_s^{BD})^{1/2}. \end{aligned} \quad (3)$$

Следует подчеркнуть, что представленные варианты преобразования данных в различной степени отражают особенности исследуемой геоэлектрической среды и не один из них не может полностью и однозначно соответствовать результатам, полученным при непосредственных измерениях с использованием дополнительного питающего электрода, отнесенного на бесконечность, однако совместное их рассмотрение позволяет с большей уверенностью проследить изменение электрических свойств геоэлектрической среды в горизонтальном направлении.

Таблица 1

Коэффициенты корреляции между истинным и преобразованными (различными тремя вариантами) значениями кажущегося сопротивления и кажущейся поляризуемости при четырех одноэлектродных системах возбуждения на поверхности рассматриваемых геоэлектрических моделей

Геоэлектрическая модель	Вариант	Параметр	Система возбуждения			
			A	B	C	D
Модель 1	I	ξ	0.030	<b>0.999</b>	<b>0.968</b>	0.845
		η	0.940	<b>0.998</b>	<b>0.911</b>	0.651
	II	ξ	0.602	<b>0.981</b>	<b>0.998</b>	0.892
		η	-0.787	<b>0.956</b>	<b>0.988</b>	0.808
	III	ξ	-0.913	<b>0.992</b>	<b>0.947</b>	-0.932
		η	0.565	<b>0.966</b>	<b>0.909</b>	-0.984
Модель 2	I	ξ	-0.037	0.947	0.903	<b>0.992</b>
		η	-0.125	0.883	0.828	<b>0.987</b>
	II	ξ	0.288	0.984	0.663	<b>0.997</b>
		η	-0.835	0.507	0.384	<b>0.990</b>
	III	ξ	-0.804	-0.093	0.406	<b>0.997</b>
		η	-0.770	0.465	0.046	<b>0.971</b>
Модель 3	I	ξ	0.543	0.910	-0.742	0.786
		η	0.288	0.413	-0.684	0.586
	II	ξ	0.905	0.980	0.026	0.607
		η	0.678	-0.521	0.086	-0.495
	III	ξ	0.949	0.992	0.683	0.755
		η	0.916	0.435	0.571	0.640

На рис.6 изображены кривые изменения  $\rho_s$  и  $\eta_s$  с полуразносом  $L$  при четырех одноэлектродных (A, B, C, D) системах возбуждения электрического поля на поверхности геоэлектрических моделей 1, 2, 3, построенных в полулוגарифмическом масштабе по значениям, вычисленным с использованием дополнительного питающего электрода и путем преобразования по вариантам I, II и III. В табл.1 представлены результаты сопоставления значений  $\rho_s$  и  $\eta_s$ , полученных путем вышеуказанных преобразований (1-3) с соответствующими истинными величинами. При внимательном анализе этих данных можно заметить, что в зависимости от исследуемой геоэлектрической модели эффективен тот или иной вариант преобразования. Однако, при всех вариантах четко прослеживается закономерность (устойчивая тенденция) – чем резче изменение электрических свойств в направлении данного питающего электрода, тем выше коррелируемость сопоставляемых параметров. Так, для модели 1

это наблюдается при возбуждении поля питающими электродами B и C, модели 2 – электродом D. При исследовании модели 3 высокая коррелируемость этих параметров не наблюдается, что связано с отсутствием границ раздела электрических свойств, выходящих на дневную поверхность.

В следующей статье будут приведены результаты трехазимутальных МАК-зондирований на вышерассмотренных геоэлектрических моделях, показывающие степень достоверности и устойчивости решения поставленной задачи предлагаемым способом электроразведочных исследований.

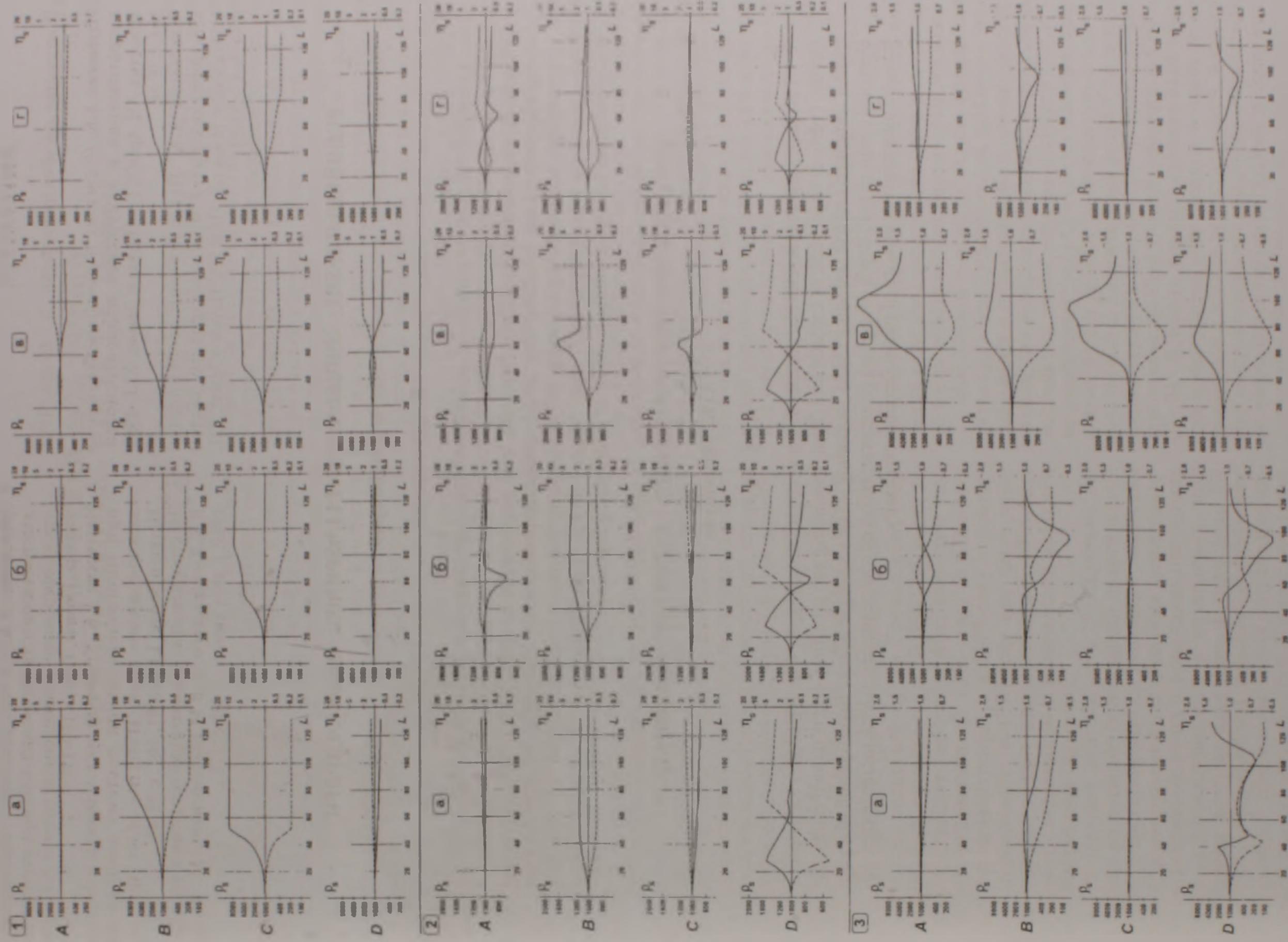


Рис. 6. Кривые изменения  $\rho_s$  (пунктирная линия) и  $\eta_s$  (сплошная линия) с полуразносом  $L$  при четырех (A, B, C, D) системах возбуждения электрического поля на поверхности геоэлектрических моделей I, 2, 3, построенных в полулогарифмическом масштабе по значениям, вычисленным с использованием дополнительного питающего электрода, отнесенного на бесконечность (a) и путем преобразований по вариантам I (б), II (в) и III (г).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по электроразведке. Л.: Недра, 1984, 352 с.
2. Матевосян А.К. О системе параметров кажущегося сопротивления и кажущейся поляризуемости. Известия АН АрмССР, Науки о Земле, XLI, 1988, №4, с.58-64.
3. Матевосян А.К. Исследование особенностей электрических полей многоэлектродных систем возбуждения. Известия НАН РА, Науки о Земле, LII, 1999, №1, с.53-63.
4. Матевосян А.К. Способ крестового вертикального электрического зондирования. Сборник научных трудов конференции, посвященной памяти А.Г. Бабаджанияна, Гюмри, 1999, с.169-178.
5. Матевосян А.К. Критерий достоверности измерений при многоэлектродной системе возбуждения электрического поля. Известия НАН Армении, Науки о Земле, LIV, 2001, №1, с.38-42.
6. Электроразведка. Справочник геофизика (под ред. В.К. Хмелевского и В.М. Бондаренко). М.: Недра, 1989, в двух книгах – 438 с, 378 с.

## ԲԱԶՄԱԶԻՄՈՒՏԱԼ ՀԱՄԱՏԵՂՎԱԾ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԶՈՆԴԱՎՈՐՈՒՄ

Ա. Կ. Մաթևոսյան

Ա մ փ ո փ ու մ

Հոդվածում ներկայացված է էլեկտրահետախուզական ուսումնասիրությունների մեթոդիկա՝ բազմաազիմուտայ համատեղված (ԲԱՀ) զոնդավորում, որը պարունակում է ինչպես էլեկտրական (վերտիկալ խաչածև կամ շրջանային ու դիպոլային) զոնդավորման ու պրոֆիլավորման էլեմենտներ: ԲԱՀ-զոնդավորումը թույլ է տալիս ուսումնասիրել երկրաէլեկտրական միջավայրը ինչպես ըստ խորությամբ, այնպես էլ սնուցող էլեկտրոդների ուղղությամբ, որը զգալիորեն բարձրացնում է չափումների տարրանջատման ընդունակությունն և տեղեկատվությունը:

## MULTI-AZIMUTHAL COMBINED ELECTRIC SOUNDING

A. K. Matevosyan

Abstract

This paper presents an electric prospecting investigation technique, which includes elements of electric (vertical cross-shot, or circular and dipole) sounding and profiling, and is named multi-azimuthal combined electric sounding (MAC-sounding). The technique allows investigation of a geoelectrical medium both depth-along and along orientation of source probes, which increases resolution and informative capacity of measurements cardinally.

## ТВОРЧЕСКИЙ ПУТЬ УЧЕНОГО (к 70-летию академика НАН РА Э. Е. Хачияна)



Известному специалисту в области строительной механики, инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства, главному научному работнику Института геологических наук НАН РА, заведующему кафедрой строительной механики Ереванского государственного университета архитектуры и строительства,

академику Национальной академии наук Республики Армения, профессору Эдуарду Ефремовичу Хачияну исполнилось 70 лет.

Э.Е.Хачиян родился 17 августа 1933 года в селе Аракел Гадрутского района Нагорно-Карабахской Республики. В 1956 году с отличием окончил отделение механики Ереванского государственного университета и поступил на работу в Научно-исследовательский институт стройматериалов и сооружений АН АрмССР, где занимал должности зав. лабораторией и заместителя по научной работе. С 1972 года Э.Е.Хачиян по совместительству работал в должности профессора на кафедрах строительной механики Ереванского архитектурно-строительного института и механики сплошной среды Ереванского государственного университета. В 1991-98 годах по совместительству работал в Американском университете Армении. В 1961 году Э.Е.Хачиян защитил кандидатскую, а в 1972 году – докторскую диссертации, в 1978 году ему было присвоено ученое звание профессора, а в 1996 году был избран академиком Национальной академии наук Республики Армения.

Вся научная деятельность Э.Е.Хачияна направлена на решение благородной практической задачи – прогнозированию реального поведения зданий и сооружений при сильных землетрясениях и разработке на их основе таких принципов и правил проектирования и возведения, при реализации которых сооружения оказались бы способны сопротивляться сильным сейсмическим воздействиям, при минимальных затратах на антисейсмические мероприятия. Им введены такие специальные понятия, как обобщенный спектр ускорения с учетом высших форм колебаний, среднеквадратичные спектры реакции, спектры пластических и остаточных деформаций, коэффициент риска проектирования, спектр скоростей прило-

жения сейсмической нагрузки, спектры реакции с учетом протяженности и крутильных колебаний грунта и сооружения. Э.Е.Хачияном обоснована та предельная интенсивность колебания грунтов, которую может выдержать сооружение из различных строительных материалов. Широкий отклик научной общественности получили исследования Э.Е.Хачияна по упруго-пластическим колебаниям и предельным состояниям сложных механических систем по пространственным колебаниям и взаимодействию между грунтом и сооружением при реальных сейсмических воздействиях – на основе акселерограмм грунта. Совместно со своими учениками Э.Е.Хачияном выполнен большой объем экспериментально-теоретических исследований по определению реальных динамических характеристик зданий различных конструктивных решений, архитектурных памятников и уникальных современных сооружений, по их восстановлению и усилению (с применением гибкого верхнего этажа, дополнительных жестких пристроек). Им предложен оригинальный метод экспериментальной имитации сейсмического воздействия на здания и сооружения по акселерограмме зарегистрированного землетрясения при помощи группы мощных вибрационных машин. Э.Е.Хачиян – научный руководитель инженерно-сейсмометрической службы на зданиях и сооружениях на территории Республики Армения и активный участник организации и развития ИСС на территории бывшего СССР. Им разработана конструкция экспресс-сеймоскопа для оперативного установления максимальной величины ускорения грунта во время землетрясения, а также способ вычисления величины энергии сильного землетрясения по макросейсмическим параметрам его очага.

Э.Е.Хачиян – один из первых специалистов, указавших на существенное различие между реальными и нормативными значениями сейсмических сил в нормативных документах по сейсмостойкому строительству бывшего СССР. Непосредственно после Спитакского землетрясения, исходя из его уроков, по инициативе и под руководством Э.Е.Хачияна были разработаны первые национальные нормы по сейсмостойкому строительству Республики Армения – СНРА II-02-94. В новых нормах, помимо включения в них новых, более современных методов расчета, принципов и правил проектирования, направленных на существенное повышение сейсмостойкости вновь проектируемых зданий и сооружений, устранены два главных недостатка (имеющих место в бывших советских нормах), приведших к Спитакской трагедии. Это, во-первых, умышленное снижение уровня сейсмической опасности всей территории РА и, во-вторых, высокий уровень допустимых повреждений для всех зданий и

сооружений после землетрясений с целью экономии материальных и финансовых средств при сейсмостойком строительстве. По мнению ведущих отечественных и иностранных специалистов, национальные нормы РА соответствуют международным стандартам и будут обеспечивать высокую сейсмозащиту сооружений при возможных последующих сильных землетрясениях. Новые нормы РА по сейсмостойкому строительству по решению строительных министерств стран СНГ положены в основу разрабатываемых в настоящее время международных норм стран СНГ. В созданной для этой цели международной рабочей группе ученых Э.Е. Хачиян является ее сопредседателем.

Э.Е. Хачиян оказывает систематическую техническую помощь и консультацию проектным и строительным организациям. С его участием произведены расчеты на сейсмические воздействия при перепуске головных сооружений Армянской АЭС, высотной плотины Нурекской ГЭС, Спортивно-концертного комплекса, Церкви св. Григория Просветителя в Ереване и др., а также динамические испытания крупных мостов и высотных зданий на территории РА.

Э.Е. Хачиян уделяет постоянное внимание

подготовке научных и инженерных кадров, разработке правил поведения широких слоев населения при землетрясениях, пропаганде знаний в области сейсмической защиты общества. Он — автор более чем 200 научных работ (в том числе монографий, брошюр, научных статей, нормативных и инструктивных документов, авторских свидетельств и патентов), значительная часть которых опубликована за рубежом. Он является членом редколлегии журналов "Известия НАН РА, Науки о Земле", "Сейсмостойкое Строительство. Безопасность сооружений" (Москва), "Наука и образование в Арцахе", "Бюллетень строителей Армении", ряда международных и республиканских научно-технических советов и ассоциаций. Он награжден орденом "Знак Почета" и другими правительственными наградами и грамотами, стал победителем международных конкурсов по методам повышения уровня сейсмостойкой безопасности существующих зданий.

Свой юбилей Э.Е. Хачиян встречает полный творческой активности. Его друзья и коллеги от всей души желают ему доброго здоровья, благополучия и успехов во всех его делах и начинаниях.

**Институт геологических наук НАН РА,  
Редакционная коллегия журнала  
"Известия НАН РА, серия Науки о Земле"**