

ՀՄՍՀ ԳԱ Տեղեկագիր

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



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

#### ԽՄՐԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈՂՆԻՍԱ

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

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Член-корр. АрмССР А. Т. Асланян, член-корр. АН АрмССР А. Б.  
Багдасарян, канд. техн. наук С. В. Бадалян, академик АН АрмССР А. А.  
Габриелян (ответственный редактор), канд. геол.-мин. наук Э. Х. Гулян,  
доктор геол.-мин. наук А. И. Карапетян, канд. геол.-мин. наук Б. М.  
Меликсетян, канд. геол.-мин. наук Р. Т. Мириджанян, Э. С. Ростомови  
(ответственный секретарь), член-корр. АН АрмССР Г. И. Тер-Степанян,  
канд. геол.-мин. наук А. С. Фармазян (зам. ответственного редактора),  
канд. геол.-мин. наук К. Г. Ширинян.

Խմբագրության հասցեն՝ 375019, Երևան 19, Մարշալ Բաղրամյանի պող., 24ա.

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

---

© Издательство АН Арм. ССР  
Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1985

ԱՊՐ 409

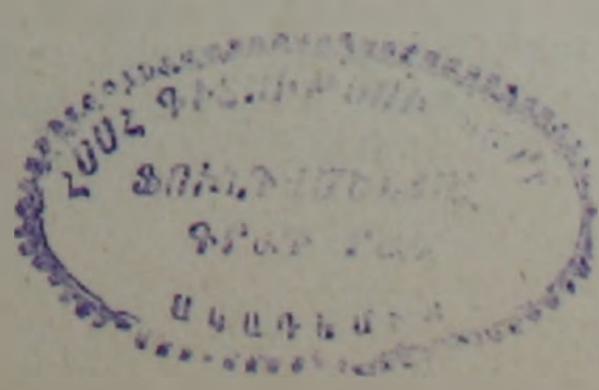
ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ  
ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՐԿՐԻ ՄԱՍԻՆ

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

|  |    |
|--|----|
| Ս. Ա. Բուրիկյան, Շիրակի գոգավորության վերին պլիոցեն-ստորին շորրորդականի նստվածքների օստրակոզները   | 3  |
| Ա. Հ. Կոչոյան, Ս. Ս. Մկրտչյան, Պրիվոլնոյե կապար-ցինկային հանքավայրի առաջացման որոշ պայմանները  | 15 |
| Ս. Ս. Գրիգորյան, Ոսկի պարունակող ջրաջերմերի աղային կազմի առանձնահատկությունները և նրանց որոշման մեթոդները  | 24 |
| Տ. Գ. Բոյնագրյան, Վ. Ռ. Բոյնագրյան, Աղստև գետի միջին հոսանքի ավազանի փուխր նստվածքների գեոքիմիական առանձնահատկությունները  | 31 |
| Ն. Կ. Կարապետյան, Էրզինջան-Քինգյուլի շրջանի սեյսմիկությունը  | 38 |
| Ս. Ն. Նազարեթյան, Կ. Ֆ. Տյապկին, Հայաստանի բնատարածքում երկրակեղևի բեկվածքների տեղադրման օրինաչափությունները և նրանց ուսումնասիրման խնդիրները կառուցվածքաառաջացման նոր ուտացիոն վարկածի դիրքերից | 48 |
| լեռնային շրջաններում ստորերկրյա կառույցների նախագծման և շինարարության լեռնային շրջաններում ստորերկրյա կառույցների նախագծման և շինարարության ընթացքում  | 52 |

ՀԱՄԱՌՈՏ ՀԱՂՈՐԴՈՒՄՆԵՐ

|   |    |
|---|----|
| Հ. Հ. Տոնականյան, Է. Խ. Ղուլյան, Ա. Ս. Ավանեսյան, Նորը Հալիգյուղի հանքաերակման հեռանկարայնության մասին      | 63 |
| Վ. Գ. Թունյան, Արևելյան Հայաստանի աղահանքերի պատմության շուրջը (XIX դարի II քառորդ)                         | 66 |
| Շ. Ս. Հովհաննիսյան, Հայաստանի բնատարածքի իզոստատիկ վիճակի գնահատման որոշ մեթոդների վերաբերյալ               | 69 |
| Ս. Վ. Վարձեյան, Զանգեզուրի 1968 թ. երկրաշարժից առաջ P-ալիքի անհարիրությունների ժամանակային փոփոխությունները | 73 |
| Տ. Ն. Կյուրեղյան, Լիթոքիմիական պարամետրերի օպտիմիզացիան Արմանիսի հանքադաշտի օրինակով                        | 77 |



СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| С. А. Бубикян. Остракоды верхнеплиоцен-нижнечетвертичных отложений Ширакской котловины . . . . .   | 3  |
| А. А. Коджоян, С. С. Мкртчян. Некоторые условия формирования Привольненского свинцово-цинкового месторождения . . . . .  | 15 |
| С. С. Григорян. Особенности солевого состава золотосодержащих гидротермальных растворов и методы их определения . . . . .  | 24 |
| Т. Г. Бойнагрян, В. Р. Бойнагрян. Геохимические особенности рыхлых отложений бассейна среднего течения р. Агстев . . . . .   | 31 |
| Н. К. Карапетян. Сейсмичность Эрзинджан-Бингельского региона . . . . .   | 38 |
| С. Н. Назаретян, К. Ф. Тяпкин. Закономерности размещения разломов земной коры на территории Армянской ССР и проблема их изучения с позиции новой ротационной гипотезы структурообразования . . . . . | 48 |
| Г. М. Авчян, С. Р. Пайлеванян. Инженерно-геофизические исследования при проектировании и строительстве подземных сооружений в горных районах . . . . .   | 52 |

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

|   |    |
|---|----|
| А. Г. Тонаканян, Э. Х. Гулян, А. С. Аванесян. Новое о перспективности Лалигюхского рудопроявления . . . . . | 63 |
| В. Г. Тунян. К истории соляных промыслов Восточной Армении (II четверть XIX в.) . . . . .                   | 66 |
| Ш. С. Оганисян. О некоторых методах оценки изостатического состояния территории Армянской ССР . . . . .     | 69 |
| С. В. Вардзелян. Временные изменения невязок Р-волны перед Зангезурским землетрясением 1968 года . . . . .  | 73 |
| Т. Н. Кюрегян. Оптимизация литохимических параметров на примере Арманисского рудного поля . . . . .         | 77 |

С. А. БУБИКЯН

## ОСТРАКОДЫ ВЕРХНЕПЛИОЦЕН-НИЖНЕЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ШИРАКСКОЙ КОТЛОВИНЫ

В статье приводятся результаты изучения остракод из озерных отложений ленинаканской свиты.

На основании исследования выявлен богатый видовой комплекс солоноватоводной и пресноводной фауны остракод, характерной для верхнеплиоцен-нижнечетвертичного возраста. В статье дается описание некоторых характерных видов остракод.

Отложения ленинаканской свиты представлены в основном глинами, песчанистыми глинами, диатомовыми глинами, ракушняками, пемзовыми песками, галечниками, которые местами перекрываются туфами. Мощность свиты доходит до 300 и более метров. Они широко распространены и установлены в разрезах районов сс. Исаакян, Мармашен, Арапи, Ваграмаберд (Канлиджа), Малый Мусаелян, Карнут.

Материалом для настоящей статьи послужили образцы полевых сборов по естественным обнажениям из вышеприведенных разрезов, а также материалы буровых скважин (Арапи скв. № 23, Ахурян скв. №№ 8, 17), переданные нам сотрудником ИГН Т. А. Авакяном.

Вопросами региональной геологии и стратиграфии отложений занимались многие исследователи: К. Н. Паффенгольц, А. Т. Асланян, А. А. Габриелян, Л. А. Авакян, Ю. В. Саядян и др.

Присутствие богатой пресноводной фауны: *Dreissensia polymorpha Pallas*, *D. diluvii Abich*, *D. rostriformis Desh.* и др., установленной А. Г. Эберзиным и И. В. Даниловским [5] в отложениях ленинаканской свиты, дало основание авторам определить возрастное положение отложений как верхнеплиоцен-постплиоценовый.

Наряду с дрейссенсиями в верхах свиты в песках и глинах содержится богатая фауна млекопитающих позвоночных, которая легла в основу определения возраста и стратиграфического расчленения четвертичных отложений Армении.

В. В. Богачевым [5] определены *Elephas trogontherii Pohl*, *E. armentacus Fale.*, *Cervus elaphus maral Ogilvi*, *Bos (Bison) priscus s. latifrans Harl.* и др.

В дальнейшем Л. А. Авакян [1] пополнил комплекс ленинаканской фауны, представленный остатками *Rhinoceros mercki Jaeg.*, *Equus stenorhis Lochei*, *Comelus knoblochi Nehr.*, *Bos trochoceros Meyer* и др. миндельрисского и отчасти миндельского времени.

Микрофаунистическое исследование указанных отложений показало содержание богатой солоновато-водной и пресноводной фауны остракод. На основании анализа фауны выявлен богатый видовой состав—до 28 видов, которые распределяются между родами: *Ilyocypris*, *Darwinula*, *Caspiocypris*, *Candona*, *Candoniella*, *Zonocypris*, *Advenocypris*, *Cytherissa*, *Leptocythere*, *Limnocythere*.

Установленный фаунистический комплекс остракод (см. табл. 1) представлен видами: *Ilyocypris bradyi Sars*, *Darwinula stevensoni (Br. et Rob.)*, *Caspiocypris sp.*, *Candona neglecta Sars*, *C. caudata Kaufmann*, *C. armenica sp. nov.*, *C. candida (Müller)*, *C. ebersini*

Таблица 1

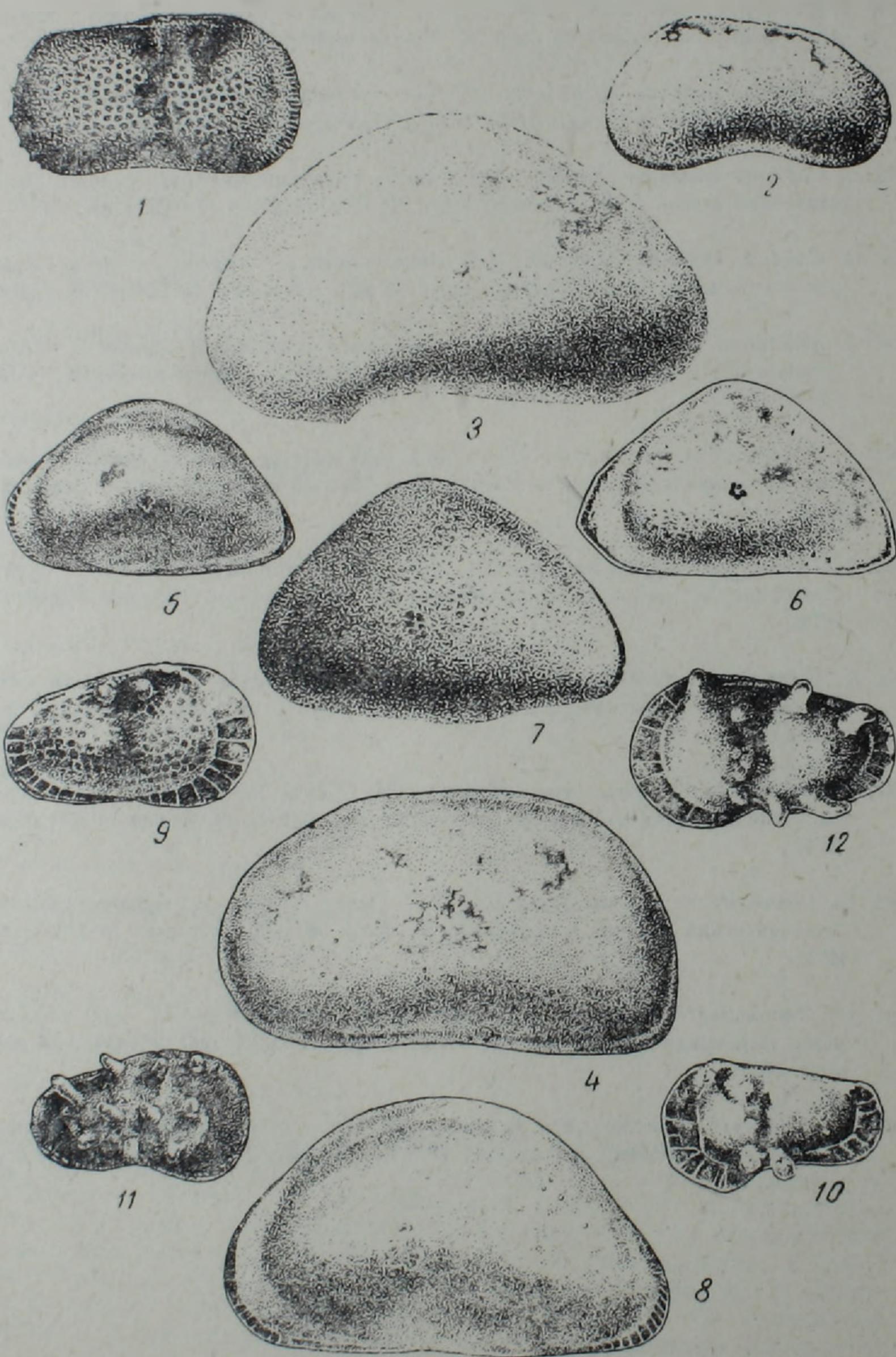
Остракоды плиоценовых и постплиоценовых отложений ленинканской свиты и их распределение

| Наименование видов                               | Плиоцен               |                  |                    |                   |                  | постплиоцен (древнекаспийск. отложения) |
|--|-----------------------|------------------|--------------------|-------------------|------------------|---|
|  | Геологический возраст | поттический ярус | продуктивная толща | акчагыльский ярус | апшеронский ярус |   |
| 1  | 2                     | 3                | 4                  | 5                 | 6                |   |
| <i>Darwinula stevensoni</i> (Brady et Robertson) |                       | ×                | ×                  | ×                 | ×                |   |
| <i>Ilyocypris bradyi</i> Sars                    | ×                     | ×                | ×                  | ×                 | ×                |   |
| <i>Candona neglecta</i> Sars                     | ×                     | ×                | ×                  | ×                 | ×                |   |
| <i>Candona caudata</i> Kaufmann                  |                       |                  |                    |                   | ×                |   |
| <i>Candona armenica</i> sp. nov.                 |                       |                  |                    |                   | ×                |   |
| <i>Candona candida</i> (Müller)                  |                       |                  | ×                  |                   |                  |   |
| <i>Candona convexa</i> Livental                  |                       |                  | ×                  |                   |                  |   |
| <i>Candona compressaformis</i> Mandelstam        |                       |                  | ×                  |                   |                  |   |
| <i>Candona ebersini</i> Mandelstam               |                       |                  |                    |                   | ×                |   |
| <i>Candoniella suzini</i> Mandelstam             | ×                     | ×                | ×                  | ×                 |                  |   |
| <i>Candoniella schubinae</i> Mandelstam          |                       |                  | ×                  | ×                 |                  |   |
| <i>Advenocypris gracilis</i> Schnelder           |                       |                  |                    |                   | ×                |   |
| <i>Advenocypris aspinosa</i> Schneider           |                       |                  |                    |                   | ×                |   |
| <i>Advenocypris triangularis</i> (Schweler)      |                       |                  |                    |                   | ×                |   |
| <i>Advenocypris kurovdagensis</i> Klein.         |                       |                  |                    | ×                 |                  |   |
| <i>Advenocypris dorsodepressa</i> Schnelder      |                       |                  |                    |                   | ×                |   |
| <i>Cytherissa bogatchovi</i> (Livental)          |                       | ×                |                    | ×                 | ×                |   |
| <i>Limnocythere ornamentata</i> Schweier         |                       |                  | ×                  |                   |                  |   |
| <i>Limnocythere schiracensis</i> sp. nov.        |                       |                  |                    |                   | ×                |   |
| <i>Limnocythere ramosa</i> Schweier              |                       |                  |                    |                   | ×                |   |
| <i>Limnocythere pliocenica</i> Suzin             |                       |                  | ×                  | ×                 |                  |   |
| <i>Limnocythere leninakanica</i> sp. nov.        |                       |                  |                    |                   | ×                |   |

Mandelst., *Candoniella suzini* Mandelst., *C. schubinae* Mandelst., *Zonocypris* sp., *Advenocypris* sp., *gracilis* Schn., *A. aspinosa* Schn., *A. triangularis* (Schw.), *A. Kurovdagensis* klein., *A. dorsodepressa* (Schw.), *Cytherissa bogatchovi* (Liv.), *Leptocythere* sp., *Limnocythere ornamentata* Schw., *L. schiracensis* sp. nov., *L. ramosa* Schw., *L. pliocenica* Suzin, *L. leninakanica* sp. nov., которые приурочены в основном к глинам, песчанистым глинам и ракушнякам. Из указанного комплекса более широким вертикальным распространением пользуются

Таблица 1

- Рис. 1. *Ilyocypris bradyi* Sars,  $\times 66$ . Правая створка с внешней стороны. Ленинанканский район, с. Исаакян (обр. № 447). Оригинал № 10, колл. ИГН.
- Рис. 2. *Candona neglecta* Sars,  $\times 66$ . Правая створка с внешней стороны. Ленинанканский район, с. Исаакян (обр. № 447). Оригинал № 1, колл. ИГН.
- Рис. 3. *Candona armenica* sp. nov.,  $\times 66$ . Левая створка с внешней стороны. Ленинанканский район, с. Ваграмаберд (обр. № 123). Голотип № 365, колл. ИГН.
- Рис. 4. *Candona ebersini* Mandelst,  $\times 66$ . Левая створка с внешней стороны, Ленинанканский район, с. Ваграмаберд (обр. № 129). Оригинал № 364. Колл. ИГН.
- Рис. 5. *Advenocypris gracilis* Schneider,  $\times 54$ . Левая створка с внешней стороны. Ленинанканский район с. Ваграмаберд (обр. № 120). Оригинал № 367, колл. ИГН.
- Рис. 6. *Advenocypris trilateralis* (Schweyer),  $\times 54$ . Левая створка с внешней стороны. Ленинанканский район, с. Ваграмаберд (обр. № 129). Оригинал № 368, колл. ИГН.
- Рис. 7. *Advenocypris aspinosa* Schneider,  $\times 54$ . Левая створка с внешней стороны. Ленинанканский район, с. Ваграмаберд (обр. № 120). Оригинал № 369, колл. ИГН.
- Рис. 8. *Advenocypris dorsodepressa* (Schweyer),  $\times 66$ . Левая створка с внешней стороны. Ленинанканский район, с. Ваграмаберд (обр. № 138). Оригинал № 366, колл. ИГН.
- Рис. 9. *Limnocythere ornamentata* Schweyer  $\times 66$ . Правая створка с внешней стороны. Ленинанканский район, с. Ваграмаберд (обр. № 174). Оригинал № 371, колл. ИГН.
- Рис. 10. *Limnocythere ramosa* Schweyer,  $\times 66$ . Левая створка с внешней стороны Ленинанканский район, с. Ваграмаберд (обр. № 120). Оригинал № 373, колл. ИГН.
- Рис. 11. *Limnocythere schlrakensis* sp. nov.,  $\times 66$ . Правая створка с внешней стороны. Ленинанканский район, с. Ваграмаберд (обр. № 128). Голотип № 374, колл. ИГН.
- Рис. 12. *Limnocythere leninacana* sp. nov.,  $\times 66$ . Левая створка с внешней стороны. Ленинанканский район, с. Айкаван (Баджогли) (обр. № 157). Голотип № 376, колл. ИГН.



*Ilyocypris bradyi*, *Darwinula stevensoni*, *Candona candida*, *C. neglecta*. Встречаются с верхнего плиоцена (см. табл. 1) в акчагыле и апшероне и продолжают свое существование в постплиоцене и широко распространены в Крымско-Кавказской области, в Азербайджане, Поволжье и в Казахстане.

Наиболее узким распространением пользуются *Candona convexa*, *C. compressiformis*, *Candoniella suzini*, *Limnocythere ornamentata*, характерные для верхнего плиоцена Прикаспия, Кавказа и Поволжья.

Узким вертикальным распространением пользуются также *Candona armenica*, *C. ebersini*, *Advenocypris gracilis*, *A. aspinosa*, *A. triangularis*, *A. dorsodepressa*, *Limnocythere ramosa*, но с тем отличием, что они в плиоценовых отложениях не выявлены, а встречаются в молодых постплиоценовых отложениях, увязаны слоями с *Dreissensia diluvii*. Редкие формы, как *Candona ebersini*, установлены в постплиоценовых отложениях Кавказа. Остальные формы, по литературным данным [7], характерны для ленинканской свиты.

На основании вышеизложенного можно заключить, что нельзя провести границу между верхним плиоценом и постплиоценом по фауне остракод, так как все формы, характерные для верхнего плиоцена и постплиоцена, встречаются вместе в одном комплексе. Эти данные позволяют нам указанные озерные, озерно-аллювиальные отложения ленинканской свиты относить к верхнеплиоцен-нижнечетвертичному возрасту.

Ниже приводится описание некоторых характерных видов остракод, определяющих указанный возраст изученных отложений.

#### ПОДСЕМЕЙСТВО *ILYOCYPRIDINAE* Kaufmann, 1900

#### РОД *ILYOCYPRIS* Brady et Norman, 1889

#### *Ilyocypris bradyi* Sars

#### Табл. 1, рис. 1

1947. *Ilyocypris bradyi*. Бронштейн, стр. 94—95, табл. 3, рис. 3—4.  
1956. *Ilyocypris bradyi*. Мандельштам, Шнейдер, стр. 125—126, табл. XVIII, фиг. 8.  
1971. *Ilyocypris bradyi*. Негадаев-Никонов, стр. 70, табл. II, рис. 2, 3, 4а; 5а, б; 6, 7.

ОРИГИНАЛ—ИГН. № 10, изображен на табл. 1, рис. 1, левая створка с внешней стороны. Ленинканский район, с. Исаакян, обр. № 447.

МАТЕРИАЛ. Имеется 10 раковин и 4 створки зрелых особей хорошей сохранности, собранных из глин и глинистых песчаников, сс. Исаакян, скв. № 17 (Ахурян), Ваграмаберд.

ДИАГНОЗ. Удлиненно-овальная раковина с угловато-округленными концами. Спинной край почти прямой, брюшной край вогнутый. Створки покрыты мелкими ячейками и двумя поперечными депрессиями.

ОПИСАНИЕ. Раковина удлиненно-овальная, среднего размера, слабо выпуклая. Высота переднего конца незначительно больше заднего. Спинной край слабо выгнутый в средней части, переход от него к переднему концу плавный или под округленным тупым углом, к заднему—более резкий. Брюшной край в средней части вогнутый, переход к концам постепенный. Створки умеренно выпуклые, покрыты мелкими 5—4-гранными ячейками и ямками, снабжены двумя поперечными депрессиями, достигающими центральной ямки. На заднем и пе-

реднем концах выделяются мелкие шипики. Поровоканальная зона узкая.

РАЗМЕРЫ: длина—0,92 мм; высота—0,45 мм.

СРАВНЕНИЕ. Описанный вид по форме раковины обнаруживает наибольшее сходство с *Plyocypris gibba* (Ramdohr) [2] из бакинских отложений Азербайджана. Отличается от него отсутствием бугорков на поверхности створок.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Миоценовые и плиоценовые, а также четвертичные солоноватоводные и пресноводные отложения СССР, Европы и Северной Америки. Нижнеплейстоценовые отложения Тирасполя и Крыма. Озерные отложения, слои с *Dreissensia diluvii* ленинаканской свиты Армении.

### *Candona neglecta* Sars

Табл. 1, рис. 2

1928. *Candona neglecta*. Sars, стр. 73, том 34, фиг. 1.

1963. *Candona neglecta*. Мандельштам, Шнейдер, стр. 154, табл. XXIV, фиг. 8, 9.

ОРИГИНАЛ—ИГН, № 1, изображен на табл. 1, рис. 2, правая створка с внешней стороны, Ленинаканский район, с. Исаакян, обр. № 447.

МАТЕРИАЛ. Имеется 4 створки зрелых особей хорошей сохранности, собранных из глин. диатомовых глин, сс. Исаакян, Ахурян, скв. № 8.

ДИАГНОЗ. Раковина удлинённая с прямым спинным краем и вогнутым посредине брюшным краем.

ОПИСАНИЕ. Раковина почковидная, удлинённая, длина вдвое превышает максимальную ширину.

Передний конец раковины уже заднего, округленный, к спинному краю скошенный. Задний конец выше переднего, к спинному краю скошенный и свисает книзу. Спинной край прямой, длинный, наклонен к переднему концу, с тупыми, несколько округленными углами переходит в передний и задний концы.

Брюшной край вогнутый, плавно переходит к концам створки, Порово-канальная зона узкая, с прямыми редкими канальцами. Поверхность створок гладкая.

РАЗМЕРЫ: длина—1,1 мм; высота—0,53 мм.

СРАВНЕНИЕ. Рассматриваемый вид имеет наибольшее сходство с *Candona compresaformis* Mandelst. [7] из акчагыльских отложений оз. Индер (Казахстан). Отличается от него высоким задним концом, отсутствием ячеистой структуры в задней трети створки.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Сарматский горизонт; грозненские слои, Кавказ, плиоцен; Средняя Азия, Казахстан, Кавказ, Прикаспийский район и Нижнее Поволжье. Озерные отложения, слои с *Dreissensia diluvii* ленинаканской свиты Армении.

### *Candona armenica* sp. nov.

Табл. 1, рис. 3

ГОЛОТИП—ИГН, № 365, изображен на табл. 1, рис. 3, левая створка с внешней стороны. Ленинаканский район, с. Ваграмаберд (Канлиджа), обр. № 123.

МАТЕРИАЛ. Имеется 20 створок хорошей сохранности, найденных в районах сс. Ваграмаберд, Исаакян (обн. 1, 2), разрез № 3.

ДИАГНОЗ. Крупная выпуклая раковина, спинной край арковидный. Брюшной край скошенный. Передний конец к брюшному краю также скошенный. Задний конец равномерно округлен. Наибольшая

высота проходит немного позади середины раковины. Створки гладкие.

**ОПИСАНИЕ.** Раковина крупная, выпуклая, длина более чем в два раза превышает высоту. Передний конец равномерно округлен, сильно скошен книзу. Задний конец несколько вытянут, равномерно округлен и постепенно переходит к краям створки. Спинной край арковидный и круто спускается к переднему и заднему концам. Брюшной край резко изогнутый в передней трети и S-образный по своим очертаниям. Порово-канальная зона слабо выражена. Поверхность гладкая.

**РАЗМЕРЫ:** длина—1,35 мм; высота—0,75 мм.

**СРАВНЕНИЕ.** Наиболее близок по очертанию раковины к *Candona caucasica* Bronst. [3] из донных отложений оз. Севан. Отличается от него округленным задним концом и спинным краем.

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ.** Озерные отложения, слои с *Dreissensia diluvii* ленинканской свиты Армении.

*Candona ebersini* Mandelstam

табл. 1, рис. 4

1963. *Candona ebersini*. Мандельштам, Шнейдер, стр. 151, табл. XXIII, фиг. 14, 15.

**ОРИГИНАЛ—ИГН,** № 364, изображен на табл. 1, рис. 4, левая створка с внешней стороны. Ленинканский район, с. Ваграмаберд, обр. № 129.

**МАТЕРИАЛ.** Имеется свыше 50 отдельных створок хорошей сохранности, встречаются в песках и глинах района с. Ваграмаберд (обр. №№ 1, 2, 3), с. Ахурян (скв. № 8).

**ДИАГНОЗ.** Большая удлиненная раковина. Передний конец широко округленный, задний—скошенный к спинному краю, к брюшному—округленный. Спинной край прямой, брюшной—вогнутый. Створки гладкие, выпуклые.

**ОПИСАНИЕ.** Раковина удлиненная, крупная, длина вдвое больше высоты, толстостенная, выпуклая. Передний конец полого закруглен и шире заднего, задний конец скошен от спинного края и угловато заострен у брюшного. Спинной край прямой, длинный, на некоторых створках слабо вогнутый, сильно загибается внутрь. Брюшной край параллелен спинному краю, слабо вогнут посередине. Внутренняя бесструктурная пластинка широкая, хорошо выражена на концах створок. Поверхность раковины гладкая.

**РАЗМЕРЫ:** длина—1,22 мм; высота—0,44 мм.

**СРАВНЕНИЕ.** Этот вид наиболее близок к *Bythocypris elongata* Schw. [9] из апшеронских отложений Нижнего Поволжья (Волгоградский район). Отличается от него высоким передним концом и прямым спинным краем.

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ.** Озерные отложения, слои с *Dreissensia diluvii* ленинканской свиты Армении.

*Advenocypris gracilis* Schneider

табл. 1, рис. 5

1963. *Advenocypris gracilis*. Мандельштам, Шнейдер, стр. 225, табл. XLII, фиг. 3а, б, в.

**ОРИГИНАЛ—ИГН,** № 367, изображен на табл. 1, рис. 5, левая створка с внешней стороны. Ленинканский район, с. Ваграмаберд, обр. № 120.

**МАТЕРИАЛ.** Имеется свыше 50 экземпляров раковин и створок

хорошей сохранности; встречены в глинах и песках района с Ваграмаберд (обн. №№ 1, 2, 3, 4), с. Исаакян, разрез № 9, Арапи, разрез № 2.

**ДИАГНОЗ.** Раковина некрупная, треугольная, с наибольшей высотой в средней части. Створки гладкие.

**ОПИСАНИЕ.** Раковина треугольная, слабо выпуклая, прозрачная, с наибольшей высотой в средней части. Передний конец широко закруглен, задний—заострен. Спинной край выгнут в средней части. Брюшной край слабо вогнутый. Створки гладкие.

**РАЗМЕРЫ:** длина—1,02 мм; высота—0,60 мм.

**СРАВНЕНИЕ.** Описанный вид по форме раковины обнаруживает наибольшее сходство с *Advenocypris triangularis* (Schweyer) [7] из постплиоценовых отложений ленинаканской свиты. Отличается от него широко округленным передним концом и отсутствием концевых шипов.

**Р. СПРОСТРАНЕНИЕ.** Озерные отложения, слои с *Dreissensia diluvii* ленинаканской свиты Армении.

*Advenocypris triangularis* (Schweyer)

табл. 1, рис. 6

1949. *Cypris? triangularis*. Швейер, стр. 58, табл. 1, фиг. 3, 4.

1963. *Advenocypris triangularis*. Мандельштам, Шнейдер, стр. 225, табл. XLII, фиг. 4а, б, в.

**ОРИГИНАЛ—ИГН,** № 367, изображен на табл. 1, рис. 6, левая створка с внешней стороны. Ленинаканский район, с. Ваграмаберд, обр. № 120.

**МАТЕРИАЛ.** Имеется свыше 100 экземпляров раковин и створок хорошей сохранности; встречены в глинах и песчаниках района с Ваграмаберд (обн. №№ 12, 34), Ахурян (скв. № 8).

**ДИАГНОЗ.** Треугольная, некрупная раковина, с наибольшей высотой в средней части раковины. Оба конца заострены. Спинной край посередине выгнутый, брюшной—вогнутый. Створки гладкие.

**ОПИСАНИЕ.** Раковина треугольной формы, слабо выпуклая, тонкостенная, с наибольшей высотой в средней части раковины. Передний и задний концы вытянуты в острые короткие шипики (последние на некоторых раковинах отсутствуют). Передний конец выше заднего. Спинной край арковидный, наиболее выгнут в средней части раковины и круто спускается к переднему и заднему концам. Брюшной край слабо вогнут посередине с внутренней стороны створки. Внутренняя бесструктурная пластинка на обоих концах одинаковой ширины. Поверхность гладкая.

**РАЗМЕРЫ:** длина—1,06 мм; высота—0,65 мм.

**СРАВНЕНИЕ.** Описанный вид по форме раковины обнаруживает наибольшее сходство с *Advenocypris aspinosa* Schneider [7] из четвертичных отложений ленинаканской свиты. Отличается от него заостренными концами и наличием концевых шипов.

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ.** Озерные отложения, слои с *Dreissensia diluvii* ленинаканской свиты Армении.

*Advenocypris aspinosa* Schneider

табл. 1, рис. 7

1963. *Advenocypris aspinosa*. Мандельштам, Шнейдер, стр. 225, табл. XLII, фиг. 5а, б.

**ОРИГИНАЛ—ИГН,** № 369, изображен на табл. 1, рис. 7, левая

створка с внешней стороны. Ленинаканский район, с. Ваграмаберд, обр. № 120.

МАТЕРИАЛ. Имеется 50 отдельных створок хорошей сохранности, отобранных из глин и песков сс. Ваграмаберд, Мармашен (обн. № 1), Ахурян (скв. № 8).

ДИАГНОЗ. Треугольная небольшая раковина, слабо выпуклая. Поверхность створок гладкая.

ОПИСАНИЕ. Раковина треугольной формы, слабо выпуклая, с наибольшей высотой в средней части раковины. Передний конец широко округлен и выше заднего. Задний конец ниже переднего, незначительно вытянут и округлен. Спинной край арковидный, круто спускается к концам раковины. Брюшной край вогнут посередине с внутренней стороны створки.

Бесструктурная пластинка переднего конца в два раза шире заднего. Створки покрыты мелкими неглубокими ямками.

РАЗМЕРЫ: длина—1,23 мм; высота—0,82 мм.

СРАВНЕНИЕ. Описанный вид по форме раковины обнаруживает наибольшее сходство с *Advenocypris gracilis Schneider* [7] из четвертичных отложений ленинаканской свиты. Отличается от него широко округленным задним концом и ячеистой скульптурой.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Озерные отложения, слои с *Dreissensia diluvii* ленинаканской свиты Армении.

*Advenocypris dorsodepressa* (Schweyer)

табл. 1, рис. 8

1949. *Cypris dorsodepressa*. Швейер, стр. 58, табл. 1, фиг. 1, 2.

ОРИГИНАЛ—ИГН, № 366, изображен на табл. 1, рис. 8, левая створка с внешней стороны. Ленинаканский район, с. Ваграмаберд, обр. № 138.

МАТЕРИАЛ. Имеется 20 отдельных створок хорошей сохранности, выявлены в песках и глинах сс. Ваграмаберд (обн. №№ 1, 2, 3, 4). Мармашен (обн. № 1).

ДИАГНОЗ. Раковина среднего размера, четырехугольной формы, с закругленными концами. Передний конец выше заднего. Спинной край длинный, прямой. Брюшной край вогнутый посередине. Створки гладкие.

ОПИСАНИЕ. Раковина четырехугольной формы, тонкостенная. Передний конец выше заднего и равномерно закруглен. Задний конец сильно скошен в сторону спинного края, к брюшному—закруглен. Спинной край в средней части слабо выгнутый, местами уплощенный, постепенно переходит к переднему концу и под тупым округленным углом спускается к вытянутому заднему. Брюшной край слабо вогнут в средней части, плавно переходит в передний и задний концы. Внутренняя пластинка на обоих концах широкая. Поверхность гладкая.

РАЗМЕРЫ: длина—1,20 мм; высота—0,69 мм.

СРАВНЕНИЕ. Описанный вид по форме раковины обнаруживает наибольшее сходство с *Advenocypris subtriangularis Bubikjan* [4] из плиоценовых отложений с. Арцвакар района Камо. Отличается от него широким передним концом и удлиненным спинным краем.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Озерные отложения, слои с *Dreissensia diluvii* ленинаканской свиты Армении.

*Limnocythere ornamentata* Schweyer

табл. 1, рис. 9

1949. *Limnocythere ornamentata*. Швейер, стр. 54, табл. V, фиг. 5.

ОРИГИНАЛ—ИГН, № 371, изображен на табл. 1, рис. 9, правая створка с внешней стороны, Ленинанканский район, с. Ваграмаберд, обр. № 174.

МАТЕРИАЛ. Имеется свыше 100 экземпляров закрытых и отдельных створок этого вида хорошей сохранности, собранных из глины и песков районов сс. Ваграмаберд (обн. 1, 2, 3, 4), Исаакян, разрез № 9, Арапи разрез—2, скв. № 23, Ахурян скв. №№ 8, 17.

ДИАГНОЗ. Удлиненная раковина. Передний конец широко закруглен. Оба конца закруглены. Спинной край прямой, брюшной—вогнут посередине. Створки покрыты 4—5-гранными ячейками.

ОПИСАНИЕ. Раковина неправильно четырехугольная, прозрачная, длина вдвое превышает высоту. Передний конец широко закруглен. Задний конец ниже переднего, также равномерно закруглен. Спинной край прямой, наклонен к заднему концу с поперечной депрессией в передней трети спинного края. Брюшной край в средней части вогнутый. Вся поверхность створок покрыта 4—5-гранными ячейками. В центре раковины имеется небольшое углубление, где расположены бугорки для прикрепления замыкательной мышцы. Порово-канальная зона широкая, расположена на обоих концах и вдоль брюшного края, снабжена многочисленными прямыми каналами.

РАЗМЕРЫ: длина—0,79 мм; высота—0,38 мм.

СРАВНЕНИЕ. Этот вид по очертанию раковины наиболее близок к *Limnocythere luculenta Livental* [6] из акчагыльских отложений бабазананского разреза. Отличается от него отсутствием килевидного выступа на брюшном крае створки.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Акчагыльские отложения Нижнего Поволжья; озерные отложения, слон с *Dreissensia diluvii* ленинанканской свиты Армении.

*Limnocythere ramosa Schweyer*

табл. 1, рис. 10

1949. *Limnocythere ramosa*. Швейер, стр. 53, табл. V, фиг. 1.

ОРИГИНАЛ—ИГН, № 373, изображен на табл. 1, рис. 10, левая створка с внешней стороны, Ленинанканский район, с. Ваграмаберд, обр. № 120.

МАТЕРИАЛ. Имеется 10 раковин и 15 отдельных створок этого вида хорошей сохранности, встречены в глинах и песках района сс. Ваграмаберд (обн. №№ 2,3), Исаакян (раз. № 9), Мармашен (обн. № 1), Арапи (раз. 2, скв. № 23), Ахурян (скв. № 8).

ДИАГНОЗ. Раковина среднего размера, передний конец широко закругленный, задний конец ниже переднего. Спинной край прямой, брюшной—вогнут посередине. Створки гладкие, снабжены крупными бугорками.

ОПИСАНИЕ. Раковина удлиненная, тонкостенная, стекловидная, со слабо выраженной поперечной бороздой в передней трети спинного края. Передний конец высокий, широко закругленный. Задний конец ниже переднего, равномерно закругленный. Спинной край прямой, наклонен к заднему концу, образуя к обоим концам округленные тупые углы. Брюшной край вогнут посередине, приподнят к заднему концу. Поверхность створок гладкая, снабжена двумя лежащими друг за другом бугорками, расположенными вдоль вогнутой части брюшного края. Порово-канальная зона широкая, уплощенная, хорошо выраженная на обоих концах и вдоль брюшного края, снабжена редкими поровыми каналами.

РАЗМЕРЫ: длина—0,60 мм; высота—0,36 мм.

**СРАВНЕНИЕ.** Описанный вид по форме раковины обнаруживает некоторое сходство с *Limnocythere ornamentata Schweyer* [9] из ачкагыльских отложений Нижнего Поволжья. Отличается от него скульптурой створок—гладкой поверхностью и наличием булавовидных бугров.

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ.** Озерные отложения, слои с *Dreissensi diluvii* ленинаканской свиты Армении.

*Limnocythere schirakensis* sp. nov.

табл. 1, рис. 11

**ГОЛОТИП**—ИГН, № 374, изображен на табл. 1, рис. 11, правая створка с внешней стороны, Ленинаканский район, с. Ваграмаберд, обр. № 128.

**МАТЕРИАЛ.** Вид представлен небольшим количеством раковин (15 раковин и 10 отдельных створок) хорошей сохранности, найденных из глин и глинистых песчаников районов сс. Ваграмаберд (обр. № 2, 4), Арапи (разрез № 2, скв. № 23).

**ДИАГНОЗ.** Раковина среднего размера, удлинённая, оба конца округлены. Передний конец выше заднего. Спинной край прямой, брюшной—вогнутый посредине. Створки покрыты 10 крупными бугорками.

**ОПИСАНИЕ.** Раковина удлинённая, тонкостенная. Передний конец широко дугообразно закруглен и слабо наклонен к брюшному краю. Задний конец ниже переднего, равномерно закруглен. Спинной край прямой, наклонен к заднему концу. Брюшной край вогнут в средней части. Поверхность створок гладкая и снабжена 10 крупными высокими булавовидными шипами, которые располагаются на поверхности спинного края, три—вдоль брюшного края и последние три бугорка расположены в средней части створки. Порово-канальная зона широкая, уплощенная, снабжена редкими поровыми каналами.

**РАЗМЕРЫ:** длина—0,60 мм; высота—0,35 мм.

**СРАВНЕНИЕ.** Описанный вид по форме раковины обнаруживает некоторое сходство с *Limnocythere ramosa Schweyer* [9] из четвертичных отложений ленинаканской толщи. Отличается от него скульптурой створки.

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ.** Озерные отложения, слои с *Dreissensia diluvii* ленинаканской свиты Армении.

*Limnocythere leninacanic* sp. nov.

табл. 1, рис. 12

**ГОЛОТИП**—ИГН, № 376, изображен на табл. 1, рис. 12, левая створка с внешней стороны, Ленинаканский район с Айкаван (Баджогли), обр. № 157.

**МАТЕРИАЛ.** Имеется более 50 створок этого вида хорошей сохранности: встречаются в глинах районов сс. Ваграмаберд (разрез №№ 5, 6), Айкаван (обр. №№ 2, 3а), Арапи (разрез № 2, скв. № 23), Исаакян (разрез № 9).

**ДИАГНОЗ.** Раковина четырехугольная, створки покрыты ячейками и крупными бугорками.

**ОПИСАНИЕ.** Неправильно четырехугольная раковина, задний конец ниже переднего и оба конца равномерно закруглены. Спинной край прямой со слабым наклоном к заднему концу. Брюшной край вогнут в передней трети. Створки покрыты слабо выраженными 4—5-гранными ячейками и снабжены 5 крупными, высокими и 2 низкими бугорками, которые на поверхности створки располагаются следующим

образом: три крупных бугра расположены друг за другом вдоль спинного края, где между вторым и третьим бугром в сторону переднего конца расположен один низкий бугорок, 2 крупных бугра расположены позади брюшного края, более крупный из них изогнут в сторону заднего конца, второй, низкий бугорок, расположен впереди, близ переднего конца. Порово-канальная зона широкая с редкими, прямыми, тонкими поровыми каналами у переднего и заднего концов.

РАЗМЕРЫ: длина—0,71 мм; высота—0,40 мм.

СРАВНЕНИЕ. Данный вид по очертанию раковины обнаруживает наибольшее сходство с *Limnocythere schirakensis* sp. nov. из озерных, озерно-аллювиальных отложений Ленинанканского района. Отличается от него скульптурой створок, изогнутым книзу передним концом.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ. Озерные отложения, слои с *Dreissensia diluvii* ленинанканской свиты Армении.

Институт геологических наук  
АН Армянской ССР.

Поступила 7.XII.1982.

Ս. Ա. ԲՈՒԲԻԿՅԱՆ

ՇԻՐԱԿԻ ԳՈԳԱՎՈՐՈՒԹՅԱՆ ՎԵՐԻՆ ՊԼԻՈՑԵՆ-ՍՏՈՐԻՆ  
ՉՈՐՐՈՐԴԱԿԱՆԻ ՆՍՏՎԱԾՔՆԵՐԻ ՕՍՏՐԱԿՈՂՆԵՐԸ

Ա մ փ ո ի ու մ

Հոդվածում բերված են «Լենինականի շերտախմբի» լճային, լճա-ալյուվիալ նստվածքների ուղղաձիգ կտրվածքներում հայտնաբերված օստրակոգների մանրահնէաբանական ուսումնասիրությունների արդյունքները:

Հետազոտությունները պարզել են, որ միևնույն համալիրում միատեղ հանդիպում են թե՛ վերին պլիոցենի *Zimnocythere pliocenica* Suzin, *Candona compressaformis* Mandelstam, *C. convexa* Livalent, *Candoniella suzini* Mandelstam և թե՛ ստորին չորրորդականի հասակի *Candona eberstini* Mandelstam, *Candona armenica* sp. nov., *Advenocypris dorsodepressa* (Schweyer), *A. gracilis* Schneider, *A. aspinosa* Schneider, *A. triangularis* (Schweyer), *Limnoapthere ramose* Schweyer օստրակոգները, հետևաբար դրանց անջատման սահմանագիծը հնարավոր չէ նշել:

Այս տվյալները հնարավորություն են տալիս «Լենինականի շերտախմբի» լճային, լճա-ալյուվիալ նստվածքները վերագրել վերին պլիոցեն-ստորին չորրորդականի հասակին:

Հոդվածում բերվում է մի շարք բնորոշ ձևերի նկարագրությունը:

S. A. BUBIKIAN

THE SHIRAK BASIN UPPER PLIOCENE—LOWER QUATERNARY  
DEPOSITS OSTRACODA

A b s t r a c t

The „Leninakan suite“ lacustrine deposits Ostracoda investigations results are brought in this paper.

A rich specific complex of subsaline and sweet water Ostracoda fauna is revealed which is characteristic for Upper Pliocene—Lower Quaternary. The description of Ostracoda some typical species is brought.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Авакян Л. А. Четвертичные ископаемые млекопитающие Армении. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1959, 72с.
2. Агаларова Д. А., Кадырова З. К., Кулиева С. А. Остракоды плиоценовых и постплиоценовых отложений Азербайджана. Баку: Азгосиздат, 1961, 418с.
3. Бронштейн З. С. Фауна СССР. Ракообразные, т. II, вып. I, *Ostracoda* пресных вод. Зоол. Ин-т АН СССР, Нов. серия 1947, № 31, 335с.
4. Бубикян С. А. Остракоды из плиоценовых отложений Армении.—Изв. АН АрмССР, сер. геол. и геогр. наук, 1966, т. XIX, № 3, с. 10—21.
5. Геология Армянской ССР. Стратиграфия. том II. Ереван: Изд-во АН Арм. ССР, 1964, 432с.
6. Ливенталь В. Э. Остракоды акчагыльского и апшеронского ярусов по бабазананскому разрезу. Баку: Изд. Азерб. политехн. ин-та, 1929, 56с.
7. Мандельштам М. И., Шнейдер Г. Ф. Ископаемые остракоды СССР, Семейство *supraldidae*.—Тр. ВНИГРИ, Л.: вып. 203, Гостоптехиздат, 1963, 242 с.
8. Негадаев-Никонов К. Н. Остракоды континентального пленстоцена юга Европейской части СССР. Кишинев: Изд-во Штиинца, 1971, 213 с.
9. Швейер А. В. Основы морфологии и систематики плиоценовых и постплиоценовых остракод Тр. ВНИГРИ, Л., нов. серия, вып. 30, 1949, 108 с.
10. Sars G. O. An Account of the Crustacea of Norway, Bergens Mus. Ostracoda, vol. 9. 1928, 80 p.

Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, XXXVIII, № 4, 15—24, 1985.  
УДК:553.44(479.25)

А. А. КОДЖОЯН, С. С. МКРТЧЯН

## НЕКОТОРЫЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИВОЛЬНЕНСКОГО СВИНЦОВО-ЦИНКОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Излагаются представления об условиях формирования Привольненского свинцово-цинкового месторождения, залегающего в вулканогенно-осадочных породах. Результаты минералого-геохимических исследований руд и измененных пород дали возможность наметить условия формирования Привольненского месторождения и судить о физико-химических свойствах рудоносных растворов.

Вопросы генезиса полиметаллических месторождений, представленных пластообразными телами и залегающих в осадочных и вулканогенно-осадочных свитах, в настоящее время далеко не ясны. Привольненское свинцово-цинковое месторождение является одним из представителей подобного типа месторождений. Существующие взгляды на его генезис весьма разноречивы. Одни исследователи [7] считают месторождение осадочным, другие [1, 4, 5, 6]—придерживаются мнения о гидротермальном его образовании. Существует также точка зрения [2] на эксгалационно-осадочный генезис.

Нами сделана попытка собрать и проанализировать материал, необходимый для освещения дискуссионного вопроса о генезисе Привольненского месторождения. Не останавливаясь на общих чертах геологического строения Привольненского месторождения, особенности которого освещены в литературе [1, 4, 6], отметим, что в составе руд участвуют сфалерит, галенит, халькопирит, пирит, гематит, магнетит; встречаются аргентит, гринокит, алтант, борнит, теннантит; из нерудных минералов отмечаются кварц, хлорит, серицит, кальцит, сидерит. Характерна изменчивость содержания свинца (от 0,2 до 5,0%), цинка (от 0,1 до 7% и более) и меди (до 0,2%) в рудных залежах как по их простиранию, так и по падению.

С ф а л е р и т образует в основном вкрапленность и изредка прожилки в туфопесчаниках. Встречаются две разновидности сфалерита:

## ЛИТЕРАТУРА

1. Авакян Л. А. Четвертичные ископаемые млекопитающие Армении. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1959, 72с.
2. Агаларова Д. А., Кадырова З. К., Кулиева С. А. Остракоды плиоценовых и постплиоценовых отложений Азербайджана. Баку: Азгосиздат, 1961, 418с.
3. Бронштейн З. С. Фауна СССР. Ракообразные, т. II, вып. I, *Ostracoda* пресных вод. Зоол. Ин-т АН СССР, Нов. серия 1947, № 31, 335с.
4. Бубикян С. А. Остракоды из плиоценовых отложений Армении.—Изв. АН АрмССР, сер. геол. и геогр. наук, 1966, т. XIX, № 3, с. 10—21.
5. Геология Армянской ССР. Стратиграфия. том II. Ереван: Изд-во АН Арм. ССР, 1964, 432с.
6. Ливенталь В. Э. Остракоды акчагыльского и апшеронского ярусов по бабазананскому разрезу. Баку: Изд. Азерб. политехн. ин-та, 1929, 56с.
7. Мандельштам М. И., Шнейдер Г. Ф. Ископаемые остракоды СССР, Семейство *suprildidae*.—Тр. ВНИГРИ, Л.: вып. 203, Гостоптехиздат, 1963, 242 с.
8. Негадаев-Никонов К. Н. Остракоды континентального пленстоцена юга Европейской части СССР. Кишинев: Изд-во Штиинца, 1971, 213 с.
9. Швейер А. В. Основы морфологии и систематики плиоценовых и постплиоценовых остракод Тр. ВНИГРИ, Л., нов. серия, вып. 30, 1949, 108 с.
10. Sars G. O. An Account of the Crustacea of Norway, Bergens Mus. Ostracoda, vol. 9. 1928, 80 p.

Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, XXXVIII, № 4, 15—24, 1985.

УДК:553.44(479.25)

А. А. КОДЖОЯН, С. С. МКРТЧЯН

## НЕКОТОРЫЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИВОЛЬНЕНСКОГО СВИНЦОВО-ЦИНКОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Излагаются представления об условиях формирования Привольненского свинцово-цинкового месторождения, залегающего в вулканогенно-осадочных породах. Результаты минералого-геохимических исследований руд и измененных пород дали возможность наметить условия формирования Привольненского месторождения и судить о физико-химических свойствах рудоносных растворов.

Вопросы генезиса полиметаллических месторождений, представленных пластообразными телами и залегающих в осадочных и вулканогенно-осадочных свитах, в настоящее время далеко не ясны. Привольненское свинцово-цинковое месторождение является одним из представителей подобного типа месторождений. Существующие взгляды на его генезис весьма разноречивы. Одни исследователи [7] считают месторождение осадочным, другие [1, 4, 5, 6]—придерживаются мнения о гидротермальном его образовании. Существует также точка зрения [2] на эксгалационно-осадочный генезис.

Нами сделана попытка собрать и проанализировать материал, необходимый для освещения дискуссионного вопроса о генезисе Привольненского месторождения. Не останавливаясь на общих чертах геологического строения Привольненского месторождения, особенности которого освещены в литературе [1, 4, 6], отметим, что в составе руд участвуют сфалерит, галенит, халькопирит, пирит, гематит, магнетит; встречаются аргентит, гринокит, алтант, борнит, теннантит; из нерудных минералов отмечаются кварц, хлорит, серицит, кальцит, сидерит. Характерна изменчивость содержания свинца (от 0,2 до 5,0%), цинка (от 0,1 до 7% и более) и меди (до 0,2%) в рудных залежах как по их простиранию, так и по падению.

С ф а л е р и т образует в основном вкрапленность и изредка прожилки в туфопесчаниках. Встречаются две разновидности сфалерита:

сфалерит I в виде мелкозернистых выделений неправильной формы ассоциирует с пиритом, гематитом и магнетитом. Зерна и агрегаты сфалерита I пересекают и корродируют скопления ранее образованного пирита; нередко раздробленные агрегаты пирита сцементированы сфалеритом I (рис. 1а). С другой стороны, сфалерит повсеместно замещается гематитом и магнетитом. Для сфалерита I весьма характерна эмульсионевидная вкрапленность халькопирита. Обычно тонкая вкрапленность халькопирита распределяется вдоль зон роста сфалерита I, что, по-видимому, является результатом распада твердого раствора. Нередко в сфалерите I наблюдаются относительно крупные, ориентированно расположенные зерна халькопирита (рис. 1б) и его прожилки

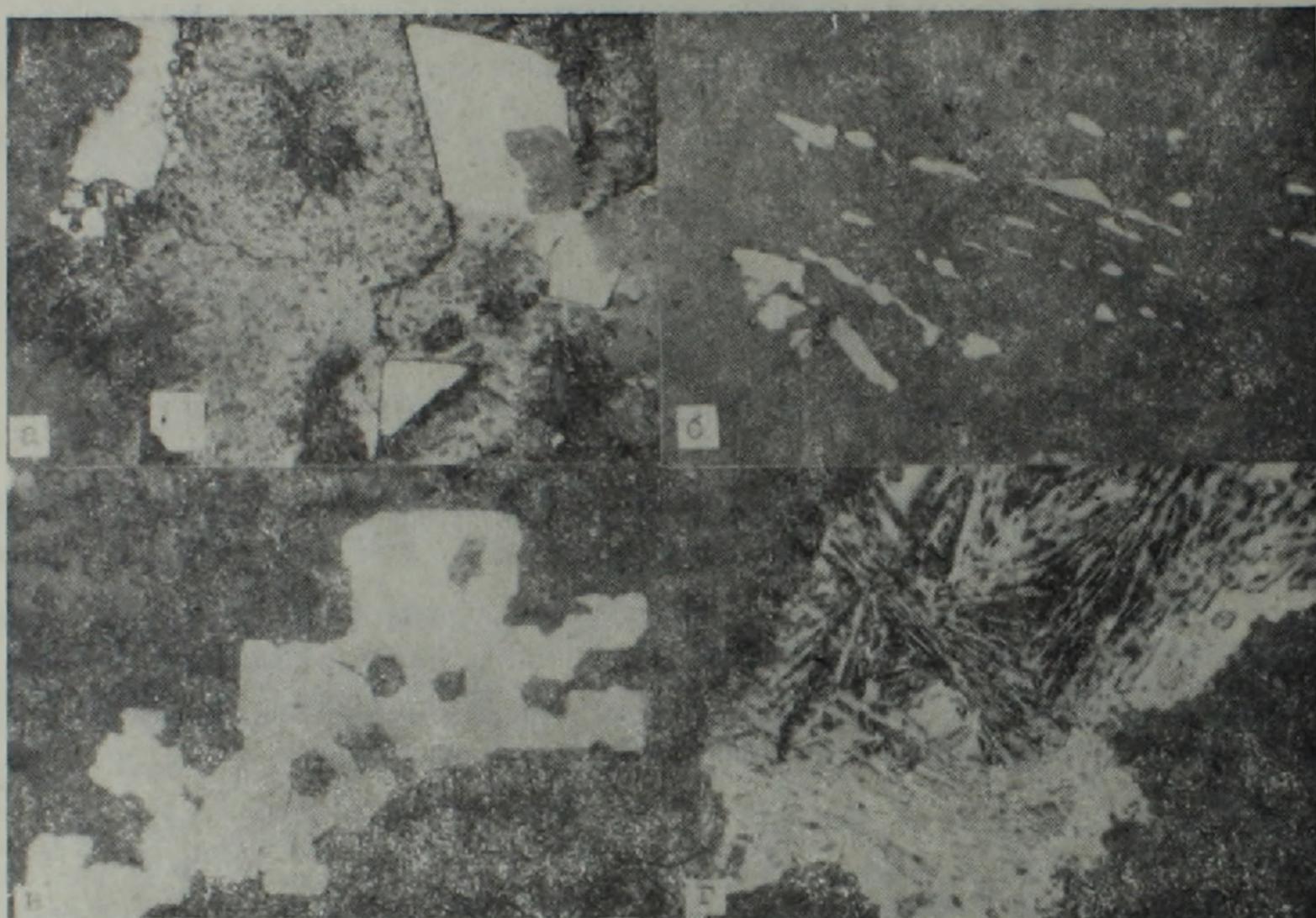


Рис. 1. а) Замещение кристаллов пирита (белое) сфалеритом (серое). Светлосерое—гематит. Черное—кварц. Темно-серое—туфопесчаник. Участок Черемша. Полир. шлиф. Ув. 90. б) Ориентированное расположение зерен халькопирита (белое) в сфалерите (серое). Участок Круглый бугор. Полир. шлиф. Ув. 40. в) Несовершенный кристалл галенита с реликтами вмещающей породы. Участок Круглый бугор. Полир. шлиф. Ув. 40. г) Реликты незамещенных агрегатов гематита (серое) в халькопирите (белое). Участок Вьючный. Полир. шлиф. Ув. 90.

Сфалерит II по сравнению со сфалеритом I является более поздним по времени образования. Он ассоциирует с халькопиритом, галенитом, борнитом. В ряде случаев сфалерит II образует с халькопиритом сложные структуры замещения, образовавшиеся в результате метасоматоза сфалерита по ранее образованному халькопириту. Форма выделения агрегатов сфалерита II в основном крупнокристаллическая, нередко встречаются хорошо ограненные кристаллы сфалерита (комбинации тетраэдров и комбинации куба и октаэдра).

Поскольку сфалерит II представляет лишь минералогический интерес, нами отобран и проанализирован сфалерит I, пользующийся наиболее широким распространением.

Таблица 1

Средние величины содержаний элементов-примесей в главных рудообразующих минералах Привольненского месторождения (по данным количественных спектральных анализов)

| Минералы            | С ф а л е р и т |               |         |         | Г а л е н и т |               |         |         | Х а л ь к о п и р и т |               |         |        | П и р и т |               |         |
|---------------------|-----------------|---------------|---------|---------|---------------|---------------|---------|---------|-----------------------|---------------|---------|--------|-----------|---------------|---------|
|                     | Вьючный         | Круглый бугор | Черемша | Леджан  | Вьючный       | Круглый бугор | Черемша | Леджан  | Вьючный               | Круглый бугор | Черемша | Леджан | Вьючный   | Круглый бугор | Черемша |
| участки м-ния       |                 |               |         |         |               |               |         |         |                       |               |         |        |           |               |         |
| количество анализов | 7               | 6             | 10      | 4       | 7             | 6             | 6       | 4       | 5                     | 3             | 3       | 4      | 5         | 4             | 4       |
| элементы            |                 |               |         |         |               |               |         |         |                       |               |         |        |           |               |         |
| Fe                  | 3,20            | 4,60          | 2,30    | 3,80    | 0,750         | 2,250         | 2,235   | 0,60    |                       |               |         |        |           |               |         |
| Mn                  | 0,270           | 1,220         | 1,130   | 0,207   | 0,900         | 2,300         | 0,010   | 0,32    | 0,050                 | 0,05          | 0,080   | 0,500  | 0,050     | 0,010         | 0,280   |
| Ni                  | 0,0010          | 0,0012        | 0,0008  | 0,0070  | 0,0001        | 0,00028       | 0,0009  | 0,0002  | 0,0008                | 0,0005        | 0,0010  | 0,0012 | 0,010     | 0,008         | 0,010   |
| Co                  | 0,040           | 0,030         | 0,008   | 0,0073  | 0,0015        | 0,0023        | 0,0020  | 0,00073 | 0,008                 | 0,0020        | 0,015   | 0,030  | 0,080     | 0,050         | 0,050   |
| Cu                  | 0,50            | 0,66          | 0,52    | 0,13    | 0,03          | 0,0850        | 0,017   | 0,029   |                       |               |         |        | 0,250     | 0,050         | 0,030   |
| Pb                  | 2,50            | 1,050         | 0,13    | 0,170   |               |               |         |         | 0,05                  | 0,08          | 0,01    | 0,10   | 0,500     | 0,030         | 0,120   |
| Ag                  | 0,0051          | 0,0050        | 0,0041  | 0,00045 | 0,15          | 0,17          | 0,032   | 0,26    | 0,0140                | 0,015         | 0,005   | 0,002  | 0,001     | 0,0001        | 0,0002  |
| Sb                  | —               | —             | —       | —       | —             | 0,006         | —       | 0,01    | —                     | —             | —       | —      | —         | —             | —       |
| Bi                  | 0,0050          | —             | 0,0002  | 0,00033 | 0,018         | 0,0015        | 0,00045 | 0,011   | 0,008                 | 0,005         | —       | —      | —         | —             | —       |
| As                  | 0,003           | —             | —       | —       | —             | —             | 0,017   | 0,017   | —                     | —             | —       | —      | 0,050     | —             | 0,010   |
| Cd                  | 0,28            | 0,17          | 0,33    | 0,14    | 0,040         | 0,090         | 0,0026  | 0,0075  | —                     | —             | —       | 0,010  | 0,020     | —             | 0,005   |
| Ge                  | 0,0003          | —             | 0,0001  | 0,0003  | —             | 0,0027        | —       | 0,0021  | —                     | —             | —       | —      | —         | —             | —       |
| Ga                  | 0,0003          | 0,0001        | 0,0001  | —       | 0,0002        | 0,00034       | 0,00026 | 0,00032 | 0,0001                | —             | —       | 0,0002 | 0,0008    | 0,0008        | 0,0006  |
| In                  | —               | —             | —       | —       | —             | —             | —       | —       | —                     | —             | —       | —      | —         | —             | —       |
| Au                  | 0,00032         | —             | —       | 0,00010 | 0,00016       | 0,00014       | 0,0001  | —       | —                     | —             | —       | —      | —         | —             | —       |
| Te                  | —               | 0,009         | 0,0084  | —       | 0,065         | 0,060         | 0,018   | 0,066   | 0,105                 | 0,108         | 0,056   | —      | —         | —             | —       |

В табл. 1 приводятся количественные спектральные анализы сфалерита I из различных участков месторождения. Как видно из этих данных, сфалерит I характеризуется сравнительно высокими и устойчивыми содержаниями железа (2,3—4,6%). Известно, что в рудах полиметаллических месторождений Армянской ССР широким распространением пользуются маложелезистые сфалериты, в которых средние значения железа не превышают 1,1%. Повышенная концентрация железа в сфалерите Привольненского месторождения может быть связана или с наличием в сфалерите халькопирита в виде минеральной примеси, или с изменением кислотности раствора и его окислительного потенциала, способным оказать существенное влияние на механизм вхождения железа в сфалерит [3].

Содержание кадмия в сфалерите составляет в среднем 0,25%. Наиболее высокие содержания кадмия обнаружены в сфалерите из участков Вьючный и Черемша. В этих же пробах фиксируется повышенная концентрация Bi, As, Au.

Галенит образует в основном вкрапленность в туфопесчаниках, местами относительно густую. Характерны кристаллически-зернистые его агрегаты. Подобно сфалериту галенит сечет и корродирует ранее отложенные пирит и халькопирит. Местами процесс замещения протекал настолько интенсивно, что эти минералы в зернах галенита сохранились в виде мелких обособленных реликтов. Признаки пересечения сфалерита галенитом свидетельствуют о более позднем времени образования последнего. Характерно совместное нахождение галенита с блеклой рудой, аргентитом, алтаитом, из нерудных минералов—кварцем, кальцитом.

Зерна галенита обычно имеют неправильную форму, в них нередко наблюдаются реликты вмещающей породы (рис. 1 в). Изредка встречаются кристаллы галенита кубической, тетраэдрической и таблитчатой форм.

Количественные спектральные анализы галенита (табл. 1) показывают, что по набору элементов-примесей галенит от сфалерита почти не отличается. Наиболее характерными из элементов-примесей являются серебро, висмут, мышьяк, сурьма. Содержание этих элементов много выше, чем в сфалерите (соответственно в среднем 0,153%, 0,0103%, 0,01%, 0,005%). Трудно сказать, связаны ли эти элементы с включениями блеклой руды или присущи самому галениту. Присутствие серебра, висмута и теллура, по-видимому, связано с наличием мелких включений теллуридов в галените.

Гематит, магнетит наряду со сфалеритом и галенитом пользуются на месторождении широким распространением. Гематит встречается в виде сплошных агрегатов, небольших гнезд, маломощных прожилков и вкрапленности в туфопесчаниках. Магнетит наблюдается в виде неправильной формы зерен. Он тяготеет в основном к участкам с обильными скоплениями кристаллов гематита. Форма выделений гематита в основном радиально-лучистая и сноповидная. О более позднем времени кристаллизации гематита по отношению к пириту и сфалериту свидетельствуют явления замещения и цементации обломков зерен пирита, а также повсеместное замещение агрегатов и зерен сфалерита гематитом. Вместе с тем гематит по времени образования опережает халькопирит, который выполняет промежутки между индивидами гематита (рис. 1 г).

Результаты количественных спектральных анализов гематита из различных участков месторождения показали повышенные концентрации: титана (0,01—0,04%), ванадия (0,01%), а также висмута (0,001—0,003%), цинка (0,02—0,03%).

Халькопирит имеет ограниченное распространение, встречается главным образом в виде вкрапленности в породах, реже небольших гнезд и маломощных прожилков. В количественном отношении он уступает сфалериту, галениту, гематиту.

При исследовании под микроскопом отчетливо устанавливается несколько разновидностей халькопирита. Однако большинство из них не имеет сколько-нибудь существенного значения и представляет лишь минералогический интерес. Так, халькопирит I встречается в единичных случаях в виде колломорфных образований. Колломорфные почки халькопирита I имеют небольшие размеры (1—3 мм). Ко второй разновидности (халькопирит II) относится эмульсионная вкрапленность, прожилки халькопирита, связанные со сфалеритом I. Наибольшим распространением пользуется халькопирит III, ассоциирующий с пиритом, гематитом, сфалеритом, галенитом, блеклой рудой. По времени образования халькопирит III более поздний по отношению к пириту и гематиту. Агрегаты халькопирита замещают таблитчатые кристаллы гематита (рис. 2а), сохраняя при этом отдельные его реликты. Со сфалеритом халькопирит III образует совместные, по-видимому, близкие по времени образования выделения. В одних случаях халькопирит III развивается метасоматически по сфалериту, образуя характерную структуру периферийных каемок, в других—наоборот, халькопирит III замещается сфалеритом, образуя решетчатые структуры.

Взаимоотношения халькопирита III с другими сульфидами свидетельствуют о более раннем времени его образования.

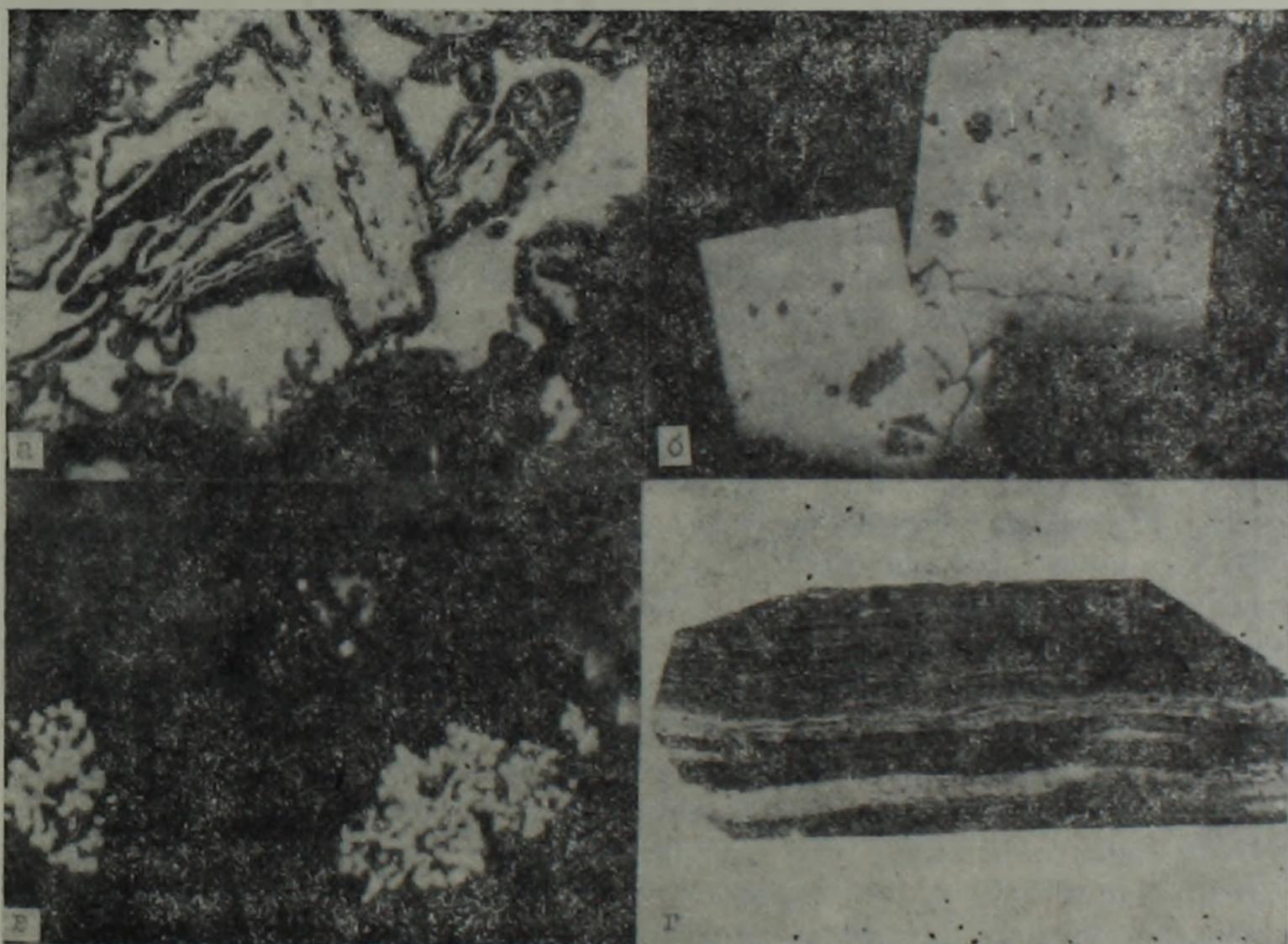


Рис. 2. а) Пластинчатые кристаллы гематита (светло-серое) в халькопиритовом агрегате (белое). Темно-серое—туфопесчаник. Участок Вьючный. Полир. шлиф. Ув. 40. б) Метакристаллы пирита первой генерации в туфопесчанике. Участок Черемша. Полир. шлиф. Ув. 40. в) Скопления мельчайших идиоморфных кристаллов пирита в туфопесчанике. Полир. шлиф. Ув. 320. г) Полосчато-вкрапленная текстура цинковой руды. Участок Черемша. Полир. штуф. Натур. вел.

В табл. I приведены результаты количественных спектральных анализов халькопирита. Следует отметить, что распределение серебра в халькопирите крайне неравномерно на разных участках месторождения. Так, на участках Вьючный и Круглый бугор наблюдаются значительно высокие содержания серебра в халькопирите (0,015%) по сравнению с другими участками (среднее 0,003%). Также повышены наряду с содержанием серебра содержания в халькопирите висмута.

Пирит представлен тремя разновидностями: первая разновидность (пирит I) развита в основном на участке Круглый бугор и представлена крупными идиоморфными кубическими кристаллами, нередко содержащими реликты рудовмещающей породы (рис. 2б). Вторая разновидность (пирит II) пользуется гораздо меньшим распространением, чем пирит I; встречается в виде мельчайших обособлений сферической формы. Глобулы пирита чаще образуют небольшие скопления—глобулиты, которые характеризуются шаровидной консистенцией и состоят из множества упорядоченно расположенных мельчайших сферических телец величиной до 0,02 мкм. При перекристаллизации пирита II внутри глобулита образуются микроскопические кристаллы кубической формы (рис. 2в). Обычно глобулиты обволакиваются кристаллически-зернистыми агрегатами халькопирита III и сфалерита II. Это свидетельствует о более раннем времени образования глобулитов по сравнению с ассоциирующими с ним минералами. Третья разновидность (пирит III) встречается в виде кристаллически-зернистых агрегатов в ассоциации с халькопиритом III, сфалеритом II, галенитом. При этом, как правило, зерна пирита катаклазированы и сцементированы более поздними рудными минералами—галенитом, сфалеритом.

По данным количественных спектральных анализов, в пиритах содержится большое количество элементов-примесей (табл. I). Из них наиболее часто встречаются марганец, медь, свинец, мышьяк, кадмий, галлий, серебро. Нахождение в пирите свинца и меди соответственно в среднем 0,22 и 0,11% связано с наличием минеральных примесей галенита и халькопирита, образующих с ним тонкие сростания.

Из минералов-примесей в рудах отметим алтаит, борнит, в очень незначительных количествах встречающийся в ассоциации с теннантитом и образующий мельчайшие включения в халькопирите и галените, и энаргит, также изредка встречающийся как микровключение в галените. Отметим каемки энаргита вокруг зерен халькопирита, что позволяет предположить его развитие за счет халькопирита.

В свете новых данных рассмотрим обоснования представлений о генезисе Привольненского свинцово-цинкового месторождения.

В качестве доказательств осадочного генезиса месторождения использовались следующие признаки [6]: 1) стратиграфический контроль оруденения: пластообразная форма залежей, их приуроченность к известковистым туфопесчаникам; 2) широкое развитие в рудах слоистых текстур; 3) отсутствие вблизи месторождения выходов интрузивных тел и каких-либо ясно выраженных рудоподводящих структур; 4) слабые изменения пород вокруг рудных тел.

Нетрудно заметить, что перечисленные признаки могут трактоваться по-разному и, следовательно, они не могут служить основой гипотезы об осадочном генезисе месторождения.

Экспериментально осадочный генезис месторождения доказывался Г. О. Григоряном [2], по данным которого полиметаллическое оруденение района было связано с фумарольно-сульфатарной деятельностью, сопровождавшей среднеэоценовый вулканизм. В период такой деятельности морская вода обогащалась соединениями свинца, цинка, меди, железа, и сульфиды этих металлов могли отла-

гаться в трещинах пород или осаждаться одновременно с накоплением осадков туфопесчаников.

Свои соображения Г. О. Григорян обосновывает следующим: 1) образование ассоциаций, в которых участвуют сульфиды, окислы и сульфаты и смена их парагенезисами сульфидов свинца и цинка, что свидетельствует о резком изменении окислительно-восстановительного потенциала среды; 2) присутствие сульфидной минерализации в слоях фельзитов, перемежающихся со слоями туфопесчаников.

Эта точка зрения, как и представления об осадочном генезисе месторождения, не может объяснить такие особенности оруденения, как его приуроченность к разным пластам пород на различных гипсометрических уровнях, и развитие метасоматических изменений пород вдоль тектонических зон. Эти особенности более типичны для месторождений гидротермального генезиса.

Принадлежность характеризующихся руд к гидротермальным образованиям признается большинством исследователей [1, 4, 5], которые свою точку зрения подкрепляют следующими данными:

1) широкое проявление в районе мощных зон гидротермально измененных пород с отдельными участками вкрапленных руд и гнездобразных залежей (проявление Круглая Шишка) и др;

2) тяготение рудоносных участков к зонам гидротермально измененных пород, контролируемых разрывными нарушениями, а также заметное увеличение содержания свинца и цинка по мере приближения к рудоносным падающим зонам и к дайкам диабаз-порфиров;

3) весьма неравномерное распределение минерализации в рудовмещающей толще.

Взгляды сторонников представлений о гидротермальной природе оруденения имеют некоторые различия. Одни исследователи [4] оруденение считают низкотемпературным (теплым), связанным с не вскрытыми интрузиями гранитоидов третичного возраста, другие [5] — средне- и высокотемпературным, относящимся к скарново-полиметаллической формации; предполагается, что оно генетически связано с очагом пород липаритовой (риолитовой) формации среднего-верхнего эоцена.

Следует отметить, что в основе приведенных рассуждений лежат прежде всего выявленные общие закономерности процесса развития месторождения, тогда как некоторые частные закономерности, как состав растворов, их природа, причины осаждения минералов и т. д. не нашли своего отражения в литературе.

Мы попытаемся, основываясь на анализе особенностей ассоциаций рудообразующих признаков, последовательности их выделения, выявить некоторые физико-химические закономерности процесса формирования месторождения.

Привольненское месторождение по совокупности минералогических, геохимических и геологических черт может быть отнесено к типу гидротермальных свинцово-цинковых в вулканогенно-осадочных породах. О наложенном и преимущественно метасоматическом характере руд свидетельствуют текстурно-структурные особенности минеральных агрегатов. Наиболее типичны унаследованно-полосчатые их текстуры. Есть основания полагать, что они возникли в результате избирательного замещения карбонатных прослоев и слоистых вулканогенно-осадочных пород рудными минералами. Замещению подвергались в основном карбонатные минералы: кальцит, доломит, а также глинистый материал. Характер полосчатых текстур руд проявляет зависимость от первичного строения рудовмещающих туфопесчаников. Там, где эти породы интенсивно рассланцованы, преимущественным развитием

пользуются тонкополосчатые руды (рис. 2г), в которых по плоскостям сланцеватости наблюдается мелкая вкрапленность сфалерита, галенита, халькопирита. Там, где породы интенсивно смяты, наблюдается плейчатая текстура руд в основном халькопирит-гематитового состава. Встречаются участки руд метаколлоидного строения; это «почки», сложенные агрегатами пирита. Они часто несут следы перекристаллизации с переходом в зернистые агрегаты.

Судя по унаследованно-полосчатым текстурам руд, они были образованы путем метасоматического замещения вмещающих пород рудными и жильными минералами, выделившимися из многокомпонентных гидротермальных растворов, с постоянно меняющимися температурными условиями и физико-химическими свойствами.

Свидетельством неоднократного изменения физико-химических параметров растворов (концентрация, рН, Eh, температура и др.) в процессе образования руд является распространение признаков замещения ранее выделенных минералов более поздними.

Схема последовательности минералообразования представляется следующей: кварц → хлорит → серицит → кальцит → пирит → сфалерит I → магнетит; гематит → сфалерит II → халькопирит, борнит, → галенит, алтаит → кальцит → кварц.

Попытаемся наметить тенденцию изменения состава и свойств растворов. Естественно, что минералообразующие, вероятно щелочные растворы, вступая во взаимодействие с известковистыми породами рудовмещающей толщи, должны были испытывать общее возрастание окислительного потенциала, сопровождающееся ослаблением кислотных свойств этих растворов, ибо вынос из пород щелочей и оснований (Ca, Mg, K, Na) и обогащение ими растворов должно было снижать их кислотность. В начале стадии процесса рудообразования окислительный потенциал растворов был достаточно высоким и характеризовался малой активностью серы ( $S^{2-}$ ), поэтому железо (в двухвалентном виде) высаживалось в виде силиката хлорита в ассоциации с кальцитом, кварцем и малым количеством пирита. Хлоритизация, серицитизация, карбонатизация вмещающих пород с отложением хлорита и кальцита происходили при падении кислотности раствора. Отложение серицита, вызванное замещением калием более слабых оснований Na, Ca, Mg, а также появление в конце этой ассоциации пирита и кальцита, показывает, что ассоциация минералов в предрудную стадию возникала в обстановке, где величина кислотности-щелочности растворов была близка к нейтральной.

Широкое проявление метасоматических реакций при замещении сульфидов сульфидами, сульфидов — окислами, окислов — сульфидами и др. свидетельствует о неустойчивости величины рН растворов. Сначала, со снижением температуры и увеличением диссоциации  $H_2S$  (Бетехтин, 1955) происходило снижение окислительного потенциала растворов, нарушалась устойчивость соединений цинка и меди в растворе и началось формирование ассоциации пирита, сфалерита, в меньшей степени халькопирита, сопровождающееся растворением ранее отложенных хлорита, серицита. Реакция растворов в этот период была щелочной, однако в момент образования гематита окислительный потенциал растворов резко возрастает. Образование гематита и магнетита в сульфидную стадию рудообразования свидетельствует о повышении роли кислорода, понижении активности серы, уменьшении щелочности растворов и перехода их в кислые. Это, возможно, связано с нарушением равновесия системы, вызванным тектоническими подвижками, обусловившими возникновение трещин и доступ кислорода по ним. Позднее кислотность растворов снижалась. Это должно быть выз-

вано повсеместным замещением пирита и сфалерита гематитом, что означает растворение ранее отложенных сульфидов цинка и железа и переход их в раствор. Следствием явилось нарушение равновесия в растворе и повышение концентрации серы. В обстановке понижения кислотности растворов возрастал их восстановительный потенциал, соединения цинка, меди и свинца снова становились устойчивыми. К концу процесса рудоотложения вновь менялся состав растворов и возрастал их окислительный потенциал, а также кислотные свойства. В этот период при обогащении растворов углекислотой и возросшей роли  $\text{CO}_2$  начиналось отложение кальцита, завершалась кристаллизация кварца, становились менее устойчивыми и ранее отложенные сульфиды.

Приведенные данные детального изучения текстурно-структурных и минералого-геохимических особенностей руд Привольненского месторождения, а также характера изменения состава и свойств растворов в процессе минералоотложения, согласуются с выводом о том, что это месторождение является типичным представителем среднетемпературных месторождений свинцово-цинковой формации в регионе.

Институт геологических наук  
АН Армянской ССР

Поступила 1.IV.1983

Ա. Հ. ԿՈՋՈՅԱՆ, Ս. Ս. ՄԿԵՐՏՉՅԱՆ

ՊՐԻՎՈԼՆՈՅԵ ԿԱՊԱՐ-ՑԻՆԿԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԻ  
ԱՌԱՋԱՑՄԱՆ ՈՐՈՇ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հաստատվում է, որ Պրիվոլնոյե հանքավայրի հանքանյութերը, որոնք տեղադրված են հրաբխածին-նստվածքային ապարներում, առաջացել են ներփակող ապարների՝ հանքային և երակային միներալներով մետասոմատիկ տեղակալման շնորհիվ: Վերջիններս անջատվել են բազմաբաղադրիչ ջրաջեղմներից՝ մշտապես փոփոխվող  $T$ ,  $pH$  և  $Eh$  պայմաններում: Այս պարամետրերի անկայունության մասին են վկայում մետասոմատիկ ռեակցիաները սուլֆիդների՝ սուլֆիդներով, օքսիդներով, այնուհետև դարձյալ սուլֆիդներով տեղակալման դեպքում: Հողվածում բերված տվյալները վկայում են այն մասին, որ Պրիվոլնոյե հանքավայրը կապար-ցինկային ֆորմացիայի միջին ջերմաստիճանային հանքավայրի տիպիկ օրինակ է:

A. H. KODJOYAN, S. S. MKERTCHIAN

SOME CONDITIONS OF THE PRIVOLNOYE LEAD-ZINC ORE  
DEPOSIT FORMATION

A b s t r a c t

Notions about Privolnoye lead-zinc ore deposit formation conditions are brought, which is deposited within the volcanogenous-sedimentary rocks. The ores and altered rocks mineralogical-geochemical investigations results gave an opportunity to outline the Privolnoye ore deposit formation conditions and to judge of the ore-bearing hydrotherms physical-chemical properties.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Азизбеков Ш. А., Амирасланов А. А., Асланян А. Т. и др. Геология свинцово-цинковых месторождений Кавказа и закономерности их размещения. М.: Госгеолтехиздат, 1962. 166 с.
2. Григорян Г. О. К вопросу о генезисе Привольненской группы полиметаллических месторождений Армянской ССР. Тр. Армгеолуправления. Ереван, 1959, № 2, с. 97—102.
3. Годовиков А. А., Птицын А. Б. О морфологии кристаллов искусственного гидротермального сфалерита. Минералог. сб. Львовск. геол. об-ва, 1966, № 20, вып. 1, с. 576—580.
4. Магакьян Н. Г., Пиджян Г. О., Фарамазян А. С. и др. Редкие и благородные элементы в рудных формациях Армянской ССР. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1972, 393 с.
5. Мкртчян С. С., Паффенгольц К. Н., Хачатурян Э. А. Алавердский рудный район. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1968. 153 с.
6. Пироникян В. О. Генезис Привольненского свинцово-цинкового месторождения. Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, 1973, т. XXVI, № 2, с. 42—51.
7. Саакян П. С., Саакян В. М. Рудоносная туфоосадочная формация Лорийского бассейна. Тр. VI Международной конф. по седимент., М.: 1965, № 1, с. 95—99.

Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, XXXVIII, № 4, 24—31, 1985.  
УДК:553.411+552.08:54.

С. С. ГРИГОРЯН

### ОСОБЕННОСТИ СОЛЕВОГО СОСТАВА ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РАСТВОРОВ И МЕТОДЫ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В работе рассматриваются: 1) возможности и ограничения методов определения солевого состава растворов и 2) показаны характерные особенности солевого состава гидротермальных растворов, формировавших Зодское золоторудное месторождение по результатам изучения газовой-жидких включений в минералах

Изучение вещественного состава рудных тел и минеральных ассоциаций гидротермальных месторождений геологическими методами не может полностью охарактеризовать состав рудообразующих флюидов. Это связано с тем, что флюиды содержали, кроме компонентов, входящих в состав руд, значительные количества летучих и легко подвижных компонентов, которые могли мигрировать на значительные расстояния от рудных тел.

Многочисленными исследователями [3, 7, 11, 12] показано, что исходный состав рудообразующих флюидов фиксируется включениями в минералах. Поэтому изучение включений может оказаться важным ключом для расшифровки характера минералообразующих процессов.

Согласно проведенным ранее исследованиям, жидкая фаза включений представляет собой водный солевой раствор умеренной концентрации и содержит в основном ионы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $(\text{HCO}_3)^-$ ,  $(\text{SO}_4)^{2-}$  и  $\text{F}^-$ .

Постановка такой работы связана со значительными аналитическими трудностями, обусловленными низкими концентрациями определяемых компонентов, а также с возможностью загрязнения исследуемого материала при выделении монофракций исследуемых материалов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Азизбеков Ш. А., Амирасланов А. А., Асланян А. Т. и др. Геология свинцово-цинковых месторождений Кавказа и закономерности их размещения. М.: Госгеолтехиздат, 1962. 166 с.
2. Григорян Г. О. К вопросу о генезисе Привольненской группы полиметаллических месторождений Армянской ССР. Тр. Армгеолуправления. Ереван, 1959, № 2, с. 97—102.
3. Годовиков А. А., Птицын А. Б. О морфологии кристаллов искусственного гидротермального сфалерита. Минералог. сб. Львовск. геол. об-ва, 1966, № 20, вып. 1, с. 576—580.
4. Магакьян Н. Г., Пиджян Г. О., Фарамазян А. С. и др. Редкие и благородные элементы в рудных формациях Армянской ССР. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1972, 393 с.
5. Мкртчян С. С., Паффенгольц К. Н., Хачатурян Э. А. Алавердский рудный район. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1968. 153 с.
6. Пироникян В. О. Генезис Привольненского свинцово-цинкового месторождения. Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, 1973, т. XXVI, № 2, с. 42—51.
7. Саакян П. С., Саакян В. М. Рудоносная туфоосадочная формация Лорийского бассейна. Тр. VI Международной конф. по седимент., М.: 1965, № 1, с. 95—99.

Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, XXXVIII, № 4, 24—31, 1985.  
УДК:553.411+552.08:54.

С. С. ГРИГОРЯН

### ОСОБЕННОСТИ СОЛЕВОГО СОСТАВА ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РАСТВОРОВ И МЕТОДЫ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В работе рассматриваются: 1) возможности и ограничения методов определения солевого состава растворов и 2) показаны характерные особенности солевого состава гидротермальных растворов, формировавших Зодское золоторудное месторождение по результатам изучения газовой-жидких включений в минералах

Изучение вещественного состава рудных тел и минеральных ассоциаций гидротермальных месторождений геологическими методами не может полностью охарактеризовать состав рудообразующих флюидов. Это связано с тем, что флюиды содержали, кроме компонентов, входящих в состав руд, значительные количества летучих и легко подвижных компонентов, которые могли мигрировать на значительные расстояния от рудных тел.

Многочисленными исследователями [3, 7, 11, 12] показано, что исходный состав рудообразующих флюидов фиксируется включениями в минералах. Поэтому изучение включений может оказаться важным ключом для расшифровки характера минералообразующих процессов.

Согласно проведенным ранее исследованиям, жидкая фаза включений представляет собой водный солевой раствор умеренной концентрации и содержит в основном ионы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $(\text{HCO}_3)^-$ ,  $(\text{SO}_4)^{2-}$  и  $\text{F}^-$ .

Постановка такой работы связана со значительными аналитическими трудностями, обусловленными низкими концентрациями определяемых компонентов, а также с возможностью загрязнения исследуемого материала при выделении монофракций исследуемых материалов.

## Методика исследования состава растворов флюидных включений

Существуют две группы методов определения состава газовой-жидких включений:

1. Исследование состава включений без их нарушения:
  - а) путем замораживания содержимого жидких включений [3, 7];
  - б) по показателям преломления жидкости во включениях [4].
2. Исследование состава включений путем их вскрытия:
  - а) ультрамикрхимическим анализом крупных включений [11];
  - б) методом водной вытяжки [12].

Первые три являются прямыми, но имеют ряд существенных ограничений. Во-первых, исследуемые включения должны быть довольно крупными. Во-вторых, содержимое включений должно быть представлено простыми соединениями (например, NaCl). Содержание других солей, присутствующих в растворенном виде, будет искажать действительные концентрации компонентов раствора [12].

Так как включения в изучаемом нами материале очень мелкие (как правило, от 3 до 10 мкм), целесообразно исследования проводить по методу определения суммарного состава растворов включений. Наиболее широкое применение для этой цели получил метод водной вытяжки, который дает возможность определить валовый усредненный солевой состав включений.

При определении состава растворов методом водной вытяжки в настоящее время принимаются два основных способа вскрытия включений:

1. Вскрытие включений путем растирания пробы (механический способ).
2. Вскрытие включений путем растрескивания (термический способ).

Некоторые возможные ошибки анализа при определении солевого состава методом водной вытяжки рассматриваются в работе [12]. В ней Д. Н. Хитаровым и Т. М. Суцевской показано, что при растирании пробы возможно растворение минерала-хозяина и примесей в нем, а также сорбция ионов порошком исследуемого минерала.

Источником возможных ошибок анализа вытяжки, приготовленной после декрепитационного метода вскрытия включений, могут быть: 1) поступление в раствор вытяжки некоторых посторонних по отношению к включениям компонентов при разложении минерала-хозяина и примесей в нем при высоких температурах; 2) потеря части содержимого включения за счет неполного вскрытия включений [7, 12]; 3) сорбция компонентов включений на стенках кварцевой трубки, где происходило вскрытие включений.

Н. И. Савельевой и Г. Б. Наумовым [8] проведена сравнительная оценка концентраций NaCl в растворах включений, полученная методами криометрии, а также по результатам анализа водных вытяжек, приготовленных как после растирания, так и после декрепитации пробы. Удовлетворительная сходимость данных, получаемых методами декрепитации и криометрии, приводит этих исследователей к выводу о предпочтительности метода экстракции включений по сравнению с растиранием (растертые пробы дают завышенные результаты).

Для лучшей промывки включений после их растрескивания В. В. Малаховым [5] был предложен метод приготовления водной вытяжки с ультразвуковой обработкой.

С целью выяснения возможных источников ошибок проведена работа по определению солевого состава раствора включений методом водной вытяжки с термическим и механическим способом вскрытия включений (термическим способом вскрытие включений сопровожда-

лось ультразвуковой обработкой водной вытяжки). Полученные данные показывают, что при использовании механического способа вскрытия включений получаемые концентрации катионов завышены по сравнению с результатами, полученными при термическом вскрытии включений. И одновременно метод истирания приводит к более монотонным, «сглаженным» результатам для минералов, взятых из различных минеральных ассоциаций, что не наблюдается в результатах, полученных при термическом вскрытии включений (табл. 1). Отмеченный факт нами объясняется загрязнением водной вытяжки компонентами вторичных включений, вскрываемых при растирании пробы. Нами были проведены наблюдения за ходом декрепитации включений под микроскопом. Установлено, что первичные и первично-вторичные газожидкие включения при температуре декрепитации вскрываются со взрывом, часть вторичных и полностью расшнурованных газожидких и жидких включений не вскрывается при растрескивании образца. В результате внутреннего давления на стенках включений образуются микротрещинки, по которым газовая составляющая включений уходит, водная часть испаряется ( $t$  выше  $100^{\circ}\text{C}$ ), а солевые компоненты, вероятно, частично садятся на стенках включений и при растирании пробы попадают в раствор вытяжки.

Так как вторичные газожидкие включения содержат иногда значительные количества раствора, то становится понятным и расхождение результатов при определении солевого состава растворов по вытяжкам для данной минеральной ассоциации, приготовленным разными методами. Нивелирование состава раствора водной вытяжки также, вероятно, объясняется большой долей вещества вторичных включений в составе водной вытяжки, приготовленной методом растирания пробы.

Таблица 1

Концентрация солевых компонентов раствора включений в кварце, экстрагированных разными методами

| Стадии минерализации           | Декрепитация (г-экв/кг $\text{H}_2\text{O}$ ) |               |                  |              |                    | Растирание (г-экв/кг $\text{H}_2\text{O}$ ) |               |                  |              |                    |
|--------------------------------|---|---------------|------------------|--------------|--------------------|---|---------------|------------------|--------------|--------------------|
|                                | $\text{K}^+$                                  | $\text{Na}^+$ | $\text{HCO}_3^-$ | $\text{F}^-$ | $\text{SO}_4^{2-}$ | $\text{K}^+$                                | $\text{Na}^+$ | $\text{HCO}_3^-$ | $\text{F}^-$ | $\text{SO}_4^{2-}$ |
|                                | Дорудная                                      | 0,01          | 0,09             | 0,26         | 0,006              | не обн                                      | 0,08          | 0,33             | 0,30         | 0,08               |
| Раннесульфидная (продуктивная) | 0,01  | 0,02          | 0,59             | 0,002        | —                  | 0,09  | 0,43          | 0,67             | 0,29         | 1,85               |
|                                | 0,11  | 0,62          | 0,23             | сл.          | —                  | 0,14  | 0,77          | 0,45             | 0,12         | 0,51               |
| Позднесульфидная (пострудная)  | 0,16  | 0,92          | 1,19             | сл.          | —                  | 0,24  | 1,12          | 1,66             | 0,68         | 0,80               |
|                                | 0,01  | 0,25          | 0,16             | 0,020        | 0,03               | 0,12  | 0,36          | 0,94             | 0,17         | 0,07               |
|                                | 0,01  | 0,43          | 0,58             | 0,006        | не обн             | 0,11  | 0,46          | 0,95             | 0,12         | 0,51               |

Результаты, полученные при анализе водной вытяжки, пересчитываются на состав раствора включений на основе данных по содержанию воды, характеризующейся только первичными и первично-вторичными включениями (вода нами получена хроматографическим методом по тем же образцам) [2, 10]. В итоге имеем, с одной стороны, суммарный солевой состав раствора водной вытяжки, характеризующейся первичными и вторичными включениями, а с другой—содержание воды, соответствующее только первичным включениям. Все это может быть причиной ошибок при анализе солевого состава растворов включений.

Особенно большие расхождения наблюдаются при определении концентраций иона  $\text{SO}_4^{2-}$  в водных вытяжках, приготовленных методами декрепитации и растирания (см. табл. 1). Расхождения в резуль-

татах в этом случае, по-видимому, обусловлены окислением микропримесей сульфидов при растирании.

Таким образом, можно видеть, что все используемые в настоящее время методы вскрытия включений при определении их солевого состава не лишены определенных недостатков. На изучаемом нами материале лучшие результаты получаются при использовании декрепитационного метода вскрытия включений, поэтому мы отдаем предпочтение этому методу. Однако, следует иметь в виду, что получаемые при этом результаты неполностью отвечают истинному составу гидротермального раствора и лишь с определенной степенью приближения позволяют судить об основных характеристиках гидротермального раствора.

### Подготовка пробы к анализу включений

При исследовании включений мы уделяли значительное внимание подготовке пробы к анализам. Прежде всего, необходимо добиться того, чтобы образец представлял генетически однородную пробу. Так как в большинстве случаев минеральный состав крупных рудных тел представлен минералами разновременных ассоциаций, то более удобными для работы являются образцы, извлеченные из мелких жил и прожилков, сложенных минералами одной минеральной ассоциации. Затем образец должен быть изучен макро- и микроскопически. При макроскопическом изучении следует наметить наиболее чистые участки образца, которые в дальнейшем следует раздробить до фракции 0,25—0,5 мм. Микроскопическое изучение (просмотр прозрачных и полированных шлифов) позволяет уточнить состав минеральной ассоциации и характер временных взаимоотношений минералов.

Из разработанной пробы всеми возможными минералогическими методами (деление в тяжелых жидкостях, электромагнитная сепарация, визуальная очистка под биноклем) выделяется мономинеральный препарат (обычно состоящий из кварца) исследуемого минерала. Следует обращать особое внимание на чистоту исследуемого препарата, так как даже небольшое количество примесей таких широкопространенных минералов, как карбонаты, галек, гидрослюды, полевые шпаты, сульфиды, приводит к серьезным ошибкам в результатах определений таких основных компонентов гидротермального раствора, как  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  и т. п. Отобранную пробу минерала обрабатывают при кипячении соляной кислотой (1:1), для удаления следов карбонатов, возможно пропущенных при отборе. Далее пробу тщательно промывают дистиллированной водой и высушивают при температуре 105°C.

Для исследования состава раствора включений, характеризующего данную минеральную ассоциацию, необходимо избавиться от вторичных включений. Нами первоначальный нагрев проводился при 150°C. Выбор температуры нагрева сделан на основе анализа кривых декрепитации [1]. После удаления таким путем основной массы вторичных включений пробу еще раз обрабатывают соляной кислотой (1:1) для удаления солевых компонентов и следов возможно присутствующих карбонатов внутри зерен. После этого проба промывается дистиллированной водой и сушится при 105°C. В результате обработки исследуемого материала описанным выше способом мы получаем пробу, характеризующуюся в основном первичными и первично-вторичными включениями, и полученные данные анализа таких включений более точно отражают состав минералообразующих растворов для данного этапа минералообразования.

## Изучение солевого состава растворов включений

Выделенную мономинеральную пробу кварца весом  $\sim 3\text{г}$  помещали в кварцевую трубку и нагревали до температуры декрепитации первичных и первично-вторичных включений (до  $600^\circ\text{C}$ ). Приготовление водной вытяжки проводили при соотношении тв:ж = 1:3. Дополнительное извлечение солевых компонентов в водную вытяжку после термического вскрытия включений проводили с помощью ультразвуковой установки в течение 15 мин. После отстаивания растворов центрифугировали и анализировали.

Расчет содержания ионов в растворе включений проводили по данным анализа трех последовательных водных вытяжек, при этом из результатов анализа первой вычитали данные по третьей вытяжке. Вторая вытяжка рассматривалась как промывочная и ее результаты не учитывались [12].

В водных вытяжках определяли следующие компоненты:  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  (табл. 1 и 2).

Для определения  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  использовали метод атомной абсорбции. Бикарбонат и сульфат ионы определяли объемным методом, хлор и фтор ионы — потенциометрическим методом, с помощью ион-селективных электродов. Полученные данные приведены в табл. 2. Анализ табл. 2 позволяет сделать вывод о характере эволюции гидротермальных растворов, сформировавших основные минеральные ассоциации месторождения.

Состав флюидных включений из кварца, соответствующих дорудной стадии, характеризуется преобладанием  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ . В целом это согласуется с минеральным составом дорудных кварцевых жил, характеризующихся присутствием талька, анкерита и доломита в приальбандовых частях дорудных кварцевых прожилков. Вероятно, на общий состав растворов, формировавших дорудную минеральную ассоциацию месторождения, существенное влияние оказывал преимущественно магнезиальный характер вмещающих пород месторождения.

Судя по составу газовой-жидких включений в кварце продуктивных ассоциаций, растворы, формировавшие продуктивные рудные тела, характеризуются повышенными, по отношению к более ранним растворам, концентрациями калия и натрия. Повышенные концентрации калия и натрия в процессе эволюции гидротермального раствора, вероятно, обуславливают отмеченную Г. А. Саркисяном [9] при околорудном метасоматозе смену развития серпентинизации, оталькования и антигоритизации в дорудный этап минералообразования на околожилльную лиственитизацию, гидрослюдизацию и серицитизацию сопровождающих формирование кварц-карбонат-пирит-арсенопиритовых кварц-карбонат-сульфидных и кварц-карбонат-золото-теллурических жил.

О характере растворов, из которых шло формирование позднесульфидных ассоциаций, можно судить по составу газовой-жидких включений, извлеченных из кварца и кальцита кварц-карбонат-антимонитовых, кварц-карбонат-реальгаровых рудных тел и пострудных кварц-кальцитовых жил. Судя по полученным данным, растворы, формировавшие руды этой стадии, отличаются прежде всего повышенной концентрацией  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  и повышенным отношением  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  и характеризуются  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  солевым составом (см. табл. 2).

Характерны низкие концентрации фтор-иона в растворах, образовавших продуктивные минеральные ассоциации. В ранних и поздних растворах содержание фтор-иона варьирует от 0,002 до 0,009 экв/кг  $\text{H}_2\text{O}$ .

Солевой состав растворов и соотношение компонентов

Таблица 2

| Стадии минерализации | Минеральные ассоциации   | № образца   | Концентрация компонентов (г-экв/кг Н <sub>2</sub> О) |      |                 |                 |                 |       |       |                               | Соотношение компонентов Na/K |       |
|----------------------|--|---|--|------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|-------|-------------------------------|------------------------------|-------|
|                      |  |   | K  | Na   | Ca <sup>×</sup> | Mg <sup>×</sup> | NH <sub>4</sub> | F     | Cl    | HCO <sub>3</sub> <sup>×</sup> |                              |       |
| 1                    | 2  | 3   | 4  | 5    | 6               | 7               | 8               | 9     | 10    | 11                            | 12                           |       |
| Дорудная             | Дорудная   | 121   | 0,01   | 0,09 | 0,32            | 1,27            | —               | 0,006 | 0,42  | 0,26                          | 9,00                         |       |
|                      | кварцевая  | 124   | 0,01   | 0,02 | 0,63            | 1,20            | —               | 0,002 | 0,15  | 0,59                          | 2,00                         |       |
| Раннесульфидная      | Кварц-карбонат-<br>-пирит-арсенопиритовая  | 117   | 0,02   | 0,19 | 0,77            | 1,28            | —               | 0,001 | 0,01  | 0,96                          | 9,50                         |       |
|                      |  | 138   | 0,02   | 0,34 | 0,26            | 0,05            | 0,08            | 0,001 | 0,04  | 0,16                          | 17,00                        |       |
|                      |  | 242   | 0,01   | 0,04 | 0,11            | 0,20            | 0,08            | 0,001 | 0,03  | 0,09                          | 4,00                         |       |
|                      | Кварц-карбонат-<br>-сульфидная и кварц-<br>карбонат-золототеллуровая<br>(продуктивные) | 122а  | 0,10   | 0,49 | —               | —               | 0,60            | 0,001 | 0,01  | 0,43                          | 4,90                         |       |
|                      |  | 153   | 0,16   | 0,92 | 1,21            | 1,20            | 2,03            | 0,001 | 0,39  | 1,19                          | 5,75                         |       |
|                      |  | 210   | 0,11   | 0,62 | 1,22            | 0,01            | 0,77            | 0,001 | 1,55  | 0,23                          | 5,64                         |       |
|                      |  | 233   | 0,20   | 1,17 | 1,48            | 0,82            | 2,29            | 0,001 | 0,37  | 1,55                          | 5,85                         |       |
|                      | Позднесульфидная   | Кварц-карбонат-антимонито-<br>вая и кварц-карбонат-<br>реальгаровая | 153а   | 0,01 | 0,43            | 0,44            | 0,75            | 0,96  | 0,006 | 0,45                          | 0,58                         | 43,00 |
|                      |  |   | 178  | 0,04 | 0,33            | 0,95            | 1,45            | —     | 0,001 | 0,08                          | 0,74                         | 8,25  |
|                      |  |   | 210а   | 0,04 | 0,28            | 0,74            | 0,10            | 0,79  | 0,011 | 0,21                          | 0,21                         | 7,00  |
| 241                  |  |   | 0,01   | 0,25 | 0,19            | 0,12            | 0,33            | 0,020 | 0,41  | 0,16                          | 25,00                        |       |
| Кварц-кальцитовая    | 173  | 0,01  | 0,16   | 0,13 | 0,02            | —               | 0,001           | 0,32  | 0,09  | 16,00                         |                              |       |
|                      | 188  | 0,01  | 1,18   | 0,33 | 0,12            | —               | 0,001           | 2,40  | 0,58  | 18,00                         |                              |       |
|                      | 268  | 0,02  | 0,20   | 0,05 | 0,07            | 0,03            | 0,009           | 0,06  | 0,28  | 10,00                         |                              |       |

Примечание: 1) Сера в сульфатной форме в водных вытяжках обнаружена в пробах (242, 241).

2) Концентрации могут быть завышены из-за возможного присутствия вростков карбонатов.

Другой отличительной чертой состава изученных гидротермальных растворов является отсутствие в них сульфат-иона. Некоторое количество сульфат-иона (установлено в двух образцах 241, 242) характерно для начала кристаллизации растворов раннесульфидной и позднесульфидной стадий, что связано, вероятно, с поступлением новых растворов в систему [2].

Небезынтересно сравнить полученные нами данные с литературными. Наибольший объем исследований в этой области приводится в монографии В. Г. Моисеенко [6]. Основным вывод, который делает В. Г. Моисеенко, сводится к тому, что в составе гидротермальных растворов продуктивных стадий, формировавших месторождения разных золоторудных формаций Дальнего Востока, Na преобладает над K. Почти постоянно присутствовали, иногда в значительных количествах,  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , а также  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{Cl}^-$  — ионы, составляющие основу анионной группы. Близость полученных нами результатов по Зодскому золоторудному месторождению к данным, приводимым В. Г. Моисеенко по другим золоторудным месторождениям, свидетельствует о том, что полученная картина в общем типична для золоторудных месторождений.

В целом солевой состав растворов на исследуемом золоторудном месторождении характеризуется преобладанием  $\text{Na}^+$  над  $\text{K}^+$  значительной ролью  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , преобладанием  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{Cl}^-$  над  $\text{F}^-$ .

Институт геологических наук  
АН Армянской ССР

Поступила II.XI.1983

Ս. Ս. ԳՐԻԳՈՐԻԱՆ

ՈՍԿԻ ՊԱՐՈՒՆԱԿՈՂ ԶՐԱԶԵՐՄԵՐԻ ԱՂԱՅԻՆ ԿԱԶՄԻ  
ԱՌԱՆՁՆԱԶԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԵՎ ՆՐԱՆՅ ՈՐՈՇՄԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Քննարկելով զաղահեղուկային ներփակումների ուսումնասիրման միջոցով ջրաջերմերի աղային կազմի որոշման մեթոդները՝ պարզվում է, որ իրականությունն ավելի մոտ տվյալներ են ստացվում այդ ներփակումների պայթեցման (գեկրեպիտացիա) մեթոդի կիրառման դեպքում:

Զոդի հանքավայրն ստաջացնող ջրաջերմերում աղային կազմը բնորոշվում է հետևյալ հատկանիշներով՝  $\text{Na}^+$  իոնի գերակշռությամբ  $\text{K}^+$ -ի նկատմամբ,  $\text{Ca}^{2+}$  և  $\text{Mg}^{2+}$  իոնների նշանակալի դերով, ինչպես նաև  $(\text{HCO}_3)^-$  և  $\text{Cl}^-$  իոնների գերակշռությամբ  $\text{F}^-$ -ի նկատմամբ:

S. S. GRIGORIAN

THE AURIFEROUS HYDROTHERMAL SOLUTIONS SALINE COMPOSITION PECULARITIES AND ITS DETERMINATION METHODS

A b s t r a c t

The possibilities and limitations of solutions saline composition determination methods are considered. On the basis of the minerals gaseous-liquid inclusions study the hydrothermal solutions saline composition characteristic peculiarities are shown which have formed the Zod gold ore deposit.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Григорян С. С., Козеренко С. В., Манучарянц Б. О. Температурные условия формирования некоторых золоторудных месторождений Армянской ССР. Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1981, № 2. с. 65—73.
2. Григорян С. С. Физико-химические условия формирования некоторых золоторудных месторождений Армянской ССР: Дисс. на соискание уч. ст. канд. геол.-мин. наук. М.: ГЕОХИ, 1983. 180 с.
3. Ермаков Н. П. Исследования минералообразующих растворов. Харьков: Изд. ХГУ, 1950, 380 с.
4. Калюжный В. А. Измерение показателей преломления свободных жидкостей и мяточных растворов, заключенных в минералах, на столике Федорова. Минерал. сб. Львовск. геол. об-ва, № 8, 1954. с. 315—344.
5. Малахов В. В. Экспериментальные исследования химического состава газово-жидких включений в минералах некоторых месторождений золота и олова Приамурья: Дисс. на соискание уч. степени канд. геол.-мин. наук. М.: ГЕОХИ, 1978. 154 с.
6. Моисеенко В. Г. Геохимия и минералогия золоторудных районов Дальнего Востока. М.: Наука, 1977. 300 с.
7. Реддер Э. Флюидные включения как реликты рудообразующих флюидов. В кн.: «Геохимия гидротермальных рудных месторождений». М.: Мир, с. 428—479.
8. Савельева Н. И., Наумов Г. Б. Особенности вскрытия флюидных включений для определения их состава методом водной вытяжки. В кн.: Методы и аппаратура для исследования включений минералообразующих сред. М.: Наука, 1980, с. 109—117.
9. Саркисян Г. А. Гидротермальные метасоматиты Зодского золоторудного месторождения и некоторые вопросы их генезиса: Дисс. на соискание уч. ст. канд. геол.-мин. наук. М.: ЦНИГРИ, 1970. 175 с.
10. Суцневская Т. М., Григорян С. С., Князева С. Н., Козеренко С. В. Результаты изучения газовых компонентов рудообразующих растворов золоторудного месторождения. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, № 3. с. 45—53.
11. Хитаров Н. И., Ренгартен Е. В., Лебедева Н. Е. Химический состав жидких включений исландского шпата и вопросы генезиса. Геохимия, 1958, № 3, с. 214—221.
12. Хитаров Д. Н., Суцневская Т. М. Анализ состава жидкой фазы включений в минералах гидротермального генезиса. В кн.: Методы и аппаратура для исследования включений минералообразующих сред. М.: Наука, 1980. с. 80—109.

Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, XXXVIII, № 4, 31—38, 1985.  
УДК: 553.068.51:550.4

Т. Г. БОЙНАГРЯН, В. Р. БОЙНАГРЯН

### ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЫХЛЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БАССЕЙНА СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ р. АГСТЕВ

Рассматриваются рыхлые отложения элювиального и склонового ряда бассейна среднего течения р. Агстев. Обращается внимание на их химический состав и распределение в них отдельных элементов, вычислены коэффициенты, характеризующие интенсивность геохимических процессов в разных по генезису отложениях. Делается вывод, что геохимические особенности рыхлых отложений могут помочь в уточнении их генезиса и физико-географических условий осадконакопления.

Рыхлые отложения плиоцен-четвертичного возраста в пределах Армянской ССР в отношении особенностей их вещественного состава до сегодняшнего дня изучены недостаточно. Такое положение создано вследствие того, что геологи (литологи) ограничивались изучением более древних пород, а геоморфологи республики основное внимание уделяли рельефу без исследования вещества, слагающего этот рельеф. Например, много писалось о моренах Армении, однако особенности их состава были изучены лишь недавно [5].

Несколько особняком стоят работы Т. А. Айрапетяна, А. Р. Давтяна и Ю. В. Саядяна, которые основное внимание уделяют возраст-

## ЛИТЕРАТУРА

1. Григорян С. С., Козеренко С. В., Манучарянц Б. О. Температурные условия формирования некоторых золоторудных месторождений Армянской ССР. Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1981, № 2. с. 65—73.
2. Григорян С. С. Физико-химические условия формирования некоторых золоторудных месторождений Армянской ССР: Дисс. на соискание уч. ст. канд. геол.-мин. наук. М.: ГЕОХИ, 1983. 180 с.
3. Ермаков Н. П. Исследования минералообразующих растворов. Харьков: Изд. ХГУ, 1950, 380 с.
4. Калюжный В. А. Измерение показателей преломления свободных жидкостей и мяточных растворов, заключенных в минералах, на столике Федорова. Минерал. сб. Львовск. геол. об-ва, № 8, 1954. с. 315—344.
5. Малахов В. В. Экспериментальные исследования химического состава газово-жидких включений в минералах некоторых месторождений золота и олова Приамурья: Дисс. на соискание уч. степени канд. геол.-мин. наук. М.: ГЕОХИ, 1978. 154 с.
6. Моисеенко В. Г. Геохимия и минералогия золоторудных районов Дальнего Востока. М.: Наука, 1977. 300 с.
7. Реддер Э. Флюидные включения как реликты рудообразующих флюидов. В кн.: «Геохимия гидротермальных рудных месторождений». М.: Мир, с. 428—479.
8. Савельева Н. И., Наумов Г. Б. Особенности вскрытия флюидных включений для определения их состава методом водной вытяжки. В кн.: Методы и аппаратура для исследования включений минералообразующих сред. М.: Наука, 1980, с. 109—117.
9. Саркисян Г. А. Гидротермальные метасоматиты Зодского золоторудного месторождения и некоторые вопросы их генезиса: Дисс. на соискание уч. ст. канд. геол.-мин. наук. М.: ЦНИГРИ, 1970. 175 с.
10. Суцневская Т. М., Григорян С. С., Князева С. Н., Козеренко С. В. Результаты изучения газовых компонентов рудообразующих растворов золоторудного месторождения. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, № 3. с. 45—53.
11. Хитаров Н. И., Ренгартен Е. В., Лебедева Н. Е. Химический состав жидких включений исландского шпата и вопросы генезиса. Геохимия, 1958, № 3, с. 214—221.
12. Хитаров Д. Н., Суцневская Т. М. Анализ состава жидкой фазы включений в минералах гидротермального генезиса. В кн.: Методы и аппаратура для исследования включений минералообразующих сред. М.: Наука, 1980. с. 80—109.

Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, XXXVIII, № 4, 31—38, 1985.  
УДК: 553.068.51:550.4

Т. Г. БОЙНАГРЯН, В. Р. БОЙНАГРЯН

### ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЫХЛЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БАССЕЙНА СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ р. АГСТЕВ

Рассматриваются рыхлые отложения элювиального и склонового ряда бассейна среднего течения р. Агстев. Обращается внимание на их химический состав и распределение в них отдельных элементов, вычислены коэффициенты, характеризующие интенсивность геохимических процессов в разных по генезису отложениях. Делается вывод, что геохимические особенности рыхлых отложений могут помочь в уточнении их генезиса и физико-географических условий осадконакопления.

Рыхлые отложения плиоцен-четвертичного возраста в пределах Армянской ССР в отношении особенностей их вещественного состава до сегодняшнего дня изучены недостаточно. Такое положение создано вследствие того, что геологи (литологи) ограничивались изучением более древних пород, а геоморфологи республики основное внимание уделяли рельефу без исследования вещества, слагающего этот рельеф. Например, много писалось о моренах Армении, однако особенности их состава были изучены лишь недавно [5].

Несколько особняком стоят работы Т. А. Айрапетяна, А. Р. Давтяна и Ю. В. Саядяна, которые основное внимание уделяют возраст-

ному подразделению рыхлых отложений и, за редким исключением, не вдаются в рассмотрение их состава.

В то же время состав рыхлых отложений (гранулометрия, минералогия, химия) имеет существенное значение, ибо рыхлые отложения могут содержать полезные ископаемые (россыпи), использоваться в качестве строительного материала, быть средой зарождения опасных инженерно-геологических процессов (оползней, обвалов, селей и т. п.). Данные по составу рыхлых отложений можно использовать для определения генезиса, физико-географических условий осадконакопления, стратиграфических целей [12].

Литература, в которой рассматриваются особенности состава рыхлых отложений Армянской ССР (гранулометрия, минералогия, геохимия, физические свойства и т. п.), представлена небольшим числом работ [1—7, 11].

Ниже, на примере бассейна среднего течения р. Агстев делается попытка частично восполнить пробел в изучении рыхлых отложений Армянской ССР, в частности, геохимических особенностей элювиального и склонового парагенетических рядов<sup>1</sup>.

Среди рыхлых отложений в бассейне среднего течения р. Агстев нами выделены элювиальные, склоновые, водные и техногенные образования.

Элювиальный ряд представлен элювием и элювио-делювием.

Элювий выделен на выровненных и слегка наклонных (до 5°) участках рельефа и включает в себя различные продукты физического и химического выветривания, оставшиеся на месте. В гранулометрическом отношении элювий представлен: а) различными супесями и суглинками с меняющимся от места к месту количеством щебенки и дресвы; б) дресвяно-щебенистыми накоплениями с примесью песка, супеси или суглинка; в) песчано-дресвяными накоплениями (на выветривающихся гранодиоритах).

Элювио-делювий является переходным от элювиального ряда к склоновому и формируется на пологих склонах крутизной 5—8°. Он представляет собой продукты выветривания, частью подвергнутые незначительному смещению, а частью—оставшиеся на месте. В гранулометрическом отношении среди элювио-делювия выделяются супеси, суглинки, щебенисто-дресвяные и песчаные накопления.

Содержание глинистых частиц (фракция < 0.005 мм) меняется в широких пределах: 1—13% (среднее по 20 пробам—4.7%)<sup>2</sup> в элювии и 0.5—12.8% (среднее по 30 пробам—4.4%) в элювио-делювии.

Вещественный состав элювия и элювио-делювия отличается мало. В легкой подфракции преобладают глинистые частицы и разложенные зерна (90—99%). В небольшом количестве встречаются плагиоклазы (2—6%), кварц (1—2%), иногда гипс и вулканическое стекло. В тяжелой подфракции основную часть составляют руды: магнетит—40—78%, гематит—7—30%, лимонит—до 5%. Из других минералов в заметном количестве встречается только авгит—5—25%. В элювио-делювии иногда небольшие пики содержания образуют обыкновенная роговая обманка (до 5—10%), гиперстен (до 3.5—7%) и эпидот (до 13%). В элювии в виде знаков или в количестве до 0.5—1% встречаются сфен, базальтическая роговая обманка, биотит, циркон, рутил, актинолит, медь, золото. В элювио-делювии в очень малых количествах

<sup>1</sup> Материал, положенный в основу данной статьи, собран авторами в период работ Дилижанской экспедиции ИГН АН АрмССР. В полевых работах участвовал также А. А. Гаспарян.

<sup>2</sup> Все виды анализов выполнены в лабораториях ИГН АН АрмССР.

встречаются сфен, биотит, циркон, базальтическая роговая обманка, апатит, барит.

Глинистые минералы представлены монтмориллонитом. В качестве примеси в элювио-делювии присутствуют хлорит, гидрослюда и кальцит, а в элювии—кальцит (эндотермический пик с максимумом при 900°C). В элювиальных суглинках много тонкодисперсной органики (экзотермическая реакция с максимумом при 300—400°C).

Результаты химического анализа элювиальных и элювио-делювиальных отложений показывают несколько большее содержание  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  и  $\text{TiO}_2$  в элювио-делювии и  $\text{CaCO}_3$ , а также оксидов железа—в элювии (табл. 1).

Химический состав элювия позволяет отнести его к обызвесткованному типу, а присутствие большого количества  $\text{CaCO}_3$  в элювии обуславливает щелочную реакцию среды, в которой происходит образование вторичных минералов.

Склоновые отложения подразделены нами на гравитационную (коллювий обрушения: обвальные и осыпные накопления; коллювий оползания: оползневые и дефлюкционные накопления) и делювиальную (коллювий смывания) группы.

Таблица 1

Химический состав рыхлых отложений, % (средние величины)

| Окислы                  | Элюви-<br>альные<br>отложения,<br>5 проб | Элювио-дел-<br>ювиальные<br>отложения,<br>15 проб | Оползневые<br>отложения,<br>5 проб | Дефлюк-<br>ционные<br>отложения,<br>16 проб | Делюви-<br>альные<br>отложения,<br>10 проб | Покровные<br>отложения,<br>10 проб |
|-------------------------|--|---|------------------------------------|---|--|------------------------------------|
| $\text{SiO}_2$          | 42,59                                    | 49,18   | 57,13                              | 52,06                                       | 51,17                                      | 49,42                              |
| $\text{TiO}_2$          | 0,71                                     | 0,84  | 0,48                               | 1,06  | 0,83                                       | 3,04                               |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ | 14,20                                    | 17,13   | 16,98                              | 6,71  | 15,29                                      | 12,32                              |
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | 7,03                                     | 6,34  | 4,42                               | 6,71  | 5,76                                       | 5,41                               |
| $\text{FeO}$            | 0,85                                     | 0,71  | 1,29                               | 0,82  | 0,61                                       | 0,39                               |
| $\text{MnO}$            | 0,15                                     | 0,15  | 0,09                               | 0,12  | 0,11                                       | 0,13                               |
| $\text{CaO}$            | 12,25                                    | 6,11  | 2,52                               | 5,72  | 5,58                                       | 8,58                               |
| $\text{MgO}$            | 1,98                                     | 2,92  | 1,99                               | 2,41  | 2,33                                       | 4,30                               |
| $\text{H}_2\text{O}^-$  | 3,80                                     | 3,74  | 2,37                               | 3,17  | 4,40                                       | 3,39                               |
| п п п                   | 2,38                                     | 5,43  | 7,53                               | 4,65  | 2,77                                       | 5,25                               |
| $\text{P}_2\text{O}_5$  | 0,03                                     | 0,14  | 0,11                               | 0,15  | 0,19                                       | 0,15                               |
| $\text{CO}_2$           | 12,20                                    | 4,57  | —                                  | 2,66  | 7,40                                       | 3,44                               |
| $\text{Na}_2\text{O}$   | 0,47                                     | 1,63  | 2,35                               | 1,74  | 1,63                                       | 2,24                               |
| $\text{K}_2\text{O}$    | 1,95                                     | 2,10  | 3,05                               | 2,47  | 2,16                                       | 1,98                               |
| Σ                       | 100,59                                   | 100,59  | 100,31                             | 100,45                                      | 100,23                                     | 100,04                             |

Отложения склонового ряда представлены супесями, суглинками, глинами с разным содержанием дресвы и щебенки, а также песчаными, дресвяно-щебенистыми и щебенисто-дресвяными накоплениями. Содержание глинистых частиц (фракция < 0,005 мм) составляет: 0,1—12,3% (среднее по 45 пробам—4,1%) в дефлюкционных и 2—12,3% (среднее по 25 пробам—5,8%) в делювиальных отложениях.

Вещественный состав склоновых отложений в целом сходен друг с другом и представлен в легкой подфракции глинистыми частицами и разложенными зернами, а в тяжелой—в основном рудными минералами.

Результаты химического анализа склоновых отложений (табл. 1) показывают, что в них, по сравнению с накоплениями элювиального ряда, больше  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$ . Остальные компоненты химического состава содержатся примерно в одинаковых количествах.

Химический состав изученных нами рыхлых отложений свидетельствует о большом гипергенном преобразовании склоновых образований, из которых вынесены легко растворимые соединения. Это подтверждается и вычисленными геохимическими коэффициентами:  $\text{CaO} : \text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O}$ ,  $(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) : \text{Al}_2\text{O}_3$  и др. (табл. 2).

Известно, что чем ниже геохимические коэффициенты, тем порода более выветрелая, а при их увеличении уменьшается интенсивность геохимических процессов [9—10].

Таблица 2

Геохимические коэффициенты рыхлых отложений (средние величины)

| Генетический тип отложений | $(\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) : \text{Al}_2\text{O}_3$ | $\text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{MgO}$ | $\text{CaO} : \text{MgO}$ | $\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O}$ | $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{TiO}_2$ |
|----------------------------|---|--------------------------------------|---------------------------|--|--|
| Элювий                     | 1,03  | 3,55                                 | 6,19                      | 4,15                                       | 20,0                                   |
| Элювио-делювий             | 0,57  | 2,17                                 | 2,09                      | 1,29                                       | 20,39                                  |
| Оползневые отложения       | 0,47  | 2,22                                 | 1,27                      | 1,30                                       | 35,38                                  |
| Дефлюкционные отлож.       | 0,59  | 2,78                                 | 2,37                      | 1,42                                       | 15,76                                  |
| Делювий                    | 0,61  | 2,47                                 | 2,39                      | 1,33                                       | 18,42                                  |
| Покровные отложения        | 1,04  | 1,26                                 | 2,00                      | 0,88                                       | 4,05                                   |

По таблице 2 видно, что вычисленные коэффициенты выше у элювиальных отложений, ибо интенсивность геохимических процессов в них ниже. Это и понятно, т. к. удаление неустойчивых соединений из элювия затруднено по сравнению со склоновыми отложениями.

Слабо изучены вопросы применения данных спектральных анализов при исследовании рыхлых отложений [12]. Поэтому мы сделали попытку выяснить, имеются ли какие-нибудь закономерности в распределении микроэлементов по генетическим типам рыхлых отложений. Изучение результатов спектрального анализа более чем 100 проб показало, что, осреднив полученные данные, можно уловить некоторые закономерности.

На основании наших вычислений получается, что в элювиальных отложениях концентрируются малоподвижные элементы: Si, Fe. В элювио-делювии при высоком содержании Si достигает максимума содержание Al, который не может уйти далеко из-за своей небольшой подвижности в геохимических процессах. Из микроэлементов в элювио-делювии концентрируются Mn, Pb, Ga, Y, Yb, Ba. В делювиальных отложениях отмечается повышенное содержание только Ca, а в дефлюкционных — Zr, Li, As (табл. 3). Равномерно распределен во всех генетических типах рыхлых отложений Zn (0,0032 %).

Высокие содержания большинства химических элементов (Mg, Na, K, Ni, Co, Ti, V, Cr, Mo, Cu, Sr, Be, Sc) в покровных отложениях связаны, на наш взгляд, с их выносом из склоновых отложений и концентрацией в супесях и суглинках, перекрывающих аллювий высоких террас р. Агстев<sup>1</sup>.

Обращает на себя внимание поведение сходных элементов. По таблице 3 видно, что при сходных химических свойствах элемент с меньшим кларком мигрирует энергичнее. Так, Mg уходит дальше, чем Ca; Na и K, имеющие один и тот же кларк, концентрируются в покровных отложениях; Sr мигрирует энергичнее Ba.

<sup>1</sup> К покровным отложениям мы относим супеси и суглинки, перекрывающие аллювий высоких террас р. Агстев. Эти мелкоземистые накопления мощностью до 4—8 м обычно не содержат каменного материала (лишь изредка встречаются мелкая щебенка и дресва), карбонатизированные, довольно плотные, белесые в сухом и ржаво-коричневые или ржаво-бурые во влажном состоянии.

Таблица 3

Средние содержания химических элементов в рыхлых отложениях разного генезиса

| Элемент | Элювий<br>(20 проб) | Элювио-<br>делювий<br>(40 проб) | Делювий<br>(20 проб) | Дефлюк-<br>ционные<br>отложения<br>(40 проб) | Покровные<br>отложения<br>(20 проб) | Кларки по<br>А. П. Ви-<br>ноградову |
|---------|---------------------|---------------------------------|----------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1       | 2                   | 3                               | 4                    | 5  | 6                                   | 7                                   |
| Si      | 10,0                | 10,0                            | 8,88                 | 9,68   | 10,0                                | 29,5                                |
| Al      | 6,6                 | 8,68                            | 7,45                 | 7,45   | 8,3                                 | 8,05                                |
| Mg      | 3,1                 | 4,40                            | 2,61                 | 3,65   | 5,33                                | 1,87                                |
| Ca      | 2,6                 | 3,74                            | 5,70                 | 3,35   | 5,52                                | 2,96                                |
| Fe      | 6,3                 | 5,64                            | 4,11                 | 4,07   | 5,61                                | 4,65                                |
| Na      | 1,1                 | 1,69                            | 1,36                 | 1,81   | 1,91                                | 2,50                                |
| K       | 2,0                 | 2,05                            | 1,81                 | 1,77   | 2,49                                | 2,50                                |
| Mn      | 0,08                | 0,118                           | 0,0873               | 0,0869                                       | 0,057                               | 0,1                                 |
| Ni      | 0,0035              | 0,0057                          | 0,0046               | 0,0065                                       | 0,0092                              | 0,0058                              |
| Co      | 0,001               | 0,00169                         | 0,001                | 0,001  | 0,002                               | 0,0018                              |
| Ti      | 0,41                | 0,574                           | 0,585                | 0,511  | 0,620                               | 0,45                                |
| V       | 0,0067              | 0,0196                          | 0,0178               | 0,0147                                       | 0,0253                              | 0,009                               |
| Cr      | 0,0024              | 0,0062                          | 0,0115               | 0,0051                                       | 0,0124                              | 0,0083                              |
| Mo      | 0,00018             | 0,0003                          | 0,00032              | 0,00016                                      | 0,00032                             | 0,00011                             |
| Zr      | 0,0105              | 0,0156                          | 0,0124               | 0,0238                                       | 0,022                               | 0,017                               |
| Cu      | 0,0133              | 0,0127                          | 0,0186               | 0,0093                                       | 0,0892                              | 0,0047                              |
| Pb      | 0,00048             | 0,00096                         | 0,00042              | 0,00042                                      | 0,00042                             | 0,0016                              |
| Zn      | 0,0032              | 0,0032                          | 0,0032               | 0,0032                                       | 0,0030                              | 0,0083                              |
| Ga      | 0,0013              | 0,00159                         | 0,00126              | 0,00126                                      | 0,00139                             | 0,0019                              |
| Y       | 0,0032              | 0,00345                         | 0,002                | 0,0029                                       | 0,0028                              | 0,0029                              |
| Yb      | 0,00021             | 0,00028                         | 0,00017              | 0,0002                                       | 0,00025                             | 0,00033                             |
| Sr      | 0,0305              | 0,0457                          | 0,0217               | 0,0319                                       | 0,047                               | 0,034                               |
| Ba      | 0,029               | 0,032                           | 0,0235               | 0,0227                                       | 0,030                               | 0,065                               |
| Li      | 0,0049              | 0,0057                          | 0,0059               | 0,0068                                       | 0,0055                              | 0,0032                              |
| Be      | 0,00013             | 0,00022                         | 0,00013              | 0,00037                                      | 0,0004                              | 0,00038                             |
| Sc      | 0,0001              | 0,0011                          | 0,001                | 0,00052                                      | 0,0013                              | 0,001                               |
| As      | —                   | 0,0056                          | —                    | 0,0068                                       | —                                   | 0,00017                             |
| P       | 0,825               | 0,0135                          | 0,011                | 0,0051                                       | 0,028                               | 0,093                               |

Заслуживают внимания также вычисленные отношения ряда микроэлементов (табл. 4).

Таблица 4

Средние величины отношений ряда микроэлементов в рыхлых отложениях разного генезиса

| Генетический тип отложений | Ti/V  | Ti/Cu | Ti/Ba | Ba/Cu | Ba/V | V/Cu |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Элювий                     | 61,19 | 30,83 | 14,14 | 2,18  | 4,33 | 0,50 |
| Элювио-делювий             | 29,29 | 45,19 | 17,94 | 2,52  | 1,63 | 1,54 |
| Делювий                    | 32,87 | 31,45 | 24,89 | 1,26  | 1,32 | 0,95 |
| Дефлюкционные отложения    | 34,76 | 54,95 | 22,51 | 2,44  | 1,54 | 1,58 |
| Покровные отложения        | 24,50 | 6,95  | 20,67 | 0,34  | 1,19 | 0,28 |

По табл. 4 и рис. 1 видно, как изменяются вычисленные отношения микроэлементов в зависимости от их содержания в разных генетических типах рыхлых отложений. Ti/V достигает максимума в элювиальных отложениях, в которых оба элемента содержатся в минимальном количестве. Максимум отношений Ti/Cu и V/Cu в дефлюкционных и Ba/Cu в элювио-делювиальных отложениях связан с уменьшением в них содержания Cu. Отношение Ti/Ba связано с изменением

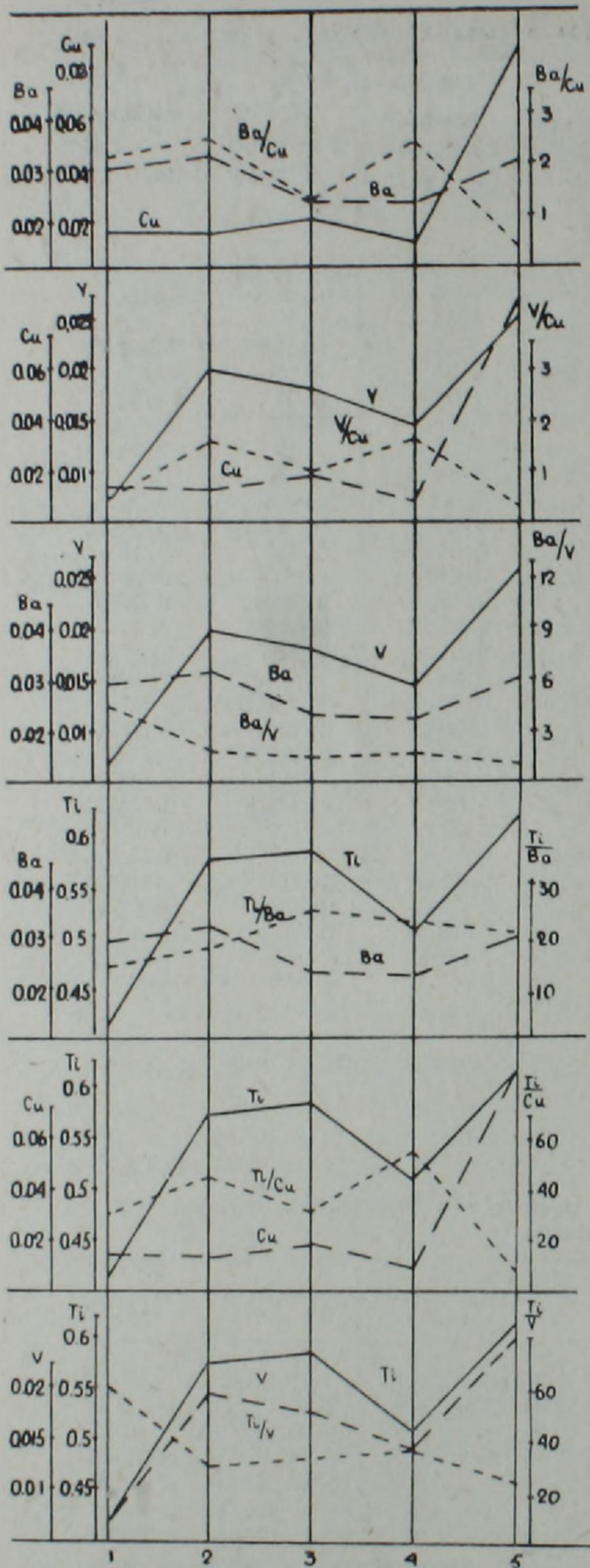


Рис. 1. Изменение содержаний отдельных химических элементов и их отношений в разных генетических типах рыхлых отложений. 1—элювий, 2—элювио-делювий, 3—делювий, 4—дефлюкционные отложения, 5—покровные отложения.

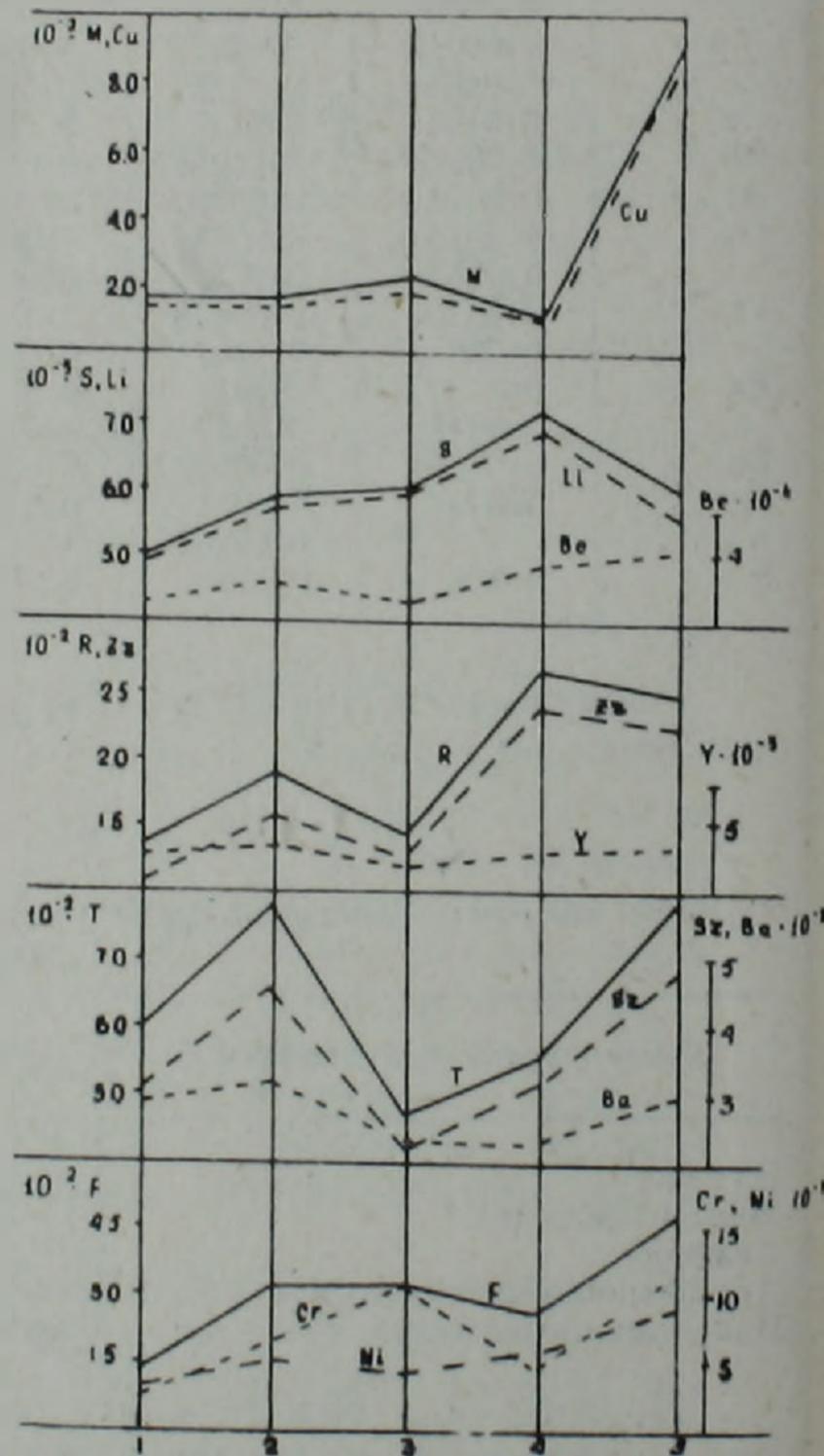


Рис. 2. Изменение содержаний отдельных химических элементов и комплексных геохимических коэффициентов в разных генетических типах рыхлых отложений. 1—5 соответствуют тем же типам, что и на рис. 1.

содержания обоих элементов и достигает максимума в делювиальных отложениях. Максимум отношения  $Ba/V$  в элювии обусловлен минимумом в нем  $V$ .

При изучении данных спектральных анализов возникает проблема использования обширного материала по каждому элементу. Большое количество элементов, определяемых при этом, затрудняет анализ, поэтому Н. Н. Амшинский, а затем и И. Л. Комов стремились изучать сходные элементы совместно, рассматривая их в виде определенных комплексных геохимических коэффициентов [8—9].

Наши вычисления показали (см. табл. 5 и рис. 2), что элементы группы железа ( $F = Cr + V + Ni + Co$ ) и металлические элементы ( $M = Cu + Pb + Zn$ ) концентрируются в покровных супесях и суглинках. В элювио-делювии отмечается повышенное содержание рассеянных пороодообразующих элементов ( $T = Sr + Ba + Ga$ ), а в дефлюкционных отложениях — редких ( $R = La + Y + Yb + Nb + Zr + Ta$ ) и малых петрогенных ( $S = Be + Li + B + Rb$ ) элементов.

Таблица 5

Средние величины комплексных геохимических коэффициентов рыхлых отложений разного генезиса ( $\times 10^{-3}$ )

| Генетический тип отложений | F     | T     | R     | S    | M     |
|----------------------------|-------|-------|-------|------|-------|
| Элювий                     | 13,58 | 60,80 | 13,91 | 5,03 | 16,98 |
| Элювио-делювий             | 33,17 | 79,29 | 19,33 | 5,92 | 16,86 |
| Делювий                    | 34,90 | 46,46 | 14,57 | 6,03 | 22,22 |
| Дефлюкционные отложения    | 27,30 | 55,86 | 26,90 | 7,17 | 12,92 |
| Покровные отложения        | 48,90 | 78,39 | 25,05 | 5,90 | 92,62 |

Таким образом, изучение геохимии рыхлых отложений элювиального и склонового ряда показало, что им присущи определенные особенности, связанные с интенсивностью их гипергенного преобразования. Химический состав рыхлых отложений и распределение в них микроэлементов могут помочь в уточнении их генезиса и физико-географических условий накопления.

Институт геологических наук АН Арм. ССР,  
Ереванский государственный университет

Поступила 10.III.1983.

Տ. Գ. ԲՈՅՆԱԳՐՅԱՆ, Վ. Ռ. ԲՈՅՆԱԳՐՅԱՆ

ԱՂՍՏԵՎ ԳԵՏԻ ՄԻՋԻՆ ՀՈՍԱՆՔԻ ԱՎԱԶԱՆԻ ՓՈՒԽՐ ՆՍՏՎԱԾՔՆԵՐԻ  
ԵՐԿՐԱՔԻՄԻԱԿԱՆ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

### Ա մ փ ո փ ու մ

Հողվածում քննարկված են Աղստև գետի միջին հոսանքի ավազանի էլյուվիալ և լանջային փուխր նստվածքներին վերաբերվող որոշ հարցեր: Ուշադրություն է դարձվում ապարների քիմիական կազմին և նրանց մեջ տեղաբաշխված առանձին քիմիական տարրերին. հաշվարկված են գործակիցներ, որոնք բնութագրում են տարրեր ծագման նստվածքներում երկրաքիմիական պրոցեսների ուժգնությունը: Եզրակացություն է արված, որ փուխր նստվածքների երկրաքիմիական առանձնահատկությունները կարող են օգնել ճշտելու նրանց ծագումը և նստվածքագոյացման ֆիզիկա-աշխարհագրական պայմանները:

## GEOCHEMICAL PECULARITIES OF THE AGHSTEV RIVER MIDDLE COURSE BASIN FRIABLE FORMATIONS

## A b s t r a c t

The Aghstev river middle course basin eluvial and talus series friable deposits are considered in this paper. Their chemical composition and some elements distribution are emphasized as well as the geochemical processes intensity coefficients are calculated for deposits of various origin. It is shown the geochemical peculiarities of friable deposits to promote their origin and the deposition physical-geographical conditions specification.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Айрапетян Т. А., Градусов Б. П., Черняховский А. Г. Почво-элювии палеогеновых порфиритов в лесных ландшафтах северной Армении.—Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1975, т. 28, № 4, с. 77—85.
2. Айрапетян Т. А., Черняховский А. Г., Градусов Б. П., Бальян А. С. Первичные почвенно-элювиальные образования основных биоклиматических поясов массива г. Арагац.—Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1975, т. 28, № 2, с. 78—93.
3. Бальян А. С., Айрапетян Т. А. О происхождении и палеогеографическом развитии белозема Армении.—Учен. зап. ЕГУ, Ест. науки, 1979, № 1, с. 103—112.
4. Бойнагрян В. Р. О подводных валах в береговой зоне оз. Севан.—Уч. зап. ЕГУ, Ест. науки, 1977, № 1, с. 108—114.
5. Бойнагрян В. Р. Гранулометрия морен северного склона массива Арагац.—Уч. зап. ЕГУ, Ест. науки, 1979, № 3, с. 135—143.
6. Бойнагрян В. Р. Особенности строения и свойств рыхлых накоплений северного склона массива Арагац.—Уч. зап. ЕГУ, Ест. науки, 1980, № 3, с. 122—130.
7. Затенацкая Н. П. Состав и физико-механические свойства нижнечетвертичных озерных глин Армении.—Тр. I Всесоюз. конф. по инж. геологии, Тбилиси, 1976, т. I, с. 416—421.
8. Комов И. А. Соотношение акцессорных элементов в гранитоидах.—Изв. АН СССР, сер. геол., 1968, № 6, с. 132—136.
9. Лукашев В. К. Геохимические индикаторы процессов гипергенеза и осадкообразования. Минск: Изд-во «Наука и техника», 1972, 318 с.
10. Лукашев К. И., Астапова С. Д. Геохимические особенности моренного литогенеза. Минск: Изд-во «Наука и техника», 1971, 194 с.
11. Лукашев К. И., Пашалы Н. В., Саядян Ю. В., Церетели Д. В. Геохимические особенности плейстоценовых глин Закавказья.—В кн.: «Геология четвертичного периода». Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1977, с. 43—49.
12. Руководство по изучению новейших отложений. Сопряженный анализ. М.: Изд-во МГУ, 1976, 310с.

Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, XXXVIII, № 4, 38—47, 1985.  
УДК: 550.348.436(479.25)

Н. К. КАРАПЕТЯН

## СЕЙСМИЧНОСТЬ ЭРЗИНДЖАН-БИНГЕЛЬСКОГО РЕГИОНА

Рассматриваются сейсмические условия Эрзинджан-Бингельского региона, который является самым сейсмоактивным регионом на территории Армянского нагорья. Дается распределение по годам суммарной энергии землетрясений и высвобожденной деформации в течение пятидесяти лет (1931—1980 гг.).

Установлено наличие миграции разрушительных землетрясений ( $M \geq 6\frac{3}{4}$ ) в регионе с севера на юг. Построен график повторяемости. Определены периоды повторений землетрясений различной интенсивности.

GEOCHEMICAL PECULARITIES OF THE AGHSTEV RIVER MIDDLE COURSE BASIN FRIABLE FORMATIONS

A b s t r a c t

The Aghstev river middle course basin eluvial and talus series friable deposits are considered in this paper. Their chemical composition and some elements distribution are emphasized as well as the geochemical processes intensity coefficients are calculated for deposits of various origin. It is shown the geochemical peculiarities of friable deposits to promote their origin and the deposition physical-geographical conditions specification.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айрапетян Т. А., Градусов Б. П., Черняховский А. Г. Почво-элювии палеогеновых порфиристов в лесных ландшафтах северной Армении.—Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1975, т. 28, № 4, с. 77—85.
2. Айрапетян Т. А., Черняховский А. Г., Градусов Б. П., Бальян А. С. Первичные почвенно-элювиальные образования основных биоклиматических поясов массива г. Арагац.—Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1975, т. 28, № 2, с. 78—93.
3. Бальян А. С., Айрапетян Т. А. О происхождении и палеогеографическом развитии белозема Армении.—Учен. зап. ЕГУ, Ест. науки, 1979, № 1, с. 103—112.
4. Бойнагрян В. Р. О подводных валах в береговой зоне оз. Севан.—Уч. зап. ЕГУ, Ест. науки, 1977, № 1, с. 108—114.
5. Бойнагрян В. Р. Гранулометрия морен северного склона массива Арагац.—Уч. зап. ЕГУ, Ест. науки, 1979, № 3, с. 135—143.
6. Бойнагрян В. Р. Особенности строения и свойств рыхлых накоплений северного склона массива Арагац.—Уч. зап. ЕГУ, Ест. науки, 1980, № 3, с. 122—130.
7. Затенацкая Н. П. Состав и физико-механические свойства нижнечетвертичных озерных глин Армении.—Тр. I Всесоюз. конф. по инж. геологии, Тбилиси, 1976, т. I, с. 416—421.
8. Комов И. А. Соотношение акцессорных элементов в гранитоидах.—Изв. АН СССР, сер. геол., 1968, № 6, с. 132—136.
9. Лукашев В. К. Геохимические индикаторы процессов гипергенеза и осадкообразования. Минск: Изд-во «Наука и техника», 1972, 318 с.
10. Лукашев К. И., Астапова С. Д. Геохимические особенности моренного литогенеза. Минск: Изд-во «Наука и техника», 1971, 194 с.
11. Лукашев К. И., Пашалы Н. В., Саядян Ю. В., Церетели Д. В. Геохимические особенности плейстоценовых глин Закавказья.—В кн.: «Геология четвертичного периода». Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1977, с. 43—49.
12. Руководство по изучению новейших отложений. Сопряженный анализ. М.: Изд-во МГУ, 1976, 310с.

Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, XXXVIII, № 4, 38—47, 1985.  
УДК: 550.348.436(479.25)

Н. К. КАРАПЕТАН

СЕЙСМИЧНОСТЬ ЭРЗИНДЖАН-БИНГЕЛЬСКОГО РЕГИОНА

Рассматриваются сейсмические условия Эрзинджан-Бингельского региона, который является самым сейсмоактивным регионом на территории Армянского нагорья. Дается распределение по годам суммарной энергии землетрясений и высвобожденной деформации в течение пятидесяти лет (1931—1980 гг.).

Установлено наличие миграции разрушительных землетрясений ( $M \geq 6\frac{3}{4}$ ) в регионе с севера на юг. Построен график повторяемости. Определены периоды повторений землетрясений различной интенсивности.

Эрзинджан-Бингёльский регион ограничен 38 и 40° северной широты, 39 и 42° восточной долготы. В северной части региона расположены хребты Северного и Внутреннего Тавра, а в южной части — хребты Восточного Тавра.

Через территорию региона проходит крупнейший Северо-Анатолийский разлом и ряд других крупных веерообразно расположенных разломов, сходящихся в области вблизи гор. Эрзинджана.

Эрзинджан-Бингёльский регион по количеству и по силе происшедших землетрясений является самым сейсмоактивным регионом Армянского нагорья. Этот регион известен разрушительными землетрясениями как в прошлом, так и в XX столетии.

Для Эрзинджан-Бингёльского региона нами построены карты эпицентров землетрясений силой 5 баллов и более за различные периоды времени: с 602—603 по 1900 гг., с 1901 по 1950 гг. и с 1951 по 1980 гг. (рис. 1).

На карте за период с 602—603 по 1900 гг. эпицентры землетрясений приурочены в основном к городам Эрзинджан и Эрзурум (рис. 1а). Числа около этих городов на карте обозначают количество происшедших землетрясений. Так, в Эрзинджане до 1900 г. произошло 24 землетрясения с магнитудой  $M \geq 4$ , а в Эрзуруме — 16. Отмечены землетрясения также в Палу, Муше, Харберде, Киги, Карлыова и в других городах.

Всего за этот период в регионе ощущалось 55 землетрясений силой 5 баллов и более. Эпицентры этих землетрясений, за исключением четырех (995, 1875, 1878 и 1889 гг.), расположены в пограничной полосе региона, шириной не более 0,5°, образуя относительно асейсмичную область во внутренней части региона.

За период с 1901 по 1950 гг. эпицентры землетрясений расположены по всей территории региона (рис. 1б). За этот период в регионе произошло всего 67 землетрясений силой 5 баллов и более. При этом 46 землетрясений были основными толчками, а 21 — афтершоками или форшоками.

На карте за период с 1951 по 1980 гг. эпицентры также расположены по всей территории региона, но плотность их возрастает с запада на восток. Так, в интервале долгот от 39 до 40° имеется 11 эпицентров землетрясений, от 40 до 41° — 27 эпицентров, а от 41 до 42° включительно — 34 эпицентра (рис. 1а).

За период с 1951 до 1980 гг. в регионе произошло всего 146 землетрясений, из них 72 являлись основными толчками, а 74 — афтершоками и форшоками.

Для рассматриваемого региона построены пространственно-временные диаграммы развития сейсмического процесса за период с 602—603 по 1900 годы (рис. 2а, б) и с 1900 по 1980 годы (рис. 3а, б). На диаграммах по оси ординат отложено время, а по оси абсцисс — долгота (рис. 2а и 3а) или широта (рис. 2б и 3б) эпицентра землетрясения.

Нами построены также графики хода сейсмического процесса во времени в Эрзинджан-Бингёльском регионе за периоды с 602—603 по 1880 гг. (рис. 4а) и с 1880—1980 гг. (рис. 4б). Как видно из графиков, первые известия о землетрясениях этого региона относятся к 602—603 гг., когда в Тароне произошло восьмибалльное землетрясение.

Второе разрушительное землетрясение в этом регионе произошло в гор. Палу в 995 г. силой 9 баллов.

Затем в 1011 г. произошло первое Эрзинджанское землетрясение силой около 8 баллов, разрушившее гор. Эрзинджан. Начиная с этого времени гор. Эрзинджан неоднократно подвергался разрушениям при

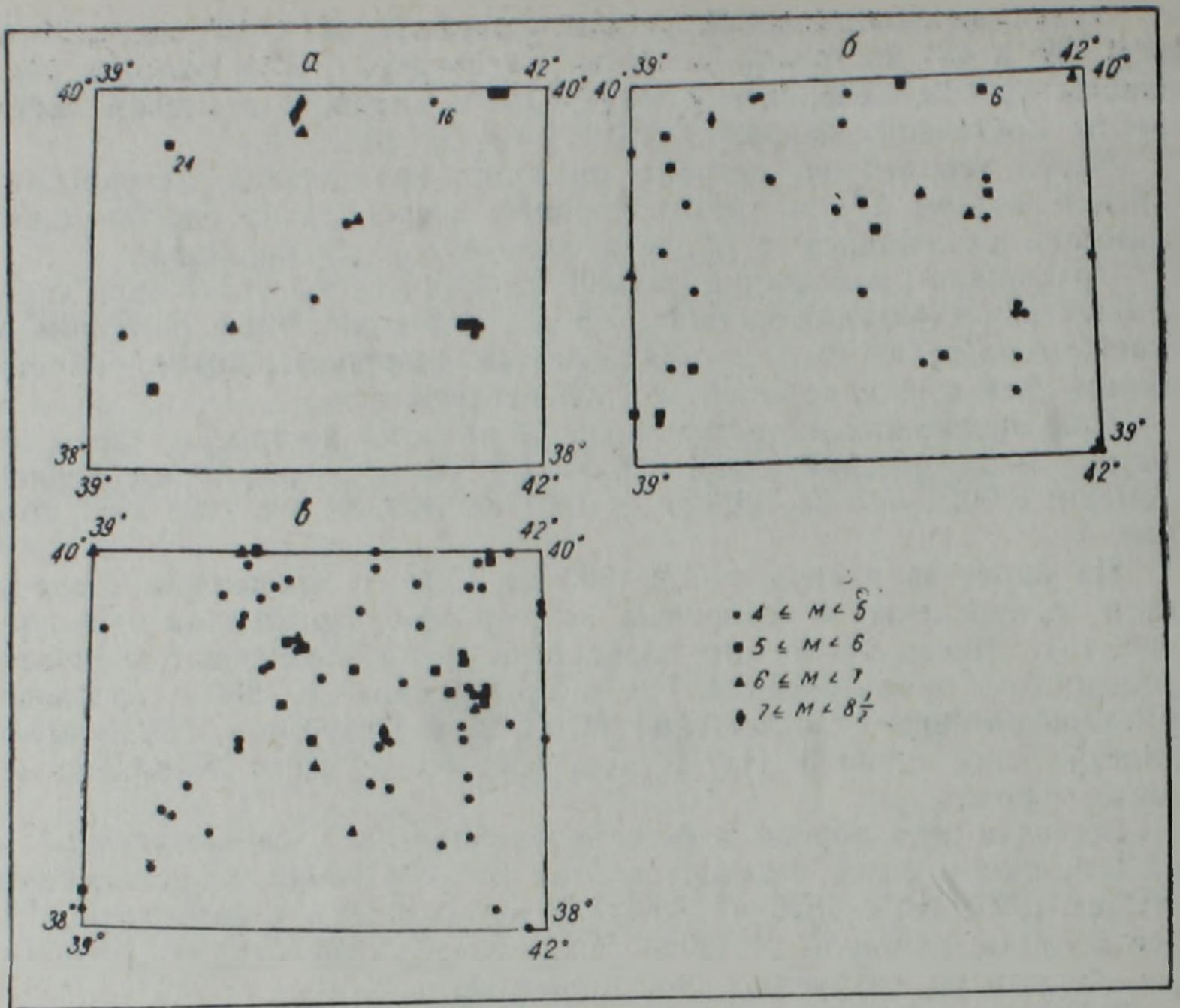


Рис. 1. Карты эпицентров сильных землетрясений Эрзинджан-Бингёльского региона за периоды: а—602—1900 гг., б—1901—1950 гг., в—1951—1980 гг.

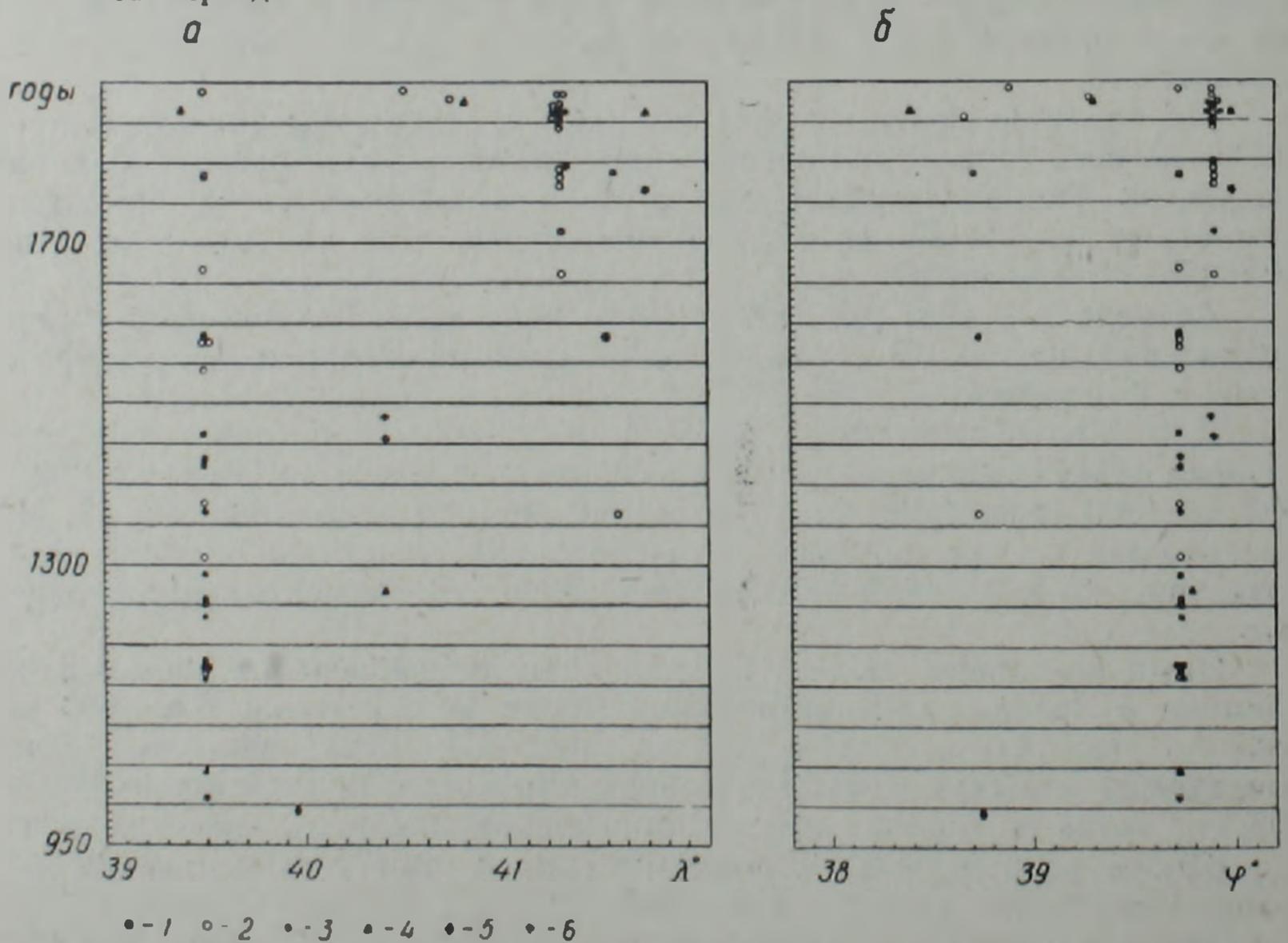


Рис. 2. Распределение сильных землетрясений Эрзинджан-Бингёльского региона в период с 950—1900 гг. во времени и по земной поверхности: а—в широтном направлении, б—в меридиональном направлении. 1— $M < 4\frac{1}{2}$ , 2— $4\frac{1}{2} < M < 5$ , 3— $5 < M < 5\frac{1}{2}$ , 4— $5\frac{1}{2} < M < 6\frac{1}{4}$ , 5— $6\frac{1}{4} < M < 7$ , 6— $M \geq 7$ .

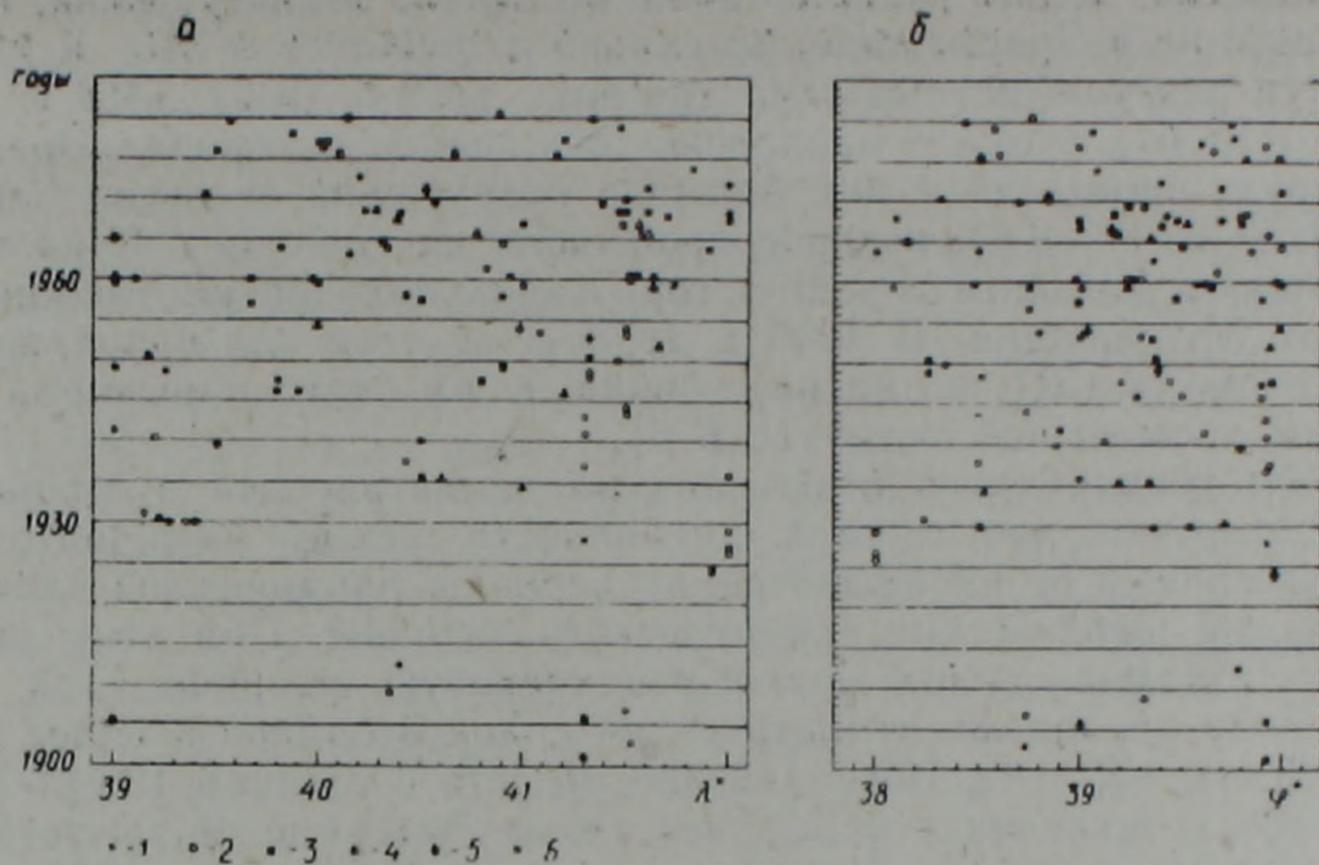


Рис. 3. Распределение сильных землетрясений Эрзинджан-Бингёльского региона в период с 1900—1980 гг. во времени и по земной поверхности: а—в широтном направлении, б—в меридиональном направлении. 1— $M < 4\frac{1}{2}$ , 2— $4\frac{1}{2} < M < 5$ , 3— $5 < M < 5\frac{1}{2}$ , 4— $5\frac{1}{2} < M < 6\frac{1}{4}$ , 5— $6\frac{1}{4} < M < 7$ , 6— $M > 7$

сильных землетрясениях: 1045 г. (9 б), 1161 г. (6 б), 1165 г. (7 б), 1166 (6 б), 1168 г. (8 б), 1170 г. (8 б), 1236 г. (6 б), 1251 г. (8 б), 1254 г. (8 б), 1287 г. (8 б), 1308 г. (7 б), 1366 г. (6 б), 1374 г. (7 б), 1422 г. (8 б), 1433 г. (6 б), 1463 г. (8 б), 1543 г. (7 б), 1576 г. (7 б), 1578 г. (7 б), 1584 г. (8 б), 1667 г. (7 б), 1783 г. (8 б), 1888 г. (6 б). И, наконец, 26 декабря 1939 г. произошло самое сильное землетрясение этого региона, собственно и всей территории Армянского нагорья за все историческое время, с магнитудой порядка 8.

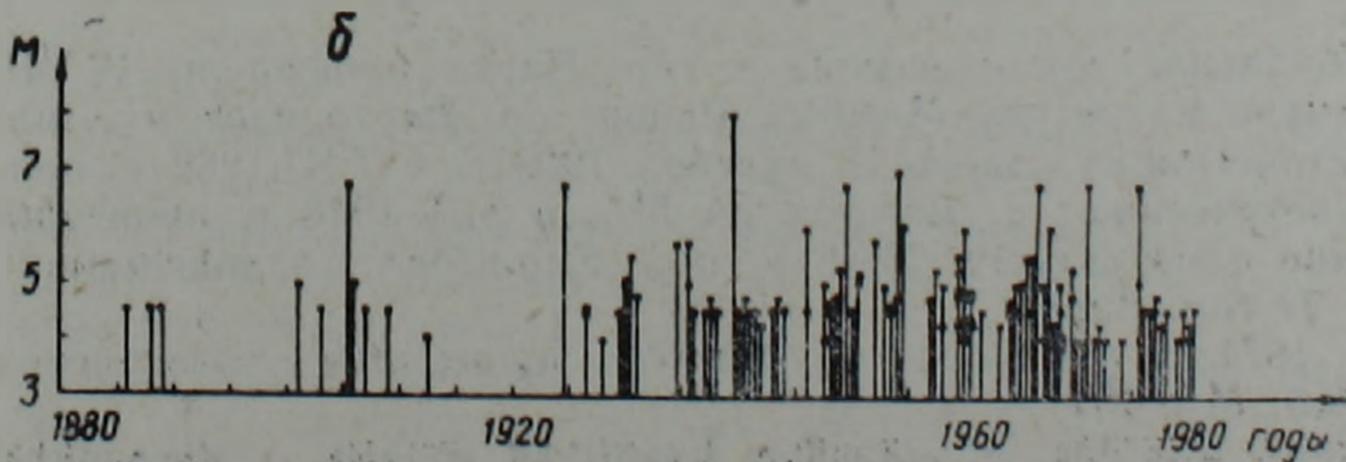


Рис. 4. Графики хода сейсмического процесса во времени для Эрзинджан-Бингёльского региона за периоды: —а—с 602—1880 гг., б—с 1880—1980 гг.

Кроме указанных выше 25 сильных землетрясений, происшедших в Эрзинджане, можно указать также несколько землетрясений, которые произошли не в Эрзинджане, но сильно ощущались в нем. К их числу относятся разрушительные землетрясения 1268 г. (9 б), 1458 г. (10 б), 1482 г. (10 б), которые одинаково ощущались в городах Эрзинджан и Эрзурум, произведя в них большие разрушения, а также землетрясение 1954 г. (8—9 б), которое произошло на границе с Черноморско-Байбуртским регионом в районе гор. Каракулака на расстоянии 50 км к СВ от Эрзинджана. В 1946 и 1978 гг. в этом же направлении от Эрзинджана (к СВ), но на расстоянии 30 км снова произошли землетрясения, но меньшей силы (до 6 б).

Рассматривая хронологию сильных землетрясений в Эрзинджане, можно отметить, что строгой цикличности между разрушительными землетрясениями не наблюдается, но периоды сейсмической активности разделяются интервалами сейсмического затишья. При этом интервалы относительного покоя имеют неодинаковую величину. Так, интервалы между периодами землетрясений силой 8 баллов и более составляют 123, 81, 135, 121, 199 и 156 лет, то есть в среднем  $136 \pm 60$  лет.

В 1659 г. произошло первое ощутимое Эрзурумское землетрясение силой порядка 6 баллов. Начиная с этого времени и до 1980 г. здесь произошло 25 землетрясений, в основном, силой 5—7 баллов. Первое восьмибалльное землетрясение в Эрзуруме произошло утром 2 июня 1859 г.

Спустя 65 лет, т. е. в 1924 г. произошло второе разрушительное землетрясение в Эрзуруме. Землетрясение охватило большую площадь. В гор. Эрзуруме оно проявилось силой в 9 баллов.

Следующее разрушительное землетрясение с магнитудой порядка 7 в районе Эрзурума произошло 30 октября 1983 г., т. е. спустя 59 лет после второго.

Таким образом, период повторения землетрясений силой 8 и более баллов в гор. Эрзуруме составляет  $62 \pm 3$  года.

Как следует из графика на рис. 4а, за 19 столетий в регионе произошло всего 10 землетрясений с магнитудой  $M \geq 5,5$ , в то время как за 80 лет XX столетия произошло 19 землетрясений такой же силы (рис. 4 б).

Кроме Эрзинджана, Эрзурума и пограничной с Черноморско-Байбуртским регионом зоны, землетрясения магнитудой  $M \geq 5,5$  в XX столетии происходили также в районах городов Чемишгезек (1905 г.), Карлыова и Киги (1946 г., 1949 г., 1954 г., 1965 г.), Варто (1959 г., 7.III.1966 г., 19.VIII.1966 г.), Бингёля (1971 г.) и Лидже (1934 г., 1975 г.).

За десять лет (с 1966 по 1975 гг.) в регионе произошло три крупных разрушительных землетрясения с магнитудой  $6\frac{1}{3}$  и  $6\frac{3}{4}$ . Эпицентры этих землетрясений находятся вблизи городов Варто, Бингёля и Лидже, образующих треугольник со сторонами, соответственно, 90, 50 и 106 км.

Девятибалльное землетрясение в гор. Варто произошло 19.VIII.1966 г. и имело магнитуду  $M = 6\frac{3}{4}$ . Район гор. Варто известен сильными землетрясениями. Здесь 15 октября 1959 г. и 7.III.1966 г. произошли землетрясения с магнитудой  $5\frac{1}{2}$ , а 31.V.1946 г. произошло землетрясение с магнитудой  $M = 6$  в гор. Карлыова, находящемся в 40 км к СЗ от гор. Варто.

22 мая 1971 г. в районе гор. Бингёля произошло землетрясение с магнитудой  $M = 6\frac{3}{4}$ .

Провинция Бингёль, в основном покрытая горами, с населением всего 178000 человек, известна как одна из сейсмоактивных зон Турции. В прошлом район испытывал несколько сильных землетрясений

6 сентября 1975 г. в районе гор. Лидже произошло разрушительное землетрясение с магнитудой  $M=6^{3/4}$ .

Эпицентр землетрясения находился в горах, приблизительно в 7 км к северо-востоку от небольшого города Лидже с населением 14000 человек. В результате землетрясения в гор. Лидже погибло более 1000 человек.

В Эрзинджан-Бингёльском регионе наблюдаются некоторые особенности распределения сильных землетрясений в пространстве и во времени. Эти особенности отражены на пространственно-временных диаграммах развития сейсмического процесса и на графиках хода сейсмического процесса во времени.

До XX столетия, согласно диаграмме на рис. 2а, в регионе имели место сильные землетрясения, в основном, в районах городов Эрзинджана и Эрзурума, т. е. в западной и восточной частях региона, а по диаграмме, приведенной на рис. 2б, южная часть Эрзинджан-Бингёльского региона является асейсмичной, так как эпицентры землетрясений сосредоточены в основном в северной части региона.

В XX столетии эпицентры землетрясений расположены как в западной, так и в центральной, а также в восточной частях региона (рис. 3а). На диаграмме наибольший период, когда нет сведений о землетрясениях, составляет 11 лет (с 1913 по 1923 гг. включительно). При этом северная часть региона в XX столетии опять таки остается более сейсмоактивной, чем южная. Однако для разрушительных землетрясений с  $M \geq 6^{3/4}$  с 1924 г., т. е. начиная с разрушительного Эрзурумского землетрясения, наблюдается миграция очагов землетрясений с севера на юг. За период с 1924 по 1980 гг. в регионе произошло 7 землетрясений с  $M \geq 6^{3/4}$ . В системе координат  $l, T$ , где  $l$ —расстояние от эпицентра землетрясения до параллели  $40^\circ$  северной широты, а  $T$ —время, зависимость  $l$  от  $T$  представляет прямую, уравнение которой найдено методом наименьших квадратов и имеет вид:

$$l = 2,9T - 15,9. \quad (1)$$

При этом имеет место тесная корреляция  $l$  с  $T$ , так как коэффициент корреляции

$$r_{l,T} = 0,95. \quad (2)$$

Таким образом, с 1924 по 1980 гг. в Эрзинджан-Бингёльском регионе наблюдалась миграция разрушительных землетрясений ( $M \geq 6^{3/4}$ ) с севера на юг со скоростью 2,9 км/год.

30 октября 1983 г. в районе г. Эрзурума снова произошло разрушительное землетрясение с магнитудой порядка 7. Если отмеченный выше характер миграции разрушительных землетрясений в регионе сохранится и в будущем, то следует ожидать, что со временем со скоростью примерно 3 км/год очаги разрушительных землетрясений в регионе, начиная от Эрзурума сместятся на юг и, спустя примерно 50 лет, разрушительное землетрясение произойдет на юге региона, где-то в районе гор. Лидже.

В Эрзинджан-Бингёльском регионе за все время (с 602 по 1980 годы) произошло всего 268 землетрясений силой 5 и более баллов. При этом 173 землетрясения были основными толчками, а 95—афтершоками или форшоками. Распределение этих землетрясений в зависимости от магнитуды дано в табл. 1.

Как следует из табл. 1, наибольшее количество землетрясений (189), как относительно слабых ( $M=4 \div 5^{1/4}$ ), так и разрушительных ( $M=5^{1/2} \div 8$ ) произошло в период с 1931 по 1980 годы. При этом число основных толчков составляло 102. Распределение

землетрясений за пятьдесят лет (с 1931 по 1980 годы) по годам дано на рис. 5а. Максимальное количество землетрясений в течение этих пятидесяти лет произошло в 1960 г., а затем в 1968 г.

Таблица 1

Распределение землетрясений Эрзинджан-Бингёльского региона по магнитуде

| Магнитуда землетрясений |                  | 4      | 4 <sup>1/4</sup> | 4 <sup>1/2</sup> | 4 <sup>3/4</sup> | 5        | 5 <sup>1/4</sup> | 5 <sup>1/2</sup> | 5 <sup>3/4</sup> | 6      | 6 <sup>1/4</sup> | 6 <sup>1/2</sup> | 6 <sup>3/4</sup> | 7      | 8      | Всего  |           |
|-------------------------|------------------|--------|------------------|------------------|------------------|----------|------------------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|------------------|--------|--------|--------|-----------|
| Число землетрясений     | за 602—1900 гг.  | о<br>а | 2<br>—           | 2<br>—           | 11<br>—          | 10<br>—  | 3<br>—           | 10<br>—          | 4<br>—           | —<br>— | 3<br>—           | 1<br>—           | —<br>—           | —<br>— | 2<br>— | —<br>— | 55<br>—   |
|                         | за 1901—1930 гг. | о<br>а | 2<br>—           | —<br>—           | 7<br>2           | —<br>1   | 4<br>2           | —<br>1           | 1<br>—           | —<br>2 | —<br>—           | —<br>—           | —<br>—           | 2<br>— | —<br>— | —<br>— | 16<br>8   |
|                         | за 1931—1980 гг. | о<br>а | 16<br>20         | 12<br>14         | 29<br>27         | 14<br>11 | 11<br>8          | 4<br>3           | 3<br>1           | 3<br>— | 4<br>2           | —<br>1           | —<br>—           | 4<br>— | 1<br>— | 1<br>— | 102<br>87 |
|                         | за 602—1980 гг.  | о<br>а | 20<br>20         | 21<br>14         | 47<br>29         | 24<br>12 | 18<br>10         | 14<br>4          | 8<br>1           | 3<br>2 | 7<br>2           | 1<br>1           | —<br>—           | 6<br>— | 3<br>— | 1<br>— | 173<br>95 |
|                         | ВСЕГО            |        | 40               | 35               | 76               | 36       | 23               | 18               | 9                | 5      | 9                | 2                | —                | 6      | 3      | 1      | 268       |

о—основные толчки, а—афтершоки (или форшоки).

Нами подсчитано, что в Эрзинджан-Бингёльском регионе при землетрясениях силой 5 и более баллов за время с 602 по 1980 годы выделилось всего  $1024182 \cdot 10^{11}$  Дж. При этом 81,7% всей энергии, т. е.  $836460,7 \cdot 10^{11}$  Дж выделилось за 50 лет, с 1931 по 1980 годы, 12,4% ( $127394 \cdot 10^{11}$  Дж)—за 602—1900, а 5,9% всей энергии (т. е.  $60327,3 \cdot 10^{11}$  Дж) выделилось за 1900—1930 годы.

Распределение энергии землетрясений по годам в течение 50 лет (с 1931 по 1980 годы) дано на рис. 5б. Согласно этому графику максимальное выделение энергии в регионе произошло в 1939 г. во время Эрзинджанского землетрясения. Начиная с 1949 г., максимальные выделения энергии происходили через каждые 4—6 лет. При этом величина максимумов примерно одного порядка.

Характеристика высвобождения упругой деформации в регионе (график Бенъоффа) за пятьдесят лет (с 1931 по 1980 годы) при землетрясениях с магнитудой  $M \geq 4$  дана на рис. 5в. Как следует из этого графика, годы высокой сейсмичности и большой суммарной высвобожденной деформации в регионе разделены периодами низкой активности и накопления деформаций. На графике верхняя пунктирная прямая, проведенная по точкам минимальной деформации, начиная с 1939 г. представляет процесс накопления полной деформации в регионе. Разброс точек относительно этой прямой, в основном, незначительный. Следовательно, скорость накопления деформаций в регионе постоянная, начиная с 1939 г.

Нижняя пунктирная прямая проведена через точки, соответствующие максимальным значениям накопленной деформации и их высвобождению. Согласно этой прямой накопление деформации в регионе к 1982—1983 годам достигло своего максимума, и в регионе следовало ожидать землетрясение, при котором величина высвобожденной деформации составляла бы  $82,3 \cdot 10^6$  Дж (расстояние по вертикале между верхней и нижней пунктирными линиями, т. е. линиями накопления и высвобождения деформаций). Высвобождение деформации такой величины происходит при землетрясении с магнитудой порядка 7.

Действительно, 30 октября 1983 г в Эрзинджан-Бингёльском ре-

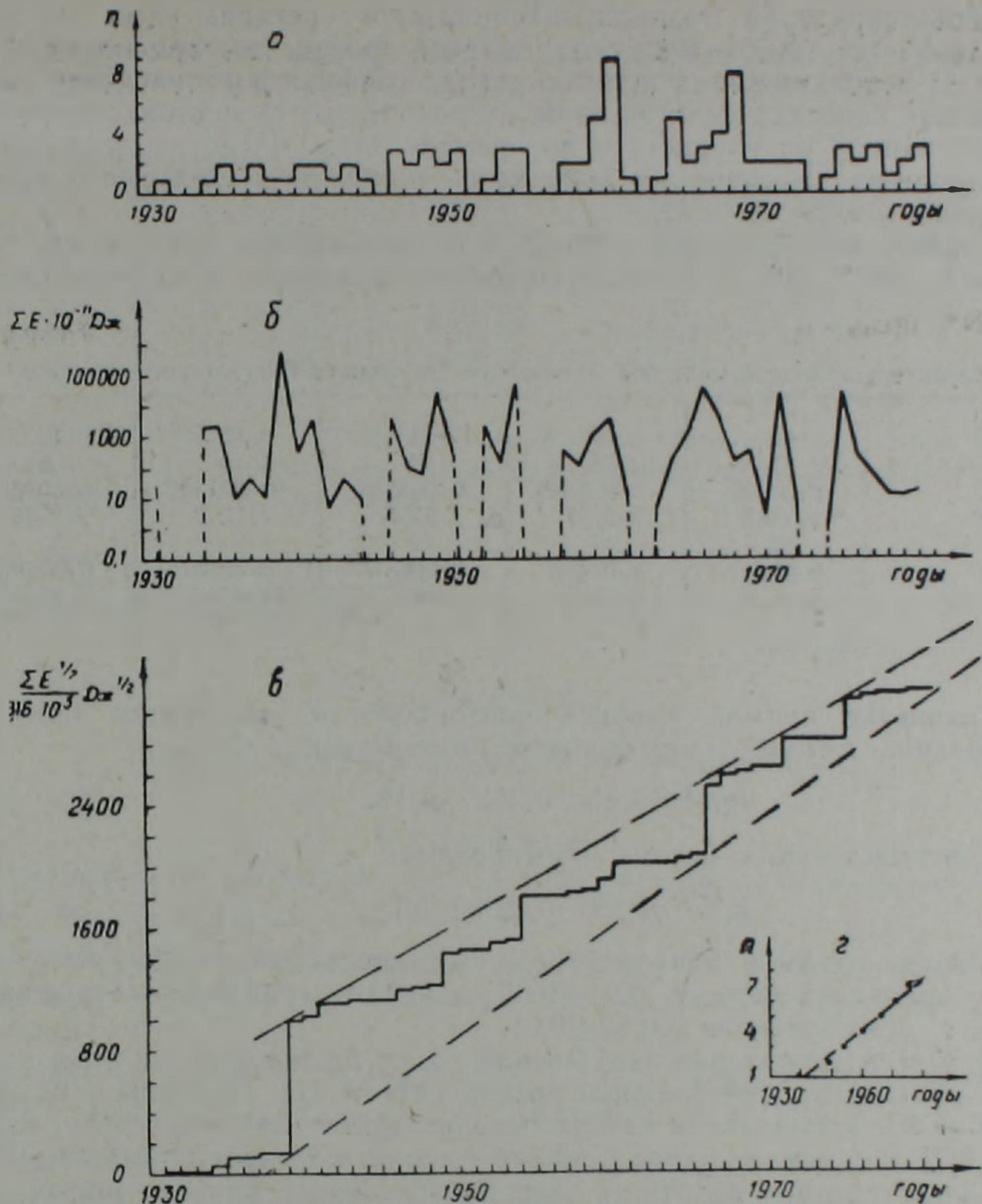


Рис. 5. Характеристики землетрясений Эрзинджан-Бингёльского региона за период с 1931—1980 гг.: а—распределение числа землетрясений по годам, б—график изменения суммарной годовой величины сейсмической энергии во времени, в—график высвобождения суммарной упругой деформации по годам, г—график времени возникновения сильных землетрясений.

гионе, как указывалось выше, произошло разрушительное Эрзурумское землетрясение такой интенсивности.

Как видно из рис. 5 в, максимальные высвобождения деформаций в регионе в течение пятидесяти лет происходили в отдельные годы (1939, 1949, 1954, 1960, 1966, 1971 и 1975 годы), вследствие чего начало и конец активного периода на графике находятся на одной вертикали, соответствующей разрушительному землетрясению. Нами построен график времени возникновения сильных землетрясений (рис. 5г). На графике по оси ординат отложены номера периодов активности  $n$ , а по оси абсцисс—годы, начиная с 1930 г. Точки на графике соответствуют семи активным периодам максимального высвобождения деформаций, в нашем случае—семи наиболее сильным землетрясениям в регионе. Через эти точки проведена прямая, согласно которой восьмой период активности соответствует 1983 году.

Для территории Эрзинджан-Бингёльского региона нами, по данным за 50 лет (1931—1980 гг.), построен график повторяемости. Сведения об использованных при построении графика повторяемости энергетических классах землетрясений, их количестве  $N$ , повторяемости  $N^*$ , нормированной по площади и по времени (т. е. число землетрясений, приходящееся ежегодно на 1000 кв.км площади исследуемого региона) даны в табл. 2.

График повторяемости строился в логарифмической системе координат  $\lg N^*$ ,  $\lg E_{дж} = K$  по методам распределения и суммирования.

Таблица 2

Характеристика сейсмической активности Эрзинджан-Бингёльского региона

|                  |                |                |                |                |                |
|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| K                | 12             | 13             | 14             | 15             | 16             |
| N                | 41             | 25             | 10             | 4              | 5              |
| $N^*$            | 0,01375        | 0,008385       | 0,003354       | 0,001342       | 0,001677       |
| $\lg N^*$        | $\bar{2},1383$ | $\bar{3},9235$ | $\bar{3},5255$ | $\bar{3},1277$ | $\bar{3},2246$ |
| $\Sigma N$       | 85             | 44             | 19             | 9              | 5              |
| $\Sigma N^*$     | 0,02851        | 0,01476        | 0,006373       | 0,003019       | 0,001677       |
| $\lg \Sigma N^*$ | $\bar{2},4550$ | $\bar{2},1691$ | $\bar{3},8043$ | $\bar{3},4799$ | $\bar{3},2246$ |

Уравнение прямой графика повторяемости, полученное при использовании метода распределения, имеет вид:

$$\lg N^* = 1,26 - 0,26K \pm 0,16, \quad (3)$$

а при использовании метода суммирования

$$\lg N^* = 2,24 - 0,32K \pm 0,03. \quad (4)$$

Наклон графика повторяемости, построенного методом распределения, получился равным  $0,26 \pm 0,05$ , а наклон графика, построенного методом суммирования,  $-0,32 \pm 0,01$ .

Для всей территории зарубежной части Армянского нагорья нами ранее были построены графики повторяемости [1]. Наклоны этих графиков имеют значения: в случае использования метода распределения  $0,41 \pm 0,01$  и в случае использования метода суммирования  $0,43 \pm 0,01$ .

Следовательно, величины наклона графиков повторяемости, построенных для Эрзинджан-Бингёльского региона, значительно меньше величины наклона графиков повторяемости, построенных для всей территории зарубежной части Армянского нагорья. Это объясняется наличием большого количества сильных землетрясений в Эрзинджан-Бингёльском регионе.

Уровень активности  $A_{10}$  для Эрзинджан-Бингёльского региона, согласно построенным графикам повторяемости, равен в случае использования метода распределения 0,05, а в случае использования метода суммирования—0,12. Для всей зарубежной части Армянского нагорья нами были получены следующие значения [1]: 0,05—в случае использования метода распределения и 0,08—в случае использования метода суммирования. Таким образом, при использовании метода суммирования уровень сейсмической активности в Эрзинджан-Бингёльском регионе в 1,5 раза выше, чем во всей зарубежной части Армянского нагорья.

Используя построенный график повторяемости, определены периоды повторений землетрясений  $K=10+16$  энергетических классов на нормированной площади в 1000 кв.км ( $T_{1000}$ ), а также по всей площади Эрзинджан-Бингёльского региона ( $T_s$ ) (табл. 3).

Периоды повторения землетрясений в Эрзинджан-Бингельском регионе.

| К  | lg N* | N*       | T <sub>1000</sub> лет | T <sub>s</sub> лет |
|----|-------|----------|-----------------------|--------------------|
| 16 | 3,10  | 0,001259 | 734                   | 13,3               |
| 15 | 3,36  | 0,002291 | 436                   | 7,3                |
| 14 | 3,62  | 0,004169 | 240                   | 4,0                |
| 13 | 3,88  | 0,007586 | 132                   | 2,2                |
| 12 | 2,14  | 0,01380  | 72                    | 1,2                |
| 11 | 2,40  | 0,02512  | 39,8                  | 0,67               |
| 10 | 2,66  | 0,04571  | 21,9                  | 0,37               |

Согласно графику повторяемости, максимальным возможным землетрясением для территории Эрзинджан-Бингельского региона является землетрясение с  $K_{max} = 17$ .

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

Поступила 25.III.1985.

Ե. Կ. ԿԱՐԱՊԵՏԻԱՆ

## ԵՐԶԻՆԿԱ-ԲԻՆԳՅՈՒԼԻ ՇՐՋԱՆԻ ՍԵՅՍՄԻԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

## Ա մ փ ո փ ու մ

Քննարկվում են Հայկական լեռնաշխարհի սեյսմիկ տեսակետից ամենաակտիվ՝ Երզնկա-Բինգյուլի շրջանի սեյսմիկ պայմանները:

Բերված է երկրաշարժերի գումարային էներգիայի և անջատված դեֆորմացիաների բաշխումն ըստ տարիների՝ 50 տարվա ընթացքում (1931—1980 թթ.):

Քննարկվող շրջանում հաստատված է, որ ավերիչ երկրաշարժերը ( $M \geq 6\frac{3}{4}$ ) ժամանակի ընթացքում տեղափոխվում են հյուսիսից դեպի հարավ: Կառուցված է կրկնվողության գրաֆիկը և որոշված են տարբեր ուժի երկրաշարժերի կրկնման պարբերությունները:

N. K. KARAPETIAN

## THE ERZINCA-BINGÖL REGION SEISMICITY

## A b s t r a c t

The Erzincan-Bingöl region seismic conditions are considered which display a maximum of seismic activity in the Armenian highland. The annual distribution of total seismic energy and deformations during 1931—1980 is brought.

A migration of destroying earthquakes ( $M \geq 6\frac{3}{4}$ ) from the north to the south is established. A recurrence diagram is drawn. Periods of different intensity earthquakes reiteration are determined.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Карапетян Н. К. Параметры сейсмического режима Армении.—Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, 1976, т. XXIX, № 4, с. 71—81.

С. Н. НАЗАРЕТЯН, К. Ф. ТЯПКИН

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ РАЗЛОМОВ ЗЕМНОЙ КОРЫ НА ТЕРРИТОРИИ АРМЯНСКОЙ ССР И ПРОБЛЕМА ИХ ИЗУЧЕНИЯ С ПОЗИЦИИ НОВОЙ РОТАЦИОННОЙ ГИПОТЕЗЫ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ

Описывается закономерное расположение разломов на территории Армянской ССР, укладываемых в две системы. Подчеркиваются такие свойства разломов, как фрагментарность, трансформность и специфический закон унаследованной активизации, являющиеся следствием многоактности их формирования.

Ставятся проблемы: выявление на территории Армянской ССР всех систем разломов и разработка методики восстановления истории развития разломов, исходя из представлений о многоактности их формирования.

В результате детального анализа материалов геофизических съемок составлена карта глубинных разломов территории Армянской ССР [5], схема которой приведена на рис. 1. Обращает на себя внимание достаточно закономерное пространственное распределение разломов по четырем господствующим направлениям: широтному и меридиональному, северо-западному и северо-восточному.

Широтные разломы контролируют наложенные прогибы орогенного этапа. Часть их отражается в гравитационном поле в виде выдержанных по простиранию линейных аномалий типа ступеней. Наиболее четко широтные разломы проявляются в магнитном поле в виде смены его знака или понижения интенсивности аномалий.

Меридиональные разломы в различных районах Малого Кавказа играли разную роль в геологическом развитии земной коры. В частности, не вызывает сомнения их тесная взаимосвязь с магматическими и тектоническими процессами плиоцен-четвертичного времени. Они выделяются по локальным особенностям гравитационного и магнитного полей.

Разломы северо-западного направления совпадают с основными тектоническими комплексами альпийского этапа, ограничивают геотектонические зоны и подзоны. В физических полях они проявляются наиболее четко. Как правило, глубинные разломы этого направления, ограничивающие геотектонические зоны, фиксируются в гравитационном поле в виде линейных аномалий типа ступеней. Разломы, ограничивающие тектонические подзоны (шириной 30—35 км), в гравитационном поле проявляются по-разному: в виде коротких ступеней или смены рисунка изоаномал.

Разломы северо-восточного направления секут донеогеновые крупные структуры вкрест простирания. Они самые сейсмоактивные. Разломы этого направления наиболее четко проявляются в магнитном поле в виде узких зон резкого понижения интенсивности аномалий. Последнее, по-видимому, связано с размагничиванием пород в процессе дробления.

Разломы описанных выше направлений, вслед за Н. С. Шатским, можно объединить в две системы: ортогональную и диагональную. Ортогональная система складывается из разломов широтного и меридионального направлений и характеризуется выдержанностью азимутов их простираний (270 и 0°). Диагональная система складывается из разломов северо-западного и северо-восточного направлений, также характеризующихся определенной выдержанностью простираний со средними значениями азимутов порядка 315 и 45°. Рас-

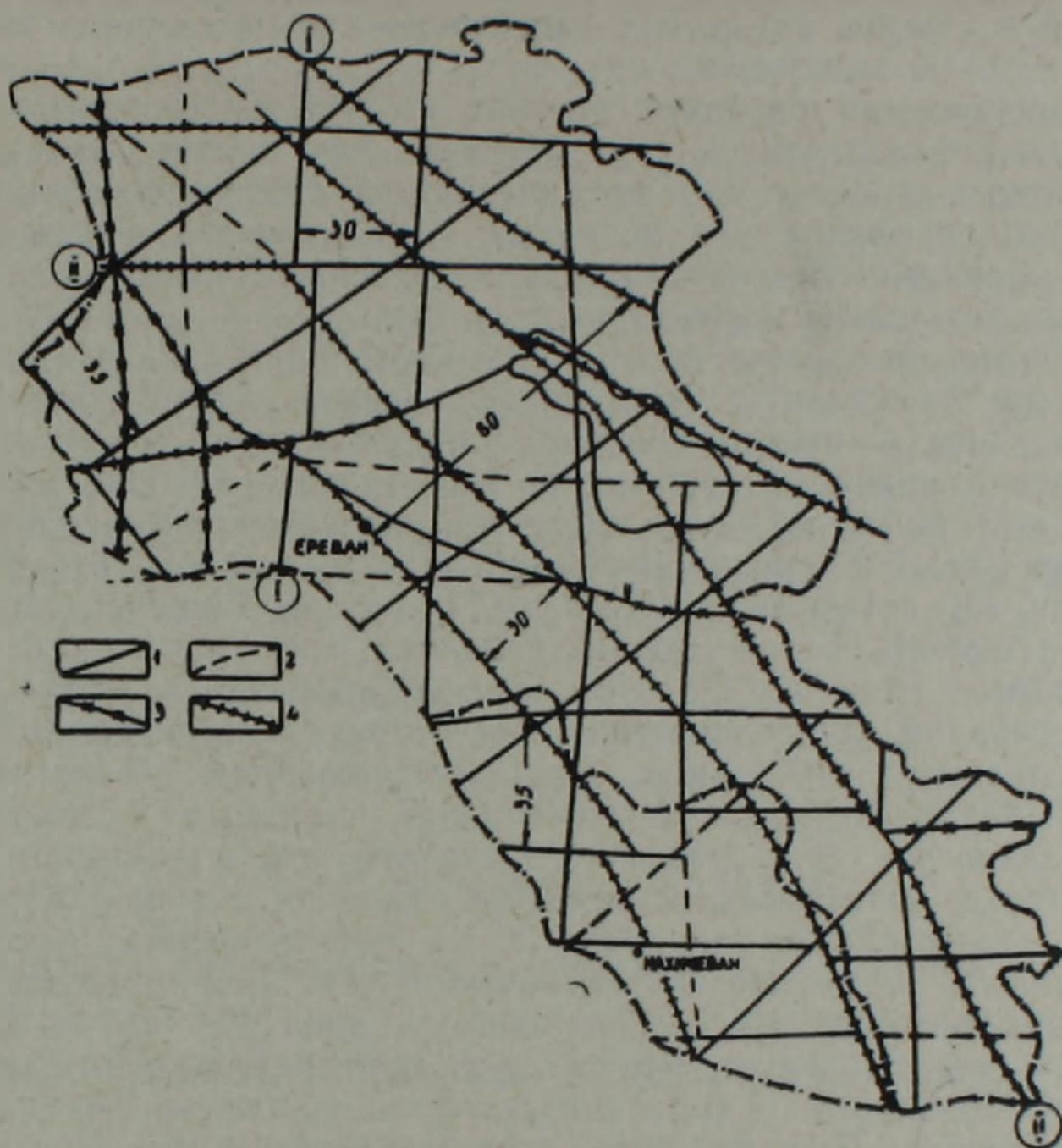


Рис. 1. Схема расположения глубинных разломов на территории Армянской ССР и Нахичеванской АССР [5]. 1—Глубинные разломы по геофизическим данным; 2—предполагаемые глубинные разломы, наличие которых вытекает из основных положений Новой ротационной гипотезы структурообразования; 3—разломы, проявившие вулканическую активность в неоген-четвертичное время; 4—разломы, интенсивно активизировавшиеся в альпийское время (основное направление альпийской активизации). На схеме арабскими цифрами указано расстояние между разломами в км, а римскими—глубинные разломы: I—I—Арарат-Спитак-Калининский; II—II—Анкаван-Сюникский.

смаатриваемая закономерность для диагональной системы оказывается несколько более сложной, по сравнению с ортогональной.

В обеих системах наблюдается выдержанность интервалов между разломами одинаковых направлений, кратных 35—40 км.

Следует специально подчеркнуть, что геолого-геофизические характеристики разломов разных направлений, слагающих каждую из систем, и их геологические позиции отличаются друг от друга. Контраст особенно четкий между разломами северо-западного и северо-восточного простираний, составляющими диагональную систему. В значительной мере это обусловлено различным влиянием последних тектонических активаций.

Перечисленные выше закономерности не новы для Армении. Часть из них была установлена ранее. Так, например, еще в 1958 г. А. Т. Асланяном [2], а затем А. А. Габриеляном [3] была отмечена параллельность общекавказских разломов и выдержанность расстояния между ними. То же самое было подтверждено Ц. Г. Акопяном [1] и А. И. Никольским и др. [6] для разломов северо-восточного направ-

ления. Вместе с тем в процессе исследований вскрыт ряд важных особенностей разломов, которым в свое время уделялось мало внимания. Остановимся на некоторых из них.

1. Большинство разломов состоит из отдельных прямолинейных фрагментов, отличающихся друг от друга некоторыми особенностями геологического строения и их проявлениями в физических полях. Объединяющими их признаками являются: единая осевая линия и региональные характеристики разлома, приобретенные им в процессе формирования как единой структуры.

2. Образование новых разломов в эпохи последних тектонических активизаций происходит с участием фрагментов ранее существовавших разломов. Одна из закономерностей унаследованной активизации разломов ранее возникших систем уже описывалась [7]. На территории Армении она наблюдается в процессе орогенного вулканизма, когда образуется новый Анкаван-Сюникский разлом, с зоной которого А. А. Габриелян [3] связывает вулканизм Гегамской, Варденисской и Сюникской областей, вследствие активизации трех ранее существовавших разломов (рис. 1). Об этом же свидетельствует резкое изменение простираний общекавказских разломов, участвующих в альпийской активизации. Например, начиная с разлома по направлению Арарат—Спитак—Калинино, простирание меняется с северо-западного на широтное. Эти данные свидетельствуют, в частности, о том, что некоторые известные в литературе сведения о возрасте разломов Армении соответствуют не времени их возникновения, а одной из эпох последних тектонических активизаций. По всей вероятности, разломы были заложены еще до альпийского периода.

3. Из рис. 1 следует, что в ряде мест наблюдаются смещения фрагментов разломов в горизонтальном направлении без изменения их ориентировки. При детальном анализе оказывается, что свойства этих разломов во многом аналогичны свойствам так называемых «трансформных» разломов. На территории Армянской ССР этот тип разломов изучен еще недостаточно.

Все три описанные выше особенности разломных структур объясняются многоактностью их формирования, непосредственно вытекающей из новой ротационной гипотезы структурообразования [7]. Часть из них впервые была установлена на Украинском щите [4].

Анализ литературных данных свидетельствует о том, что выдержанность простираний разломов, их системность, а также перечисленные выше особенности наблюдаются в пределах платформ и молодых плит, орогенов и акваторий морей. Следовательно, причины возникновения разломов имеют планетарный характер. Сходство закономерностей размещения глубинных разломов на территории Армянской ССР с основными закономерностями размещения разломов в других, резко отличных по геологическому строению, регионах дает основание считать, что их возникновение связано не с локальными или региональными тектоническими условиями, а с общепланетарными [7].

Естественно, подчеркивая общность в закономерном пространственном расположении разломов и их геологической позиции, приобретаемой ими в процессе возникновения, мы далеки от мысли умалить значения тех особенностей разломов, которые они приобретают в процессе последующих тектонических активизаций.

Нам представляется, что одной из актуальнейших проблем изучения разломов на территории Армянской ССР должна быть разработка методики восстановления истории развития разломных структур и их систем, исходя из представлений и многоактности их формирова-

ния. Решение этой проблемы откроет ряд новых возможностей для геологов и геофизиков, занимающихся вопросами металлогении и прогнозирования месторождений полезных ископаемых, а также прогноза землетрясений.

В заключение считаем уместным подчеркнуть, что на территории Армении нами описаны только две системы разломов, наиболее четко проявляющихся в физических полях. В других регионах исследователи устанавливают до шести систем разломов [7]. Имеющиеся в нашем распоряжении данные свидетельствуют об отдельных проявлениях разломов других направлений, ориентировка которых аналогична, например, ориентировке разломов на Украинском щите. Следовательно, возникает еще одна важная проблема—выявление, по возможности, всех систем разломов на территории Армении. Она теснейшим образом связана с первой. Для их решения придется привлечь материалы более детальных геолого-геофизических съемок, а территорию исследований расширить за счет сопредельных площадей.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии АН АрмССР,  
Днепропетровский горный институт

Поступила 21.III.1985.

Ս. Ն. ՆԱԶԱՐԵԹՅԱՆ, Կ. Ֆ. ՏՅԱՊԿԻՆ

**ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԲՆԱՏԱՐԱԾՔՈՒՄ ԵՐԿՐԱԿԵՂԵՎԻ ԲԵԿՎԱԾՔՆԵՐԻ ՏԵՂԱԴՐՄԱՆ ՕՐԻՆԱԶԱՓՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԵՎ ՆՐԱՆՑ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՄԱՆ ԽՆԴԻՐՆԵՐԸ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԱՌԱՋԱՑՄԱՆ ՆՈՐ ԹՈՏԱՑԻՈՆ ՎԱՐԿԱԾԻ ԴԻՐՔԵՐԻՑ**

**Ա մ փ ո փ ու մ**

Հայաստանի բնատարածքում առանձնացված շորս հիմնական ուղղութիւն խորքային բեկվածքները միավորվում են երկու համակարգերում, որոնք Ն. Ս. Շատսկու դասակարգման օրինակով անվանվում են ուղղանկյուն և անկյունագծային: Ուղղանկյուն համակարգը կաղմվում է միջօրեականի և լայնակի ուղղութիւն, իսկ անկյունագծայինը՝ հյուսիս-արևելյան և հյուսիս-արևմտյան ուղղութիւն խորքային բեկվածքներից: Երկու համակարգերում էլ նկատվում է բեկվածքների փոխուղղահայացություն, իսկ նույն ուղղութիւն բեկվածքների միջև՝ հավասարահեռ դասավորություն: Բացահայտված են բեկվածքների երեք կարևոր առանձնահատկություններ, որոնք առ այսօր արժանի ուշադրության չեն արժանացել:

1. Խորքային բեկվածքները մասնատվում են ուղղագիծ հատվածների, որոնք միմյանցից տարբերվում են երկրաբանական կառուցվածքի մի շարք առանձնահատկություններով: Այդ հատվածներին միավորողը միասնական առանցքային գիծն է և ռեգիոնալ բնույթի յուրահատկությունները:

2. Նոր բեկվածքների առաջացումը տեղի է ունենում արդեն գոյություն ունեցող բեկվածքների հատվածներով: Այսինքն, նորերն ակտիվանում են ժառանգելով եղածների ուղղությունները:

3. Որոշ բեկվածքներ պլանում հորիզոնական ողղությամբ շեղված են, սակայն նրանց ուղղությունը չի փոխված: Նրանք ունեն, այսպես կոչված, «տրանսֆորմ» բեկվածքների հատկություններ:

Ելնելով այն բանից, որ Հայաստանի խորքային բեկվածքների տեղադրման վերը նշված օրինաչափությունները և առանձնահատկությունները

դիտվում են ծրկրագնդի տարբեր շրջաններում ևս, եզրակացվում է, որ բեկվածքներն առաջացել են համամոլորակային ուժերի ազդեցության հետևանքով՝ ըստ կառուցվածքառաջացման նոր ոռտացիոն վարկածի:

S. N. NAZARETIAN, K. F. TYAPKIN

## THE EARTH'S CRUST FRACTURES DISTRIBUTION REGULARITIES ON THE ARMENIA TERRITORY AND PROBLEMS OF THEIR STUDY FROM POSITIONS OF STRUCTURE-FORMATION NEW ROTATIONAL HYPOTHESIS

### A b s t r a c t

The fractures two systems regular distribution on the Armenia territory is described. Such properties of fractures as their fragmentariness, transformness and inherited activation specific law, being their multifold formation consequence, are outlined.

The problems of the Armenia territory all systems fractures revealing as well as the fractures development history reconstruction methods working out are raised proceeding from the idea of their multifold formation.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Акопян Ц. Г. Аномальное магнитное поле и его геологическое истолкование.—В кн.: Геология Армянской ССР. Геофизика, том X. Ереван: Изд. АН Арм. ССР, 1972, с. 84—121.
2. Асланян А. Т. Региональная геология Армении. Ереван: Айпетрат, 1958, 403 с.
3. Габриелян А. А. Основные вопросы тектоники Армении. Ереван: Изд.-во АН Арм. ССР, 1959, 183 с.
4. Изучение тектоники докембрия геолого-геофизическими методами. Ред. К. Ф. Тяпкина. М.: Недра, 1972, 259 с.
5. Назаретян С. Н. Глубинные разломы территории Армянской ССР (по геофизическим данным). Ереван: Изд.-во АН Арм. ССР, 1984, 137 с.
6. Никольский Ю. И. Сироткина Т. Н., Милай Т. А. Некоторые черты тектоники и истории геологического развития территории Армении по данным геофизики.— В кн.: Методы разведочной геофизики, вып. 12. Л.: Недра, 1971, с. 176—181.
7. Тяпкин К. Ф., Кивелюк Т. Т. Изучение разломных структур геолого-геофизическими методами. М.: Недра, 1982, 239 с.

Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, XXXVIII, № 4, 52—63, 1985.  
УДК:624.1:550.83(479.25)

Г. М. АВЧЯН, С. Р. ПАЙЛЕВАНЯН

## ИНЖЕНЕРНО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ В ГОРНЫХ РАЙОНАХ

Рассмотрены возможности методов инженерной геофизики при решении задач подземного строительства в сложных горно-геологических условиях. Выделены три основные стадии геофизических изысканий, отличающиеся друг от друга по цели изысканий и по специфике поставленных задач. На конкретных примерах показана как рекомендуемая методология инженерно-геофизических исследований позволяет: сократить сроки исследования трасс тоннелей; снизить себестоимость инженерно-геологической съемки путем сокращения горно-буровых работ; предварительно прогнозировать условия проходки и строительства; уточнить зоны, подлежащие укреп-

դիտվում են ծրկրագնդի տարբեր շրջաններում ևս, եզրակացվում է, որ բեկվածքներն առաջացել են համամոլորակային ուժերի ազդեցության հետևանքով՝ ըստ կառուցվածքառաջացման նոր ոռտացիոն վարկածի:

S. N. NAZARETIAN, K. F. TYAPKIN

## THE EARTH'S CRUST FRACTURES DISTRIBUTION REGULARITIES ON THE ARMENIA TERRITORY AND PROBLEMS OF THEIR STUDY FROM POSITIONS OF STRUCTURE-FORMATION NEW ROTATIONAL HYPOTHESIS

### A b s t r a c t

The fractures two systems regular distribution on the Armenia territory is described. Such properties of fractures as their fragmentariness, transformness and inherited activation specific law, being their multifold formation consequence, are outlined.

The problems of the Armenia territory all systems fractures revealing as well as the fractures development history reconstruction methods working out are raised proceeding from the idea of their multifold formation.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Акопян Ц. Г. Аномальное магнитное поле и его геологическое истолкование.—В кн.: Геология Армянской ССР. Геофизика, том X. Ереван: Изд. АН Арм. ССР, 1972, с. 84—121.
2. Асланян А. Т. Региональная геология Армении. Ереван: Айпетрат, 1958, 403 с.
3. Габриелян А. А. Основные вопросы тектоники Армении. Ереван: Изд.-во АН Арм. ССР, 1959, 183 с.
4. Изучение тектоники докембрия геолого-геофизическими методами. Ред. К. Ф. Тяпкина. М.: Недра, 1972, 259 с.
5. Назаретян С. Н. Глубинные разломы территории Армянской ССР (по геофизическим данным). Ереван: Изд.-во АН Арм. ССР, 1984, 137 с.
6. Никольский Ю. И. Сироткина Т. Н., Милай Т. А. Некоторые черты тектоники и истории геологического развития территории Армении по данным геофизики.— В кн.: Методы разведочной геофизики, вып. 12. Л.: Недра, 1971, с. 176—181.
7. Тяпкин К. Ф., Кивелюк Т. Т. Изучение разломных структур геолого-геофизическими методами. М.: Недра, 1982, 239 с.

Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, XXXVIII, № 4, 52—63, 1985.  
УДК:624.1:550.83(479.25)

Г. М. АВЧЯН, С. Р. ПАЙЛЕВАНЯН

## ИНЖЕНЕРНО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ В ГОРНЫХ РАЙОНАХ

Рассмотрены возможности методов инженерной геофизики при решении задач подземного строительства в сложных горно-геологических условиях. Выделены три основные стадии геофизических изысканий, отличающиеся друг от друга по цели изысканий и по специфике поставленных задач. На конкретных примерах показана как рекомендуемая методология инженерно-геофизических исследований позволяет: сократить сроки исследования трасс тоннелей; снизить себестоимость инженерно-геологической съемки путем сокращения горно-буровых работ; предварительно прогнозировать условия проходки и строительства; уточнить зоны, подлежащие укреп-

лению; определить необходимый тип крепежей; изучить местные инженерно-геологические явления и процессы; оценить качество и устойчивость подземных сооружений.

Рост объема строительства подземных сооружений в горных районах требует в короткий срок с наименьшими затратами определить физические свойства и строение горных пород, оценить качество стройки и устойчивость подземных сооружений.

Подземное строительство требует изучения новых условий и природных факторов. С глубиной возрастают обводненность пород, гидростатическое давление, напоры, температура, горное давление, изменяются свойства пород и напряженное состояние массива. В подземной среде формируется специфический комплекс геологических процессов и явлений. Приобретает огромное значение изучение состояний и свойств всего массива пород в целом.

Вышеуказанные вопросы, а также задача обеспечения длительной прочности и устойчивости подземных сооружений представляют в настоящее время серьезную инженерно-техническую проблему, отдельные вопросы которой практически могут быть выяснены методами инженерной геофизики.

Строительство различных типов подземных сооружений в Арм. ССР, а также сложный характер горно-геологических условий территории, обуславливают необходимость разработки новых методов инженерно-геофизических исследований и их внедрения в горное дело.

Методы наземной и опережающей подземной геофизической разведки в ходе строительства тоннелей находятся в процессе разработки; их практическое внедрение удешевит и ускорит подземное строительство, так как позволит: 1) сократить объем разведочного бурения; 2) даст информацию для составления рабочих чертежей, способов обделки, крепления выработки разных участков тоннеля, в разных геолого-структурных условиях; 3) предсказать места возможных изменений литологии, трещиноватости, обводненности, что позволит менять рабочие чертежи для отдельных участков, избежать излишних запасов прочности обделки [7]; 4) выявить места, подлежащие инъекции, качество инъекционных работ; 5) более полноценно прогнозировать устойчивость подземных сооружений.

### **1. Инженерно-геофизические исследования территорий, предусмотренных для подземного строительства**

При наземных инженерно-геофизических исследованиях территорий, предусмотренных для строительства подземных сооружений, необходимо решить следующие задачи: 1) выявление тектонических нарушений и трещин; 2) литологическое расчленение пород, слагающих проектируемый участок; 3) определение уровня грунтовых вод; 4) исследование инженерно-геологических явлений и процессов; 5) оценка сейсмической балльности района.

Учитывая опыт наших исследований, рассмотрим разрешающие возможности некоторых геофизических методов, эффективное сочетание которых в дальнейшем послужит основой для рекомендации их при решении вышеуказанных задач.

Тектоническая трещиноватость, являясь сложным объектом исследования, может быть охарактеризована большим количеством различных параметров. Изменчивость этих параметров в пространстве и сложное их взаимодействие не позволяют оценить все свойства тектонической трещиноватости каким-либо одним показателем.

Изучение тектонического строения территорий преследует две ос-

новные цели: 1) определение наличия разрывных нарушений—разломов; 2) определение степени общей трещиноватости массива.

Опытно-методическими исследованиями, проведенными на участках строительства ряда подземных сооружений Арм. ССР (Иджеванский железнодорожный тоннель, Севанский автодорожный тоннель, Гарнийская подземная космо-геофизическая обсерватория), установлена целесообразность применения комплекса геофизических методов (СЭП; магниторазведка; эманационная съемка) для определения зон тектонических нарушений.

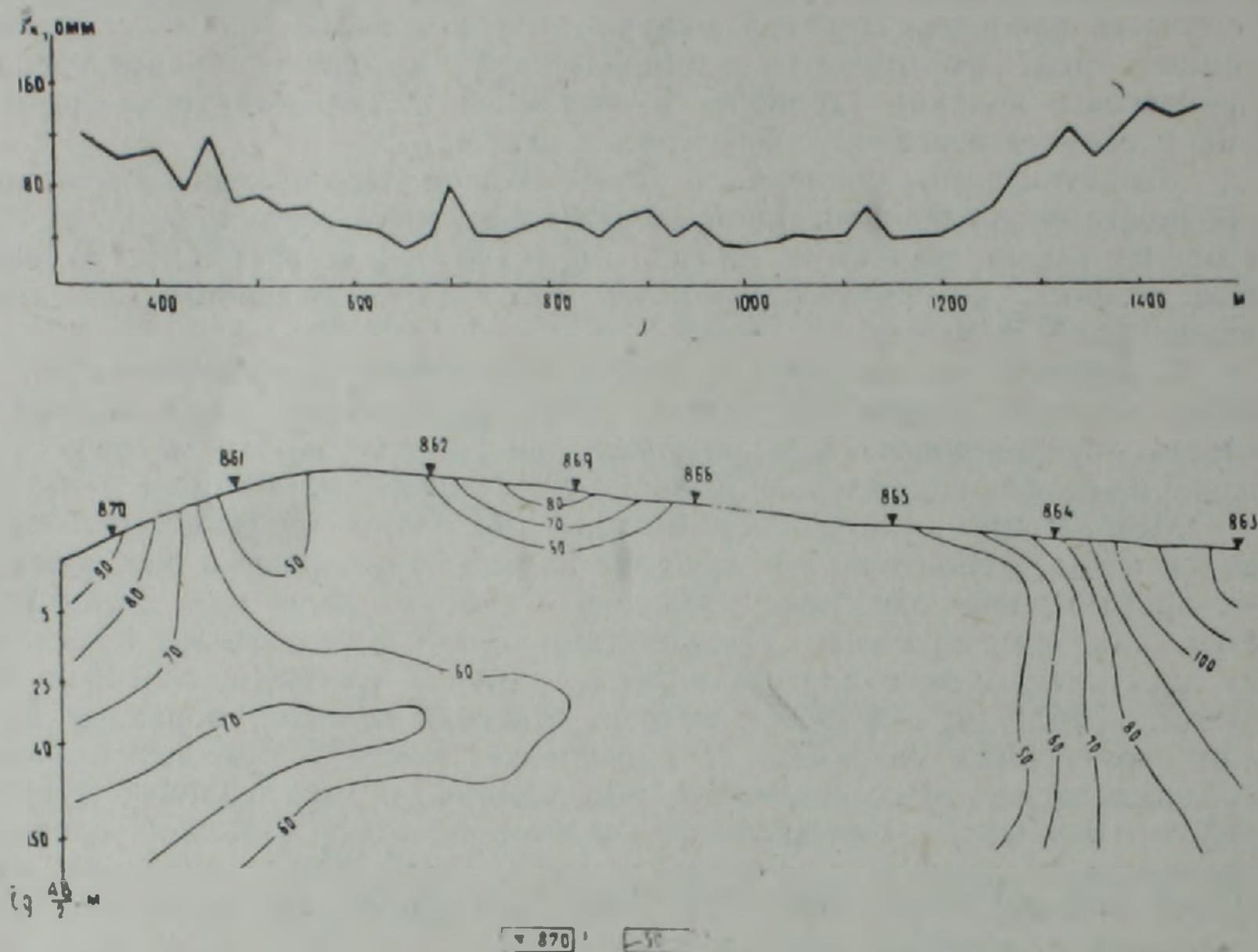


Рис. 1. Результаты электроразведочных исследований вдоль трассы автодорожного тоннеля. 1—точки ВЭЗ; 2—изолинии  $\rho_k$ .

В качестве примера можно привести результаты комплексных геофизических исследований вдоль оси трассы Севанского автодорожного тоннеля, где в межпортальном пространстве (ПК 400—1300) по низким значениям удельного электрического сопротивления выделена зона тектонической трещиноватости (рис. 1). Дальнейшая проходка в обоих порталах вскрыла зону сильноизмененных и водонасыщенных пород. Результаты геофизических исследований позволили прогнозировать ожидающие условия проходки.

В процессе литологического расчленения массива необходимо обеспечить глубинность исследования. Характерные для горной страны сложное строение и изрезанные формы рельефа затрудняют проведение геофизических изысканий. Сложное геологическое строение обуславливается как наличием в массиве разнородных пород (осадочных, скальных и т. д.), так и большой поверхностной неоднородностью.

При инженерно-геологических изысканиях приходится сталкиваться с геологическими разрезами, характеризующимися неоднородностью литологического состава и условий обводненности пород, что приводит к изменчивости электрических сопротивлений пород в гори-

горизонтальном и вертикальном направлениях и затрудняет количественную интерпретацию кривых ВЭЗ [6]. В частности, выявлены следующие закономерности изменения типов кривых ВЭЗ в зависимости от горизонтальной неоднородности исследуемого разреза пород.

1. При изучении двухслойных разрезов типа  $\rho_1 < \rho_2$ , где второй слой с удельным электрическим сопротивлением  $\rho_2$  имеет коэффициент анизотропии  $\frac{\rho_{2\parallel}}{\rho_{2\perp}} \geq 0,7$ , наблюдается переход кривых типа  $\rho_2$  в кривые типа  $K$ . Изменение типа кривой четко наблюдается при зондированиях с разными азимутами расположения измерительной установки (рис. 2).

2. В двухслойных разрезах типа  $\rho_1 > \rho_2$  с изменением азимута зондирования наблюдается переход двухслойных кривых в кривые типа  $H$ .

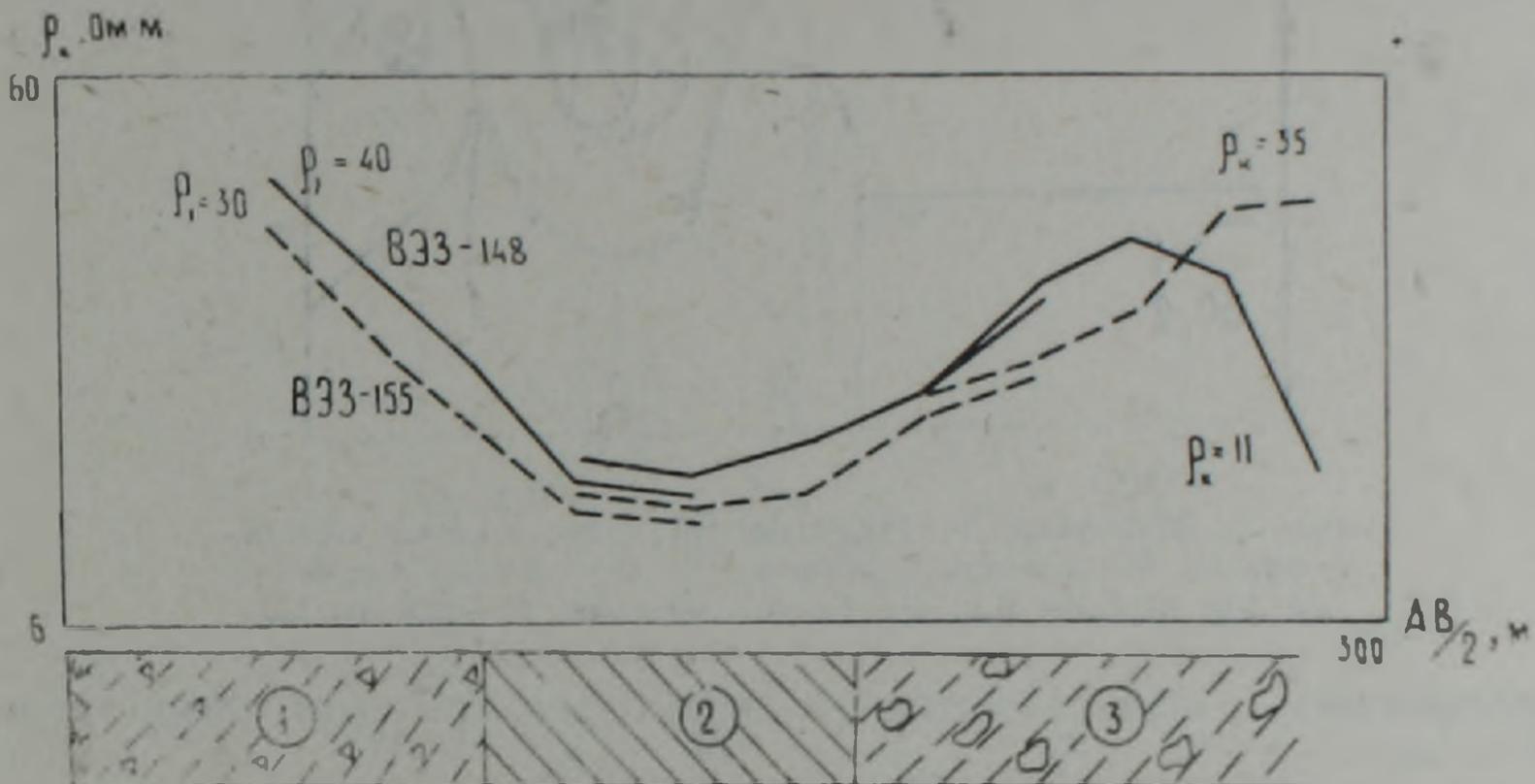


Рис. 2. Кривые крестовых ВЭЗ (разница азимутов в  $90^\circ$ ). 1—суглинисто-песчаный материал; 2—бентонитизированные глины; 3—крупные блоки скальных пород с глинисто-супесчаным включением.

Для оценки динамики оползневых процессов по результатам сейсморазведки, наиболее эффективным является способ полярных диаграмм напряжений. Механизм изменения напряжений по глубине в полярных диаграммах описывается уравнением [3]:

$$(\sigma_x^2 + \sigma_y^2) - 2c^2(\sigma_x - \sigma_y) = a^4 - c^4. \quad (1)$$

Частные случаи уравнения (1) (окружность, овалосплюснутый эллипс, лемниската) соответствуют полярным диаграммам распределения напряжений на разных глубинах оползня. Интервал перехода полярных диаграмм от лемнискаты к двум обособленным овалам соответствует глубине образования поверхности разрыва.

С целью определения направлений главных напряжений в оползневом теле проводилось круговое сейсмическое зондирование. В результате строились полярные диаграммы модуля Юнга для разных глубин. Круговая диаграмма  $E_\theta$  для глубины 4 м имеет форму эллипса (рис. 3а), относительная ориентация оси которого совпадает с видимым направлением движения оползня.

Диаграмма для глубины 8 м представляет сплюснутый эллипс (рис. 3б), который согласно приведенному механизму описывает картину распределения напряжений выше поверхности скольжения. Ори-

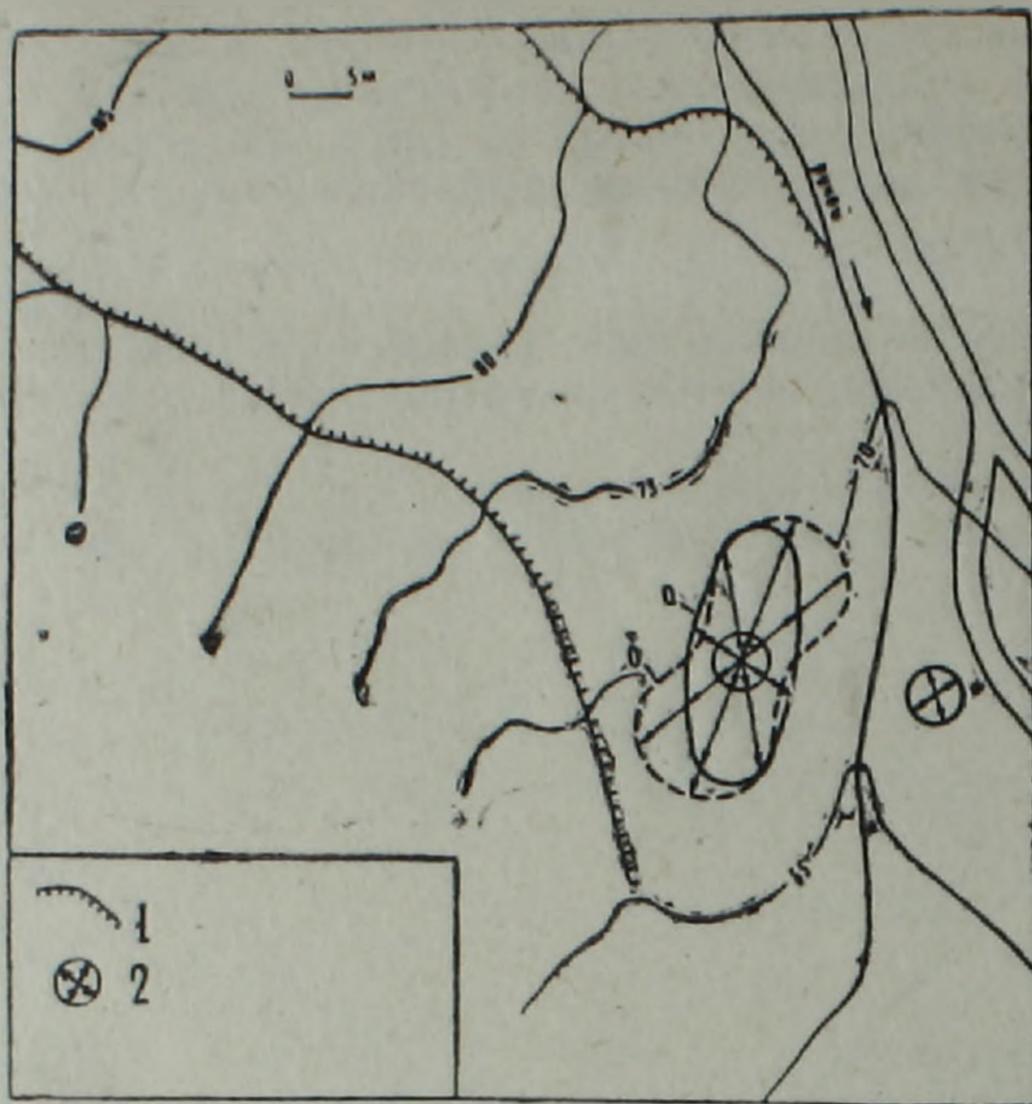


Рис. 3. Схематическая карта южной части оползня «Джухтак-ванк». а—круговая диаграмма  $E_z$  для глубины 4 м; б—то же для глубины 8 м; 1—границы оползня; 2—азимуты СЗ.

ентировочная глубина поверхности скольжения при этом оценивается 10—12 м.

## 2. Подземные геофизические исследования, проводимые параллельно с проходкой выработок

Безаварийная, экономная и быстрая проходка тоннелей требует применения как наземных геофизических исследований при проектировании, так и проведения непрерывных подземных исследований в процессе строительства. В этой стадии изысканий методами инженерной геофизики могут быть решены следующие задачи: 1) исследование околовыработочного и впередизабойного пространства; 2) исследование напряженного состояния в массиве; 3) определение физико-механических свойств пород и облицовочного бетона вдоль выработки.

Целью геофизических исследований околовыработочного пространства является выявление местоположения тектонических нарушений, пересекающих горную выработку, определение глубины зоны ослабленных проходкой пород [2]. Решению определения местоположения зон тектонических трещиноватостей посвящены исследования в водонапорном тоннеле Шамбской ГЭС. Задача решалась комплексом геофизических методов, включающим подземные модификации методов радиоволнового профилирования (РВП), естественного электрического поля (ЕП), четырехэлектродного электропрофилирования (СЭП) и непрерывного сейсмического профилирования (рис. 4). Подземные сейсмоакустические исследования вдоль основной галереи космогеофизической обсерватории позволили определять мощность зоны ослабленных проходкой пород и трещины за бетонной облицовкой. Здесь

же выяснена эффективность трехэлектродных электроразведок (обращенной установкой) при опережающей разведке впередизабойного пространства, путем сравнения кривых четырехэлектродной и трехэлектродной модификаций ВЭЗ.

При оценке величин и направлений действующих в массиве напряжений наиболее эффективным является применение упругих волн сейсмических, акустических и ультразвуковых частот. Неоднородность горных пород, а также крупность зерен и состояние связей между ними налагают определенные ограничения на выбор частоты упругих волн. Для повышения информативности сейсмоакустических методов, помимо натурных исследований необходимо проведение лабораторных испытаний образцов пород с применением упругих колебаний разных частот.

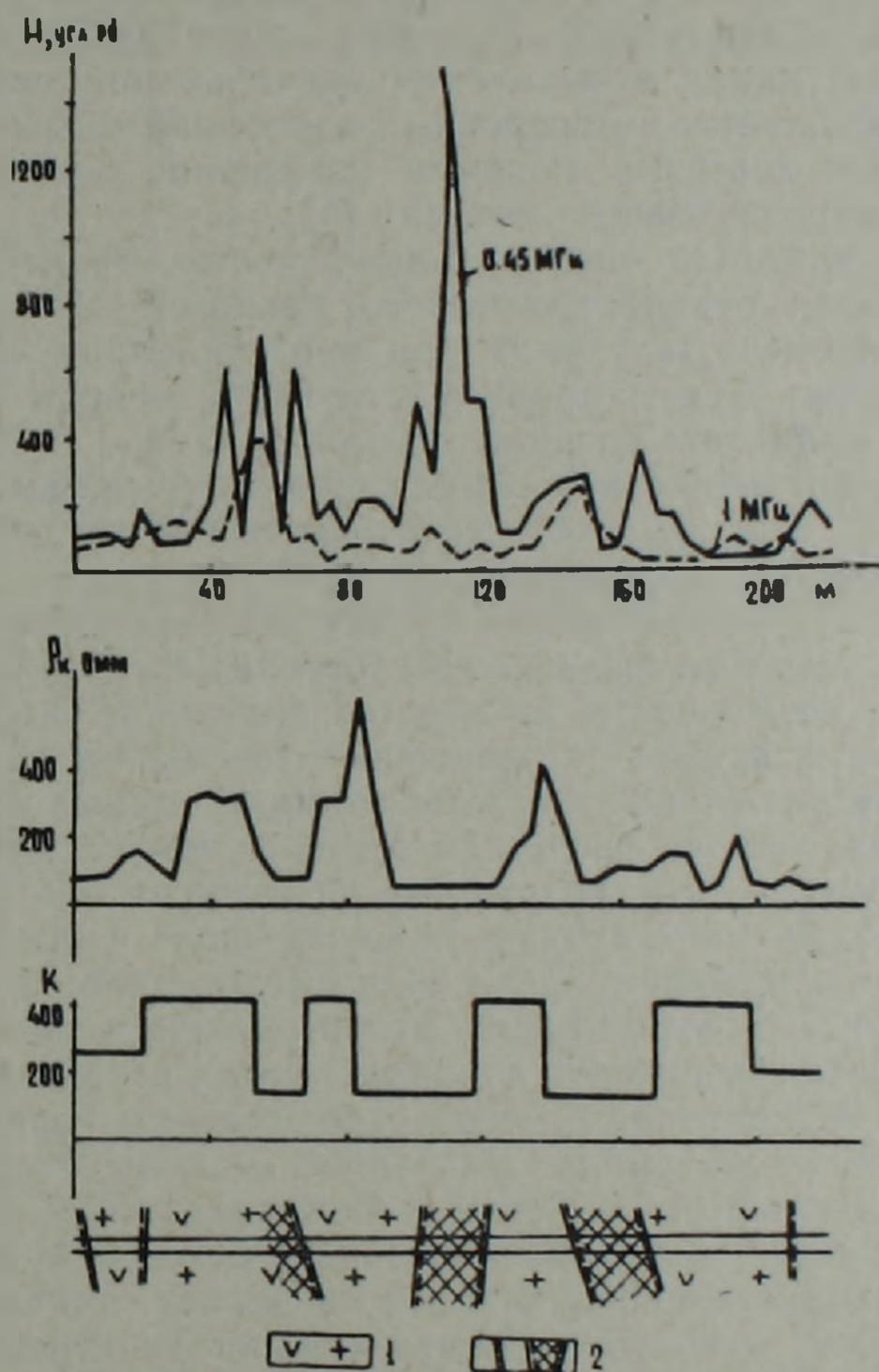


Рис. 4. Результаты геофизических исследований вдоль водонапорного туннеля. 1—гранодиориты; 2—зоны тектонического дробления.

На трех отличающихся друг от друга горно-геологическими условиями и строением участках получены критерии оценки эффективности и информативности сейсмоакустических методов при определении направлений и величин напряжений [4].

Экспериментальными работами установлены корреляционные зависимости между сейсмическими и основными физико-механическими свойствами пород и бетона [5].

### 3. Инженерно-геохимическая оценка качества строительства и устойчивости подземных сооружений

Одним из актуальных вопросов инженерно-геофизических исследований является оценка качества строительства подземных сооружений. При выяснении этого вопроса основные задачи сводятся к определению физико-механических свойств бетонной облицовки, выявлению зон трещиноватости в бетонной закладке, выявлению пустот (не заполненных бетоном зон) между горной породой и облицовкой.

Классификация качества бетона по упругим характеристикам в основном базируется на широкой дифференциации бетона по значениям скоростей распространения упругих волн. Для оценки прочностных свойств бетонных конструкций как показателей его качества в естественных условиях, применен многопараметровый ультразвуковой метод, основанный на измерении скорости распространения упругих волн, коэффициента затухания и изменения спектральной плотности принятого сигнала продольных и поперечных колебаний, позволяющий в значительной степени повысить точность измерения, достоверность и эффективность ультразвукового метода [5].

В качестве критерия оценки монолитности структуры бетона использован характер реверберационного процесса. В бетоне монолитной структуры процесс затухания при прозвучивании имеет экспоненциальный характер. При наличии в структуре каверн и трещин нормальная форма принятого сигнала искажается.

Ультразвуковой метод позволяет определить динамические характеристики бетона ( $E_d$ ,  $G_d$ ,  $\mu_d$ ) непосредственно на различных участках тоннеля (свод, стенка, подошва).

Ультразвуковые исследования вдоль бетонной облицовки Гарнийской подземной космо-геофизической обсерватории (рис. 5) показали принципиальную возможность выявления трещин в бетонной облицовке (по стенкам и в кровле) и прослеживание их на глубину  $h$ .

Методом ультразвукового прозвучивания с одной поверхности определена глубина трещин, выявлены пустоты между горной породой и бетоном. Установлено, что воздушные прослойки или плохо контактируемые с породой зоны играют важную роль при распределении напряжений на сооружении. Если они имеют место в кровле выработки, то в связи с ненормальным распределением нагрузки на свод, на стенки выработки действуют дополнительные нагрузки, в результате чего на стенках облицовочного бетона (возможно и горной выработки) появляются боковые трещины. Указанное явление имело место при строительстве тоннелей Арпа-Севан и Севан-Дилижан.

Выявление пустот между облицовочным бетоном и горной породой методом поверхностного прозвучивания позволяет выделить зоны, подлежащие инъекции, и в итоге повысить качество строительства.

Комплексные электрометрические и ультразвуковые исследования позволили также оценить качество инъекционных работ, проведенных для ликвидации трещин и пустот. Частным вопросом при оценке устойчивости подземных сооружений является изучение местных геологических явлений и процессов. Здесь особое место занимает определение границы зон набухающих пород. Рассмотрение физико-химической природы процесса набухания указывает на принципиальную возможность выделения этих зон путем регистрации меняющихся во времени естественных электрических полей, возникающих в процессе набухания. При этом наиболее эффективным является измерение естественного электрического поля градиентным способом.

Основные стадии и задачи инженерно-геофизических исследований при проектировании и строительстве подземных сооружений

| Стадии работ   | З а д а ч и  | Горно-геологическая характеристика массива  | Рекомендуемый комплекс геофизических методов                             |
|--|--|---|--|
| 1  | 2  | 3   | 4  |
| 1. Исследование территории, предусмотренной под стр-во подземного сооружения | Выявление тектонических нарушений и трещин                                     | Скальные, метаморфизованные магматические породы                                    | Электрометрия (КЭП, СДВР) магнитометрия, радиометрия, сейсморазведка     |
|  | Литологическое расчленение пород   | Осадочные образования   | Электрометрия (СЭП, ЕП)  |
|  | Изучение инженерно-геологических явлений и процессов:<br>а) оползневые явления | Скальные, метаморфизованные неувлажненные породы                                    | Электрометрия (ВЭЗ, СЭП), сейсмометрия (КМПВ)                            |
|  |  | Осадочные породы:<br>а) неувлажненные;<br>б) увлажненные                            | Электрометрия (ВЭЗ, СЭП);<br>электрометрия (ВЭЗ),<br>сейсмометрия (КМПВ) |
|  | б) фильтрационные явления  | В скальных породах  | Сейсмометрия (КМПВ), электрометрия (ВЭЗ), радиометрия                    |
|  |  | В осадочных породах   | Электрометрия (КВЭЗ, ЕП), сейсмометрия (МПВ)                             |
|  | в) карсты, явления карстообразования   | Разные породы   | Электрометрия (ЕП, метод заряда)   |
| В сухих трещиноватых породах с увлажненным заполнителем                      |  | Электрометрия (ВЭЗ, ЕП, СДВР), подземные радиоволновые и сейсмические просвечивания |  |
| В рыхлых увлажненных породах без заполнителя карстовых пустот                |  | Электрометрия (ВЭЗ, ЕП)   |  |
| г) набухание   | Глинистые породы   | ЕП, сейсмометрия.   |  |

| 1   | 2   | 3                                   | 4   |
|---|---|-------------------------------------|---|
| 2. Подземные геофизические исследования, проводимые одновременно с проходкой горной выработки | Исследование околорудного и впередирудного пространства.  | Скальные породы                     | Электрометрия (трехэлектродное зондирование), сейсмометрические и ультразвуковые методы                   |
|   | Изучение напряженного состояния в околорудном пространстве  | Осадочные породы                    | Электрометрия (трехэлектродное зондирование), сейсмометрия (КМПВ)   |
| 3. Оценка качества строительства и устойчивости подземного сооружения                         | Определение физико-механических свойств и напряженно-деформированного состояния массива горных пород и бетонной облицовки (защелки) | Скальные породы и бетонная закладка | Лабораторные испытания образцов, лабораторные и натурные ультразвуковые и сейсмоакустические исследования |
|   | Выявление трещин в бетонной облицовке   | Рыхлые породы                       | Натурные исследования методами сейсмоакустики   |
|   | Выявление пустот между горной породой и бетонной облицовкой   | Бетон                               | Многопараметровый ультразвуковой метод  |
|   | Контроль качества инъекционно-цементационных работ  | Бетон, порода                       | Поверхностные ультразвуковые просвечивания  |
|   |   |                                     |   |

Примечание: ЭП—электропрофилирование, ЕП—метод естественного эл. поля, КМПВ—корреляционный метод преломленных волн, КВЭЗ—круговые вертикальные электрозондирования, СДВР—сверхдлинноволновой метод радиокипа, СЭП—симметричное электрозондирование, КЭП—комбинированное электропрофилирование.

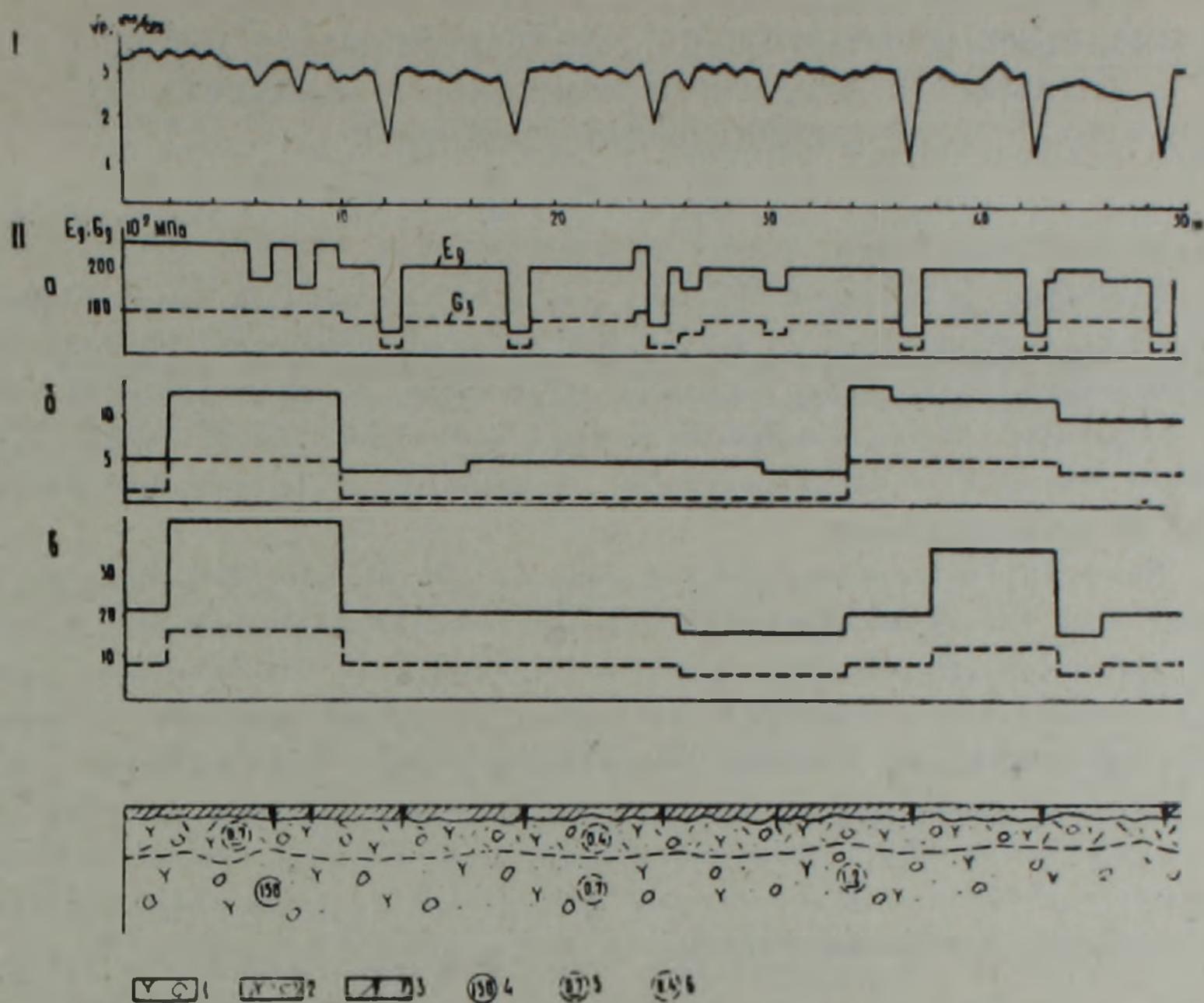


Рис. 5. Результаты подземных сейсмоакустических исследований вдоль галереи подземной геофизической обсерватории. I—график скорости ультразвуковых волн вдоль бетонной обделки. II—графики динамических модулей упругости  $E_d$  и  $G_d$  для бетонной обделки (а); трещиноватых пород (б); неизмененных пород (в); 1—туфобрекчии; 2—то же измененные; 3—трещины; 4—удельное электрическое сопротивление пород в Ом.м.; 5, 6—значения скоростей продольных и поперечных сейсмических волн.

При оценке устойчивости подземного сооружения в сейсмоактивных районах немаловажное значение приобретает учет сейсмичности данной территории. Характерные для сейсмоактивных районов частые, включая и слабые, землетрясения в сумме могут влиять на подземное сооружение и играть определяющую роль в перераспределении напряжений вокруг сооружения. В этой связи вдоль подошвы и стенок тоннеля проводилось подземное сейсмозондирование методом преломленных волн. Преломляющим горизонтом служила зона неизмененных пород. При этом помимо определения мощности зоны ослабленных проходкой пород изучался характер изменения скоростей сейсмических волн в породах околорыботочного пространства в зависимости от трещиноватости и водонасыщенности. Выяснено, что в трещиноватых водонасыщенных породах наблюдается изменение скоростей сейсмических волн до 30—40%. Безусловно, в водонасыщенных зонах при землетрясениях разрушительная сила сейсмических волн усилится.

Основные стадии инженерно-геофизических исследований, задачи и рекомендуемый комплекс геофизических методов при проектировании и строительстве подземных сооружений в сложных горно-геологических условиях представлены в виде таблицы.

Ереванский государственный университет,  
Институт геофизики и инженерной  
сейсмологии АН АрмССР

Поступила 14 VIII 1981

ԻՆՃԵՆԵՐԱ-ԵՐԿՐԱՔԻԶԻԿԱԿԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԼԵՌՆԱՅԻՆ  
ՇՐՋԱՆՆԵՐՈՒՄ ՍՏՈՐԵՐԿՐՅԱ ԿԱՌՈՒՅՑՆԵՐԻ ՆԱԽԱԳԾՄԱՆ ԵՎ  
ՇԻՆԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆ ԸՆԹԱՑՔՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հոգվածում քննարկված են բարդ լեռնա-երկրաբանական պայմաններում ստորերկրյա շինարարության խնդիրների լուծման ընթացքում ինժեներային երկրաֆիզիկայի մեթոդների հնարավորությունները: Առանձնացվում են երկրա-ֆիզիկական հետազոտությունների երեք հիմնական փուլեր, որոնք միմյանցից տարբերվում են հետազոտման նպատակով և առաջադրված խնդիրների յուրահատկությամբ:

Առանձին օրինակներով ցույց է տրված, թե ինչպես ինժեներա-երկրա-ֆիզիկական հետազոտությունների առաջարկված մեթոդոլոգիան թույլ է տալիս՝ կրճատելու թունելների ուղեգծի ուսումնասիրման ժամկետները, իջեցնելու ինժեներա-երկրաբանական հանույթի ինքնարժեքը՝ լեռնային և հորատման աշխատանքների ծավալի կրճատման շնորհիվ, կանխատեսելու հորատանցման և շինարարության պայմանները, ճշտելու ամրակապման ենթակա տեղամասերը, որոշելու ամրակապման անհրաժեշտ տիպը, ուսումնասիրելու տեղական ինժեներա-երկրաբանական երևույթներն ու պրոցեսները, գնահատելու ստորերկրյա կառույցների որակն ու կայունությունը:

H. M. AVCHIAN, S. R. PAHLEVANIAN

GEOPHYSICAL ENGINEERING INVESTIGATIONS IN PROJECTION  
AND CONSTRUCTION OF UNDERGROUND INSTALLATIONS  
IN HIGHLANDS

A b s t r a c t

The geophysical engineering methods possibilities for underground construction problems solving under complicated mining-geological conditions are considered in this paper. Geophysical research three main stages are distinguished differing by their aims and purposes. It is shown the recommended methodology to allow the following: to shorten the tunnel track survey time; to decrease geological engineering survey costs by reducing the mining and drilling works; to forecast the driving and building conditions; to specify the zones which need supporting, to define the necessary support type; to study the local geological engineering phenomena and processes; to estimate the quality and stability of underground installations.

ЛИТЕРАТУРА

1. Газарян Г. О., Пайлеванян С. Р. Инженерно-геофизические исследования при оценке состояния подземного сооружения.—В сб.: Геофизические методы контроля напряжений в горных породах. Новосибирск, 1980, с. 89.
2. Газарян Г. О., Гаспарян Р. К., Пайлеванян С. Р. Возможности электроразведоч

- ных методов при выявлении ослабленных зон в водонапорном тоннеле гидроэлектростанции.—Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1975, № 5, 35 с.
3. Пайлеванян С. Р. Оценка напряженного состояния массива горных пород с помощью сейсморазведки. Тезисы докл. научн.-технической конференции геофизиков Закавказья. Ленинакан, 1983.
  4. Пайлеванян С. Р. Результаты сейсмоакустических исследований при оценке напряженного состояния массива в различных горно-геологических условиях. Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1983, № 4, с. 70—76.
  5. Пайлеванян С. Р., Газарян Г. О.—Об определении корреляционных зависимостей между упругими и прочностными свойствами пород Ереванского солерудника.—Тез. докл. на II Всесоюзном совещании по разработке и комплексированию геофизических методов при разведке рудных месторождений.—Ленинакан: Изд-во АН Арм. ССР, 1982, 101 с.
  6. Хмелевской В. К.—Основной курс электроразведки. I ч., МГУ, 1970. 166 с.
  7. Хмелевской В. К., Либерман А. А.—О геофизических исследованиях трасс тоннелей.—Вестник МГУ, сер. Геология, 1978, № 4, 46 с.

Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле. XXXVIII, № 4, 63—66. 1985.  
УДК: 553.21/.24(479.25)

#### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

А. Г. ТОНАКАНЯН, Э. Х. ГУЛЯН, А. С. АВАНЕСЯН

### НОВОЕ О ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ЛАЛИГЮХСКОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ

На рудопроявлении в течение ряда лет проводились поисково-разведочные работы, заключающиеся в прослеживании золото-полиметаллических жил и зон путем проходки штолен, скважин и наземных горных выработок. В результате этого рудопроявление было признано перспективным на более глубоких горизонтах. Поскольку оно исследовано на трех горизонтах, то подразумевалась большая глубина, почему и геологоразведочные работы были приостановлены.

В дальнейшем, в течение 1978—1982 гг. рудопроявление было охвачено работами по составлению прогнозно-металлогенической карты Шамшадинского рудного района, в процессе которых составлена структурно-формационная карта Лалигюхского рудного поля изучены фации гидротермально измененных пород, проведены ревизионные работы, а также анализ имеющегося и вновь собранного фактического материала.

Работами по созданию структурно-формационной основы рассматриваемой площади выявлено важное обстоятельство, заключающееся в том, что верхнесантонские липарит-дацитовые и дацитовые породы являются наиболее кислыми дифференциатами верхнемеловой формации калий-натровой серии базальтоидной группы, а не субвулканическими образованиями, как считались ранее. Выяснилось также, что рассматриваемая площадь сложена непрерывно-дифференцированной формацией верхнемеловых вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород, где нижележащие лавы и туфы андезито-базальтового состава верхнего коньяка-нижнего сантона перекрываются туфами и лавами дацитового и липарит-дацитового состава верхнесантонского возраста. Обе эти толщи согласно падают на северо-запад под небольшими углами. Контакт между ними проходит по главному разлому. Мощность верхней толщи около 300 м. Нижняя прорвана субвулканическими телами андезитового и андезито-базальтового состава.

Сопоставление геологического строения и тектонической позиции Лалигюхского рудопроявления с рудоносными меловыми толщами Болнисского поперечного прогиба, в которых заключены известные

- ных методов при выявлении ослабленных зон в водонапорном тоннеле гидроэлектростанции.—Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1975, № 5, 35 с.
3. *Пайлеванян С. Р.* Оценка напряженного состояния массива горных пород с помощью сейсморазведки. Тезисы докл. научн.-технической конференции геофизиков Закавказья. Ленинакан, 1983.
  4. *Пайлеванян С. Р.* Результаты сейсмоакустических исследований при оценке напряженного состояния массива в различных горно-геологических условиях. Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1983, № 4, с. 70—76.
  5. *Пайлеванян С. Р., Газарян Г. О.*—Об определении корреляционных зависимостей между упругими и прочностными свойствами пород Ереванского солерудника.—Тез. докл. на II Всесоюзном совещании по разработке и комплексированию геофизических методов при разведке рудных месторождений.—Ленинакан: Изд-во АН Арм. ССР, 1982, 101 с.
  6. *Хмелевской В. К.*—Основной курс электроразведки. I ч., МГУ, 1970. 166 с.
  7. *Хмелевской В. К., Либерман А. А.*—О геофизических исследованиях трасс тоннелей.—Вестник МГУ, сер. Геология, 1978, № 4, 46 с.

Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле. XXXVIII, № 4, 63—66. 1985.  
УДК: 553.21/.24(479.25)

#### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

А. Г. ТОНАКАНЯН, Э. Х. ГУЛЯН, А. С. АВАНЕСЯН

### НОВОЕ О ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ЛАЛИГЮХСКОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ

На рудопроявлении в течение ряда лет проводились поисково-разведочные работы, заключающиеся в прослеживании золото-полиметаллических жил и зон путем проходки штолен, скважин и наземных горных выработок. В результате этого рудопроявление было признано перспективным на более глубоких горизонтах. Поскольку оно исследовано на трех горизонтах, то подразумевалась большая глубина, почему и геологоразведочные работы были приостановлены.

В дальнейшем, в течение 1978—1982 гг. рудопроявление было охвачено работами по составлению прогнозно-металлогенической карты Шамшадинского рудного района, в процессе которых составлена структурно-формационная карта Лалигюхского рудного поля изучены фации гидротермально измененных пород, проведены ревизионные работы, а также анализ имеющегося и вновь собранного фактического материала.

Работами по созданию структурно-формационной основы рассматриваемой площади выявлено важное обстоятельство, заключающееся в том, что верхнесантонские липарит-дацитовые и дацитовые породы являются наиболее кислыми дифференциатами верхнемеловой формации калий-натровой серии базальтоидной группы, а не субвулканическими образованиями, как считались ранее. Выяснилось также, что рассматриваемая площадь сложена непрерывно-дифференцированной формацией верхнемеловых вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород, где нижележащие лавы и туфы андезито-базальтового состава верхнего коньяка-нижнего сантона перекрываются туфами и лавами дацитового и липарит-дацитового состава верхнесантонского возраста. Обе эти толщи согласно падают на северо-запад под небольшими углами. Контакт между ними проходит по главному разлому. Мощность верхней толщи около 300 м. Нижняя прорвана субвулканическими телами андезитового и андезито-базальтового состава.

Сопоставление геологического строения и тектонической позиции Лалигюхского рудопроявления с рудоносными меловыми толщами Болнисского поперечного прогиба, в которых заключены известные

медноколчеданные, золото-полиметаллические руды и золотоносные кварциты, выявило большую их схожесть.

По данным прежних исследователей, гидротермально измененные породы, в которых размещены рудные тела Лалигюхского проявления, тянутся вдоль рудоконтролирующего разлома полосой, шириной около

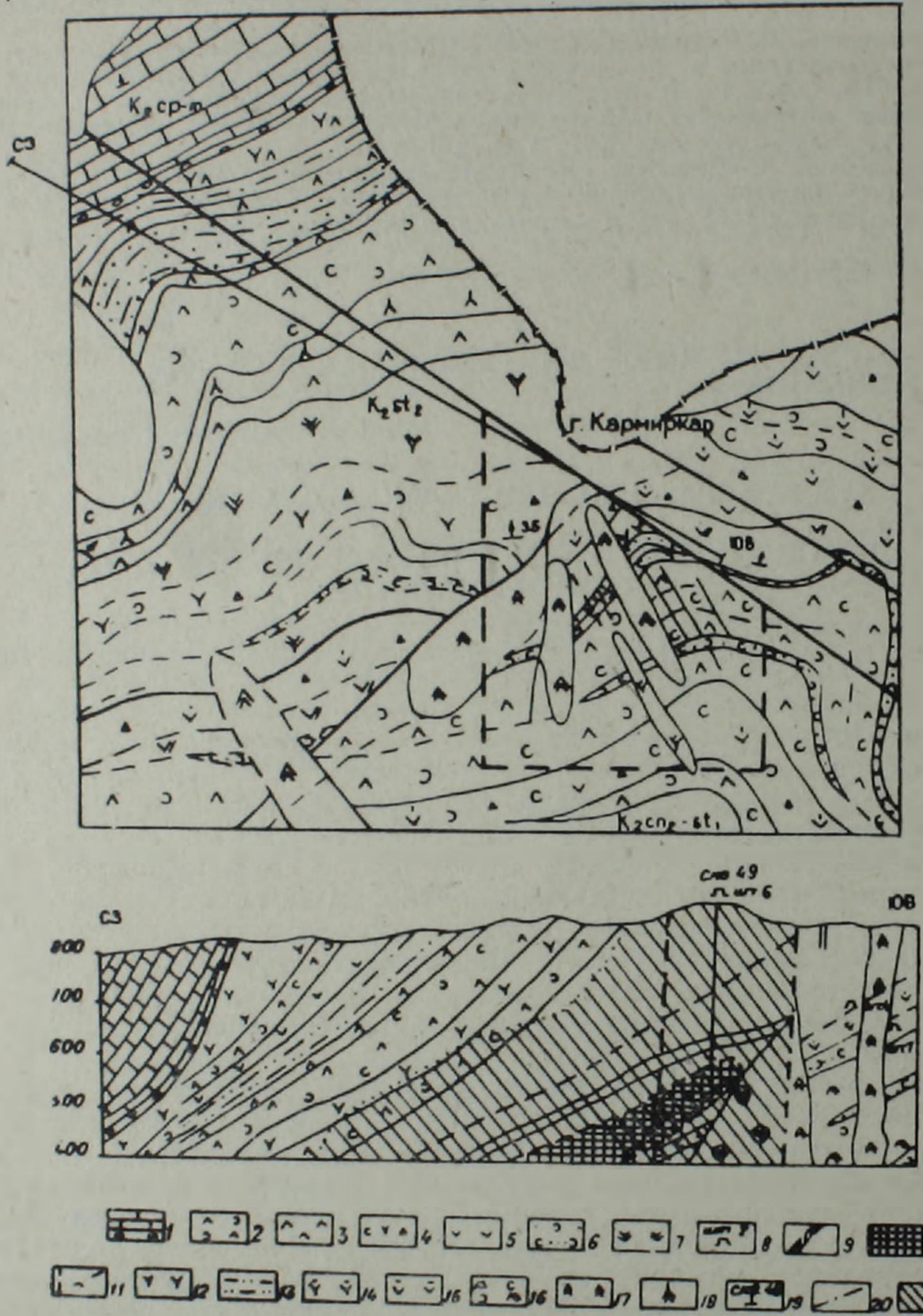


Рис. 1. Схематическая, структурно-литологическая карта и разрез района Лалигюхского рудопроявления. 1. Верхний сенон, мергели, пелитоморфные известняки, базальные конгломераты; 2—7—Верхний сенон; 2—дациты; 3—туфы андезитового состава; 4—алевролиты, песчаники, алевропесчаники, туфопесчаники; 5—лавы андезитового состава; 6—плагиоклазовые дациты; 7—туфы и туфобрекчии дацитового состава; 8—11—Верхний коньяк-нижний сантон; 8—роговообманковые андезито-базальты и базальты; 9—плагиоклазовые базальты; 10—туфобрекчии и туфы базальтового и андезито-базальтового состава; 11—туфопесчаники основного состава; 12—14—дайки и субвулканические тела; 12—андезиты; 13—базальты; 14—андезито-дациты; 15—устья и № штолей; 16—устья и № скважин; 17—жилы и жильные зоны; 18—разрывные нарушения; 19—Предполагаемая колчеданная рудная залежь; 20—метасоматиты, 21—площади, охваченные поисково-разведочными работами.

400 м, где и были сосредоточены поисково-разведочные работы (рис. 1).

Однако изучение метасоматитов этой площади и их прослеживание показало, что вопреки представлениям прежних исследователей, гидротермально измененные породы имеют площадное распространение (примерно 6 кв. км.) и что в основном они развиты за счет верхней кислой толщи, а не ограничиваются узкой полосой в андезито-базальтах.

По данным многочисленных шлифов, описанных Агамалыном В. А., выявлено пять типов метасоматитов, принадлежащих аргиллизитовой формации.

I тип—кварц-серицит-карбонат-каолинитовая фация.

II тип—адуляр-кварц-серицит-карбонат-каолинитовая фация.

Адуляр представлен кварц-адуляровыми агрегатами и развит, в основном, по плагиоклазу.

III тип—кварц-каолинитовая фация. Представлена кварцем, каолинитом, серицитом и адуляром. В шлифах наблюдается много кварца апохалцедоновой природы.

IV тип—карбонат-хлорит-селадонитовая фация, развитая по гна-локластам.

V тип—монокварцитовая фация с карбонатом. Она характерна для сольфаторных образований вулканического жерла.

Из отмеченных метасоматитов I, II и III типы являются наиболее перспективными в отношении рудоносности и могут служить поисковым критерием при прогнозировании колчеданного и золотого оруденения.

Кроме того, пробирным анализом во всех типах измененных пород установлены незначительные содержания золота и серебра. Эти содержания благородных металлов вместе с вкрапленниками рудных минералов, установленных в протолочках, свидетельствуют о значительной гидротермальной переработке пород липарит-дацитового и дацитового составов, что в свою очередь дает право предполагать о наличии залежей руд колчеданной формации как в самой, так и под «кислой крышкой» в формации последовательно-дифференцированных вулканогенных пород верхнего мела. Подтверждением мнения о наличии оруденения в всячем боку главного разлома под описанными метасоматитами могут служить также рудные подсечения, полученные ранее при небольших поисковых работах. Всего в этом боку разлома были пройдены 3 скважины и небольшой объем шурфов и канав. Высокие содержания полезных компонентов получены в скв. № 49. Значительные содержания полезных компонентов спорадически встречены и в наземных горных выработках.

Обобщая вышеизложенное, можно сделать заключение, что перспективность площади всячего бока главного рудоконтролирующего разлома, не охваченного ранее проведенными поисково-разведочными работами, высока. Эта перспективность заключается в следующем:

1. Лалигюхское рудопроявление, как выяснилось, сложено последовательно дифференцированной формацией вулканогенных пород калий-натровой серии. Этот формационный критерий, как считают многие исследователи [1], является определяющим для локализации руд колчеданной формации. В пользу принадлежности руд Лалигюхского рудопроявления к колчеданной формации свидетельствуют исследования Пароникяна В. О. [2], который эти руды относит к золото-сульфидно-теллуровому типу колчеданно-полиметаллического промышленно-генетического типа колчеданной формации.

Кроме того, отнести руды Лалигюхского рудопроявления к колчеданной формации позволяет сходство не только их вещественного сос-

тава с колчеданными рудами Маднеульского месторождения, но и геологического строения, а также их общая приуроченность к единому протяженному северо-западному разлому.

2. Перспективность всячего бока предопределяется также выявлением в его пределах адуляровых аргиллизитов, имеющих широкое площадное развитие, вопреки прежним представлениям об узкой полосе гидротермально измененных пород, протягивающейся вдоль главного рудоконтролирующего разлома по андезито-базальтам. Надежность предположения о рудоносности всячего бока разлома повышается наличием в метасоматитах вкрапленников рудных минералов (халькозина, борнита, ярозита, рутила, халькопирита и пирита), а еще более надежными делают имеющиеся в них интервалы рудных подсечений.

3. Перспектива Лалигюхского рудопроявления не ограничивается вовлечением под поисковые работы недоразведанного всячего бока. Его запасы меди и цинка могут быть значительно наращены также за счет доразведки лежащего бока разлома, где анализом собранного и имеющегося материала нами выделены два рудных столба с юго-восточным склонением. Эти столбы выделены на основании первичных материалов поисково-разведочных работ, проведенных ранее. Рудные столбы выделены на основании результатов проб, отобранных с поверхности, двух штольневых горизонтов и скважинных подсечений. Проведенный анализ выяснил необходимость доразведки рудных тел не только на глубине, но и в пределах верхних горизонтов, что позволит существенно нарастить запасы руд. Считаем необходимым отметить и об имеющихся в двух боках разлома непроверенных геохимических и геофизических аномалиях, которые также повышают достоверность рудоносности обеих площадей.

Резюмируя, можно заключить, что в свете полученных новых данных перспективы Лалигюхского рудопроявления повышаются как за счет доразведки лежащего бока, так и за счет вовлечения под детальные поисковые работы недоразведанного всячего бока главного рудоконтролирующего разлома.

Управление геологии  
Армянской ССР

Поступила 12.II.1985.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бородаевская М. Б., Кривцов А. И., Ширай Е. П. Формационный и палеовулканический анализ раннегеосинклинальных вулканитов как основа прогнозирования медноколчеданных месторождений. В кн.: Геосинклинальный вулканизм Урала и колчеданосность вулканогенных формаций. Свердловск, 1980, с. 3—14.
2. Пароникян В. О. Количественный минеральный состав полиметаллических руд Армянской ССР.—Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1980, т. XXXIII, № 1, с. 42—49.

Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, XXXVIII, № 4, 66—69, 1985.  
УДК: 553.63(479.25)

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

В. П. ТУНЯН

#### К ИСТОРИИ СОЛЯНЫХ ПРОМЫСЛОВ ВОСТОЧНОЙ АРМЕНИИ (II четверть XIX в.)

Окончательное присоединение в 1827 г. Восточной Армении к России поставило на повестку дня вопрос освоения местных минеральных ресурсов. Значительное внимание было уделено соли Кульпинского промысла, имевшей традиционный сбыт в Карталинию. В 14 статье «Общих правил для управления Эриванской областью» от 6 октября

тава с колчеданными рудами Маднеульского месторождения, но и геологического строения, а также их общая приуроченность к единому протяженному северо-западному разлому.

2. Перспективность всячего бока предопределяется также выявлением в его пределах адуляровых аргиллизитов, имеющих широкое площадное развитие, вопреки прежним представлениям об узкой полосе гидротермально измененных пород, протягивающейся вдоль главного рудоконтролирующего разлома по андезито-базальтам. Надежность предположения о рудоносности всячего бока разлома повышается наличием в метасоматитах вкрапленников рудных минералов (халькозина, борнита, ярозита, рутила, халькопирита и пирита), а еще более надежными делают имеющиеся в них интервалы рудных подсечений.

3. Перспектива Лалигюхского рудопроявления не ограничивается вовлечением под поисковые работы недоразведанного всячего бока. Его запасы меди и цинка могут быть значительно наращены также за счет доразведки лежащего бока разлома, где анализом собранного и имеющегося материала нами выделены два рудных столба с юго-восточным склонением. Эти столбы выделены на основании первичных материалов поисково-разведочных работ, проведенных ранее. Рудные столбы выделены на основании результатов проб, отобранных с поверхности, двух штольневых горизонтов и скважинных подсечений. Проведенный анализ выяснил необходимость доразведки рудных тел не только на глубине, но и в пределах верхних горизонтов, что позволит существенно нарастить запасы руд. Считаем необходимым отметить и об имеющихся в двух боках разлома непроверенных геохимических и геофизических аномалиях, которые также повышают достоверность рудоносности обеих площадей.

Резюмируя, можно заключить, что в свете полученных новых данных перспективы Лалигюхского рудопроявления повышаются как за счет доразведки лежащего бока, так и за счет вовлечения под детальные поисковые работы недоразведанного всячего бока главного рудоконтролирующего разлома.

Управление геологии  
Армянской ССР

Поступила 12.II.1985.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бородаевская М. Б., Кривцов А. И., Ширай Е. П. Формационный и палеовулканический анализ раннегеосинклинальных вулканитов как основа прогнозирования медноколчеданных месторождений. В кн.: Геосинклинальный вулканизм Урала и колчеданосность вулканогенных формаций. Свердловск, 1980, с. 3—14.
2. Пароникян В. О. Количественный минеральный состав полиметаллических руд Армянской ССР.—Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1980, т. XXXIII, № 1, с. 42—49.

Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, XXXVIII, № 4, 66—69, 1985.  
УДК: 553.63(479.25)

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

В. П. ТУНЯН

#### К ИСТОРИИ СОЛЯНЫХ ПРОМЫСЛОВ ВОСТОЧНОЙ АРМЕНИИ (II четверть XIX в.)

Окончательное присоединение в 1827 г. Восточной Армении к России поставило на повестку дня вопрос освоения местных минеральных ресурсов. Значительное внимание было уделено соли Кульпинского промысла, имевшей традиционный сбыт в Карталинию. В 14 статье «Общих правил для управления Эриванской областью» от 6 октября

1827 г. временному правлению вменялось: «поощрять» разработку соли на промысле и «восстановить» ее сбыт в Грузию.

В 1828 г. исследование соляных промыслов Армянской области начал гиттенфервалтер Н. Воскобойников. На реализацию продукции Кульпинского промысла оказывали влияние находящиеся поблизости другие источники — Кагызванский и Нахичеванский. Добычу соли осуществляли жители селений Кульп и Чинчават. Разработка каменной соли на Нахичеванском промысле велась жителями села Ших-Махмуд — 29 армянских и 6 азербайджанских дворов. Воскобойниковым было предложено: передать соляные промыслы в казенное управление; удешевить добычу соли за счет технологии производства; повысить продажную цену аробной соли Кульп; запретить ввоз персидской соли в Армянскую область, либо обложить ее пошлиною, уравнивающей в цене с нахичеванской, чтобы усилить сбыт продукции промыслов.

Правительство, желая получать постоянный доход, решило сдать промыслы в откупное содержание. В 1828 г. Армянское областное правление удовлетворило прошение тифлисского дворянина Н. Шиоева и эриванского купца М. Худобашева об отдаче Кульпинского промысла в откуп за 3000 туманов в год (12 тыс. руб. сер.). Отсутствие конкуренции на подрядных торгах оставило неизменной эту сумму до 1831 г. С 1832 г. в откуп на четыре года за 24600 руб. сер. в год его взяли тифлисские жители П. Зубалов, М. Палавандов и М. Мириманов. Предусматривался пункт, запрещающий вывоз соли из Турции и Ирана, а ввоз ее в эти места разрешался беспошлинный [1].

В связи с отказом откупщиков от подряда, с 1836 года Кульпинский промысел был переведен в казенное управление. За четыре года откупщики выручили за соль 86552 руб. сер., после внесения из которых в доходы Армянской области 76896 руб., на содержание промысла и служащих 6480 руб. сер., они, в целом, остались должны казне 24585 руб. сер. Причиной убыточности подряда был признан нелегальный ввоз из Турции кагызванской соли.

Для усиления добычи соли в июне 1836 г. солеломщики были освобождены от платежа податей, земских сборов и, кроме того, стали получать 20 коп. сер. за вырубленные пять камней соли. В 1836 г. царь утвердил «Временное положение о Кульпинском соляном промысле». Для жителей селений Кульп и Чинчават, насчитывающих соответственно 186 и 15 семейств, определялся рабочий распорядок. Население Кульпа обязывалось выставлять в полный период наряд для работ из 300 душ, работающих по понедельно в две очереди по 150 человек, во время половинных месяцев — 75 человек; жители Чинчават соответственно — 10 и 5 человек. Норма выработки соли устанавливалась в брусках весом от 7 до 8 эриванских батманов, за каждый по 4 коп. сер., а получаемая по ходу добычи мелкая принималась бесплатно. Считалось, что за 160 рабочих дней наряд при численности не менее 160 человек даст годовую добычу соли в 256000 камней [2].

В 1838 г. Кульпинский промысел был осмотрен председателем закавказской комиссии по подготовке реформы управления региона П. Д. Ганом, который признал необходимым улучшить разработку имеющихся штолен. Непосредственной причиной заинтересованности являлся тот факт, что доходы от соли поступали, минуя министерство финансов, на военные нужды и устройство края. Началось строительство жилых и управленческих строений. Гиттенфервалтер Редер, присланный казенною палатою, нашел нужным изменить порядок прокладки штолен, выемки соли, прекратить бессистемность закладки новых забоев. Он, учитывая, что Кульпинский промысел представляет огромную гору «пласта соли», из двух способов разработки (подзем-

ными работами как в Трансильвании, Величке, либо открытыми как в Каталонии, Кардонской горе, Илецком промысле) отдал предпочтение первому.

В целом, сходным являлось положение и Нахичеванского промысла, который до 1840 г. отдавался в откуп за 7210 руб. сер. (1829 г.—4000 руб. сер.), а затем также перешел в казенное управление. В 1841 г. здесь было введено временное положение, устанавливающее плату солеломщикам по 2 коп. за пуд соли в камне, а за мелкую—1 коп. сер. Отказ от применения откупной системы на промыслах мотивировался стремлением получить больший доход, чем предлагали откупщики. Так, в 1842 г. только по ноябрь было продано кульпинской соли на 68 тыс., тогда как за 1841 и 1840 гг.—на 72 тыс., а в 1839 г.—на 54 тыс. руб. сер. [3].

В 1842 г. председатель Тифлисской казенной палаты, заведывающий соляными промыслами, Н. Безак представил рапорт министру финансов. Отмечалось, что запас соли в Нахичеванском промысле, оцениваемом до 3 млн. пудов, хватит «на грядущие века», а в Кульпинском «нехватает соображения» для его подсчета.

В начале сороковых годов самодержавие уделило значительное внимание торговле соли—был организован соляной комитет.

Поступления от Кульпинского, Нахичеванского и Илецкого горных промыслов стали предметом забот соляного комитета. Здесь было добыто с 1841 по 1846 гг. 1754000 пудов соли, причем пуд обходился казне в 3,4 копейки. Перед комитетом была поставлена задача пересмотреть систему «соляного дохода», и без того весьма выгодного государству, на основе проекта министра финансов царства Польского К. Ф. Друцкого-Любецкого, который в 1842 г. предложил ввести по всей стране казенную монополию на соль и одинаковую продажную цену—1 руб. сер. за пуд. Комитет, в ходе своей деятельности, высказался за постепенность в решении этого вопроса, имея целью увеличение казенного дохода.

В 1844 г. было принято «Положение об устройстве соляной части в Закавказском крае». Оно предусматривало устройство соляной части в регионе аналогично России, улучшение Кульпинского и Нахичеванского промыслов по лучшим «техническим и хозяйственным» правилам, запрещался ввоз заграничной соли, вводился российский вес. В том же году начались переговоры с главным инженером Величкинских соляных копий австрийским подданным Грдиной об улучшении разработок Кульпинского промысла, согласившегося приехать в Армению на три года с артелью, хотя его условия, несмотря на согласие наместника Кавказа М. С. Воронцова, были признаны чрезмерными [5].

В течение сороковых годов, за время нахождения соляных промыслов в казенном управлении, они давали стабильный доход (см. табл. 1). Основным источником дохода от соли являлся Кульпинский промысел, обеспечивающий 76,1% всех поступлений. В целом же доходы возросли по сравнению с тридцатыми годами: за 1841—1845 гг. и 1846—1850 гг. казна получила соответственно 50034 руб. и 42373 руб. сер. Причина спада доходов во второй половине сороковых годов связана с перепроизводством необходимой для рынка соли и накоплением ее запасов. Так, в 1850 г. на Кульпинском и Нахичеванском промыслах было добыто соответственно 285807 и 142989 пудов, но непроданной соли к январю этого же года накопилось в первом 327154 пудов, то есть более чем годовая добыча, а во втором—24408 пудов [7].

Наместником Кавказа в сложившихся условиях было предложено «в видах возможного сокращения расходов казны и верного достижения средств к увеличению ее доходов» [8] вернуться к откупной системе.

Состояние доходов от соляных промыслов за 1841—1850 гг. [6].

| Годы  | Кульпинский | 100% | Нахичеванский | 100% | Всего<br>(руб. сер.) |
|-------|-------------|------|---------------|------|----------------------|
| 1841  | 34664       | 75,1 | 11487         | 24,9 | 46151                |
| 1842  | 69995       | 86,1 | 11332         | 13,9 | 81327                |
| 1843  | 31519       | 75,2 | 10422         | 24,8 | 41941                |
| 1844  | 33546       | 74,8 | 11316         | 25,2 | 44862                |
| 1845  | 25335       | 70,6 | 10554         | 29,4 | 35889                |
| 1846  | 54460       | 83,5 | 10735         | 16,5 | 65195                |
| 1847  | 27345       | 71,2 | 11037         | 28,8 | 38382                |
| 1848  | 20796       | 67,1 | 10183         | 32,9 | 30979                |
| 1849  | 18810       | 64,6 | 10318         | 35,4 | 29128                |
| 1850  | 31629       | 71,9 | 13552         | 28,1 | 48181                |
| Итого | 351096      | 76,1 | 110036        | 23,9 | 471135               |

С марта 1850 г. оба промысла были отданы на откуп: Кульпинский за 84120 руб. в год, Нахичеванский—15000 руб. сер. Условия откупа, первоначально заключенного на четыре года, были признаны выгодными для государства, но и откупщики не оставались в накладе. Ими было обращено внимание на прекращение расхищения кульпинской соли жителями деревни Чичават, отчисленных от промысла в начале сороковых годов, а также на его функционирование в годы Крымской войны [9].

Таким образом, разработка и добыча соли в промыслах Восточной Армении после присоединения Восточной Армении к России в 1928 г. была значительно расширена. Управление осуществлялось в двух формах—откупной и казенной.

Ереванский политехнический институт

Поступила 23.IX.1983.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Северная почта. 1811, 16 августа; Акты, собранные Кавказской археографической комиссией. Тифлис, 1878, т. 7, № 95, с. 94—96; № 432, с. 480, 481; Центральный государственный исторический архив Арм. ССР (ЦГИАА), ф. 90, оп. 1, д. 10, л. 165—166 об; ф. 137, оп. 1, д. 1, л. 50—51 об; Горный журнал. 1828, № 12, с. 3—13.
- Центральный государственный исторический архив СССР (ЦГИА СССР), ф. 1268, оп. 1, д. 897, л. 1—2; оп. 2, д. 890, л. 1, 2 об; ЦГИАА, ф. 272, оп. 1, д. 1, л. 1—2 об.
- ЦГИА СССР, ф. 37, оп. 25, д. 1156, л. 1—25 об, 75 об—77; ф. 561, оп. 1, д. 120, л. 19; ф. 1268, оп. 2, д. 890, л. 7 об; Услар П. К. Военно-статистическое обозрение Российской империи. Эриванская губерния. Спб., 1853, т. 16, ч. 6, с. 236.
- ЦГИА СССР, ф. 1175, оп. 1, д. 1, л. 25, 25 об.
- Там же, л. 25; ф. 37, оп. 25, д. 1156, л. 84 об; д. 1200, л. 1, 3 об—35; ф. 1178, оп. 1, д. 1, л. 405; д. 2, л. 2—3 об, 84 об; ф. 1268, оп. 1, д. 366а, л. 53, 56, 56 об.
- Услар П. К. Указ. соч., с. 234, 236. Примечание. В использованном источнике доход от Кульпинского промысла с 1840 по 1850 гг. составляет 388740 руб., но по данным М. С. Воронцова—440234 руб., а чистая прибыль—288883 руб. сер. См: ЦГИА СССР, ф. 1268, оп. 4, д. 364, л. 1.
- ЦГИА СССР, ф. 1268, оп. 5, д. 119, л. 2 об, 4 об.
- Там же, оп. 4, д. 364, л. 1.
- Там же, л. 22 об; ЦГИАА, ф. 107, оп. 1, д. 36, л. 3, 4 об, 53, 53 об.

Известия АН Арм. ССР. Науки о Земле, XXXVIII, № 4, 69—72, 1985.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 550.3.312(479.25).

Ш. С. ОГАНИСЯН

#### О НЕКОТОРЫХ МЕТОДАХ ОЦЕНКИ ИЗОСТАТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ АРМЯНСКОЙ ССР

Выполненный ранее анализ изостатических аномалий территории Армении показал, что этот регион в целом далек от изостатического

Состояние доходов от соляных промыслов за 1841—1850 гг. [6].

| Годы  | Кульпинский | 100% | Нахичеванский | 100% | Всего<br>(руб. сер.) |
|-------|-------------|------|---------------|------|----------------------|
| 1841  | 34664       | 75,1 | 11487         | 24,9 | 46151                |
| 1842  | 69995       | 86,1 | 11332         | 13,9 | 81327                |
| 1843  | 31519       | 75,2 | 10422         | 24,8 | 41941                |
| 1844  | 33546       | 74,8 | 11316         | 25,2 | 44862                |
| 1845  | 25335       | 70,6 | 10554         | 29,4 | 35889                |
| 1846  | 54460       | 83,5 | 10735         | 16,5 | 65195                |
| 1847  | 27345       | 71,2 | 11037         | 28,8 | 38382                |
| 1848  | 20796       | 67,1 | 10183         | 32,9 | 30979                |
| 1849  | 18810       | 64,6 | 10318         | 35,4 | 29128                |
| 1850  | 31629       | 71,9 | 13552         | 28,1 | 48181                |
| Итого | 351096      | 76,1 | 110036        | 23,9 | 471135               |

С марта 1850 г. оба промысла были отданы на откуп: Кульпинский за 84120 руб. в год, Нахичеванский—15000 руб. сер. Условия откупа, первоначально заключенного на четыре года, были признаны выгодными для государства, но и откупщики не оставались в накладе. Ими было обращено внимание на прекращение расхищения кульпинской соли жителями деревни Чинчават, отчисленных от промысла в начале сороковых годов, а также на его функционирование в годы Крымской войны [9].

Таким образом, разработка и добыча соли в промыслах Восточной Армении после присоединения Восточной Армении к России в 1928 г. была значительно расширена. Управление осуществлялось в двух формах—откупной и казенной.

Ереванский политехнический институт

Поступила 23.IX.1983.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Северная почта. 1811, 16 августа; Акты, собранные Кавказской археографической комиссией. Тифлис, 1878, т. 7, № 95, с. 94—96; № 432, с. 480, 481; Центральный государственный исторический архив Арм. ССР (ЦГИАА), ф. 90, оп. 1, д. 10, л. 165—166 об; ф. 137, оп. 1, д. 1, л. 50—51 об; Горный журнал. 1828, № 12, с. 3—13.
2. Центральный государственный исторический архив СССР (ЦГИА СССР), ф. 1268, оп. 1, д. 897, л. 1—2; оп. 2, д. 890, л. 1, 2 об; ЦГИАА, ф. 272, оп. 1, д. 1, л. 1—2 об.
3. ЦГИА СССР, ф. 37, оп. 25, д. 1156, л. 1—25 об, 75 об—77; ф. 561, оп. 1, д. 120, л. 19; ф. 1268, оп. 2, д. 890, л. 7 об; Услар П. К. Военно-статистическое обозрение Российской империи. Эриванская губерния. Спб., 1853, т. 16, ч. 6, с. 236.
4. ЦГИА СССР, ф. 1175, оп. 1, д. 1, л. 25, 25 об.
5. Там же, л. 25; ф. 37, оп. 25, д. 1156, л. 84 об; д. 1200, л. 1, 3 об—35; ф. 1178, оп. 1, д. 1, л. 405; д. 2, л. 2—3 об, 84 об; ф. 1268, оп. 1, д. 366а, л. 53, 56, 56 об.
6. Услар П. К. Указ. соч., с. 234, 236. Примечание. В использованном источнике доход от Кульпинского промысла с 1840 по 1850 гг. составляет 388740 руб., но по данным М. С. Воронцова—440234 руб., а чистая прибыль—288883 руб. сер. См: ЦГИА СССР, ф. 1268, оп. 4, д. 364, л. 1.
7. ЦГИА СССР, ф. 1268, оп. 5, д. 119, л. 2 об, 4 об.
8. Там же, оп. 4, д. 364, л. 1.
9. Там же, л. 22 об; ЦГИАА, ф. 107, оп. 1, д. 36, л. 3, 4 об, 53, 53 об.

Известия АН Арм. ССР. Науки о Земле, XXXVIII, № 4, 69—72, 1985.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 550.3.312(479.25).

Ш. С. ОГАНИСЯН

#### О НЕКОТОРЫХ МЕТОДАХ ОЦЕНКИ ИЗОСТАТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ АРМЯНСКОЙ ССР

Выполненный ранее анализ изостатических аномалий территории Армении показал, что этот регион в целом далек от изостатического



пографические) массы. В редукции Буге влияние топографических (внешних) масс с определенной средней плотностью уменьшается, поэтому в ней проявляется влияние глубинных (компенсационных) масс. Дополнительную информацию об изостатическом состоянии земной коры можно получить при рассмотрении аномалии Фая [1, 6] или Грааф-Хантера [3, 4, 5], принимая, что средние значения этих аномалий близки к изостатическим и приближенно характеризуют уравновешенность топографических масс [10].

Гравитационное поле на всей территории Армении, представленное редукцией Фая, характеризуется положительными значениями аномалий силы тяжести (рис. 1). Наиболее интенсивными положительными аномалиями отличаются центральные районы исследуемой территории. На вершинах изолированных гор (Арагац, Спитакасар, Капутджух и др.) аномалия Фая имеет большие положительные значения. К северо-востоку и юго-западу от зоны интенсивных положительных аномалий прослеживаются полосы слабо-положительных, местами отрицательных аномалий, совпадающие пространственно с Араратской котловиной и зоной моноклиналиного поднятия северо-восточного склона Антикавказа. Средние значения аномалии Фая этих областей близки к изостатическим аномалиям. Поэтому в первом приближении аномалии Фая для таких областей могут рассматриваться как эквивалент изостатических. Исключение составляют почти все главные хребты и возвышенности Армянского нагорья, средние значе-



Рис. 2. Схематическая карта аномалии силы тяжести Армянской ССР и Нахичеванской АССР (сост. Ш. С. Оганесян). Редукция Грааф-Хантера.

ния аномалий Фая которых в несколько раз больше, чем средние значения изостатических аномалий.

Аналогичная картина наблюдается при рассмотрении карты аномалии Грааф-Хантера, составленной для всей территории Армении с радиусом осреднения 200 км (рис. 2). Средние значения этих аномалий для Араратской котловины (ровного рельефа) и зоны моноклинального поднятия северо-восточного склона Антикавказа (предгорного района) близки к изостатическим, а для центральных районов Армянского нагорья (неовулканической зоны Антикавказа) полученные аномалии Грааф-Хантера значительно отличаются от изостатических.

Таким образом, для плоского рельефа аномалии в свободном воздухе (Фая) и Грааф-Хантера близки к изостатическим, а в районах с достаточно выраженным рельефом они значительно отличаются от изостатических.

Следующий метод выявления нарушений изостатического равновесия заключается в вычислении оптимального коэффициента «С» из самих наблюдений силы тяжести, величина которого дает некоторое указание на изостатическое состояние данного региона [7].

Для территории Армении, по данным 156 пунктов, для такого оптимального коэффициента получается величина  $0.261 \pm 0,019$ , а для плотности— $1,14 \text{ г/см}^3$ . Последняя почти в два с половиной раза меньше действительной плотности земной коры и показывает, что незначительная часть внешних (топографических) масс компенсирована.

Однако, следует отметить, что эти методы дают предварительные указания на изостатическое состояние территории республики и не могут заменить результатов, полученных при изостатических редукциях.

Институт геофизики и  
инженерной сейсмологии  
АН Арм. ССР

Поступила 24.III.1983.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев Б. А., Клушин И. Г. Геологическое истолкование гравитационных аномалий. Л.: Недра, 1965, 495 с.
2. Артемьев М. Е. Изостазия территории СССР. М.: Наука, 1975, 216 с.
3. Зорин Ю. А. Методика вычислений аномалий Грааф-Хантера и изостазия в Прибайкалье. Геол. и геофиз., 1968, № 1, с. 140—143.
4. Ладынин А. В. Гравитационные аномалии в редукции Грааф-Хантера и изостатическое состояние земной коры в Забайкалье. Геол. и геофиз., 1966, с. 113—120.
5. Ладынин А. В. О статье Ю. А. Зорина «Методика вычислений аномалий Грааф-Хантера и изостазия в Прибайкалье. Геол. и геофиз., 1968, № 2, с. 138—140.
6. Люстих Е. Н. Изостазия и изостатические гипотезы. Тр. Геофизического института, № 38 (165). М.: 1957, 90 с.
7. Михайлов А. А. Курс гравиметрии и теории фигуры Земли. М., 1939, 432 с.
8. Оганисян Ш. С. Изостатические аномалии силы тяжести и новейшие движения земной коры на территории Армянской ССР». Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, 1972, т. XXV, № 4, с. 51—55.
9. Оганисян Ш. С. Строение земной коры территории Армении. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1977, т. XXX, № 4—5, с. 142—156.
10. Павлов Ю. А., Семакин В. П. Изостазия и сейсмичность Восточно-Азиатской переходной зоны. В кн.: «Изостазия». Наука, М., 1973, с. 105—121.

С. В. ВАРДЗЕЛЯН

## ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ НЕВЯЗОК Р-ВОЛНЫ ПЕРЕД ЗАНГЕЗУРСКИМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕМ 1968 ГОДА

Изменение отношений скоростей сейсмических волн перед землетрясением, впервые опубликованных в работах [3, 6], дает новые возможности сейсмологии в изучении процессов, предваряющих землетрясения.

В работе [11] по телесеismicким невязкам вариации вступлений Р-волн выявлено уменьшение  $V_p$  под сейсмическими станциями перед землетрясением с кумулятивной магнитудой 6,3. На примере землетрясений 1971 года в Сан-Фернандо показано, что изменения  $V_p/V_s$  перед землетрясением главным образом обусловлены уменьшением  $V_p$  [10].

Аналогичные результаты для изменений скоростей Р-волны перед землетрясением были получены в работе [9] для Сарыкамышского ( $M=6,8$ ) и Дагестанского ( $M=6,6$ ) землетрясений, в [1, 5.] — для сильнейших землетрясений мира и в ряде других. В работе [1] моменты времени сильнейших землетрясений мира (с  $M \geq 7,5$ ) сопоставляются с вариациями невязок времен вступления волн Р на сейсмических станциях близ эпицентров. Сформулирован алгоритм прогноза времени землетрясений.

Невязку Р-волны вычисляют относительно времен пробега для стандартной модели Земли. Или можно написать

$$R(t) = t - t_0 - g(\Delta, h), \quad (1)$$

где  $t$  — наблюдаемое время вступления волны Р на станцию;  $t_0$  — момент землетрясения;  $\Delta$  — эпицентральное расстояние;  $h$  — глубина очага;  $t_0$ ,  $\Delta$ ,  $h$  определяются с помощью годографа  $g(\Delta, h)$ .

Невязка на единичной станции от единичного источника может быть представлена как

$$R(t) = L(t) + D + E,$$

где при любом времени  $t$  невязка  $R(t)$  зависит от особенностей строения под станцией ( $L$ ), эпицентрального расстояния ( $D$ ) и от ошибок измерений регистрирующей аппаратуры ( $E$ );  $D$  и  $E$  — некоррелируемые переменные, и допускается, что они приближаются к нормальному распределению.

Если мы осредняем  $R(t)$  по  $N$  землетрясениям, то получаем среднюю невязку  $\overline{R}(t)$ :

$$\overline{R}(t) = \overline{L}(t) \pm \sigma, \quad (2)$$

где  $\sigma$  — стандартное отклонение среднего:

$$\sigma = \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (\overline{R} - R_i)^2}{N(N-1)} \right]^{1/2}. \quad (3)$$

В настоящей работе анализированы временные изменения невязок Р-волны для сейсмической станции «Горис» за период 1964—1972 гг. Используются данные о землетрясениях Кавказского региона,

восточного и западного побережий Черного и Каспийского морей соответственно, а также сопредельных районов Ирана и Турции. Для расчета невязок по формуле (1) использован годограф А. Я. Левицкой и Т. М. Лебедевой [4].

Изменения невязок сопоставляются с Зангезурским землетрясением 9 июня 1968 года. Согласно данным сейсмических станций Кавказа координаты эпицентра этого землетрясения равны:  $\varphi = 39^{\circ},3$ ;  $\lambda = 46^{\circ},1E$ , глубина очага  $h = 10-15$  км,  $M = 5$  [2]. Землетрясение сопровождалось многочисленными повторными толчками (более 200), из которых наиболее сильные были 9 июня ( $M = 4,2$ ), 1 сентября ( $M = 4,9$ ), 16 октября ( $M = 4,2$ ) и 1 октября ( $M = 3,6$ ).

Рассматриваются станции, расположенные в 2-градусной окрестности эпицентра и имеющие непрерывные наблюдения в течение 3,5 года до землетрясения. При этом принималось, что на станции зарегистрировано не менее 80 вступлений за год. Такое пороговое значение количества невязок за год применяется и в работах [1, 10]. Сейсмостанцией, удовлетворяющей этим требованиям, для Зангезурского землетрясения явилась станция «Горис». Расстояние между эпицентром и станцией равно 28 км. Количественные данные о вступлениях Р-волны, невязки которых использованы для дальнейших вычислений, приведены в табл. 1. Использование большого количества землетрясений способствует уменьшению величины стандартного отклонения, а также повышению надежности полученных результатов.

Рассмотрены невязки за девятилетний временной период, начиная с 1964 года. Используются данные 1012 землетрясений вышеупомянутого региона.

Полученные невязки осреднены по полугодовым и месячным временным интервалам. Их значение с соответствующими временными интервалами также приведено в таблице. Большинство невязок сосредоточено в пределах  $\pm 3$  сек, а невязки, равные  $\pm 5$  сек и больше, не рассматриваются, т. к. они в основном представляют собой результат грубых ошибок в определении первых вступлений Р-волны. Среднеквадратичное отклонение невязок равно 1,5 сек.

Временные изменения полугодовых средних невязок представле-

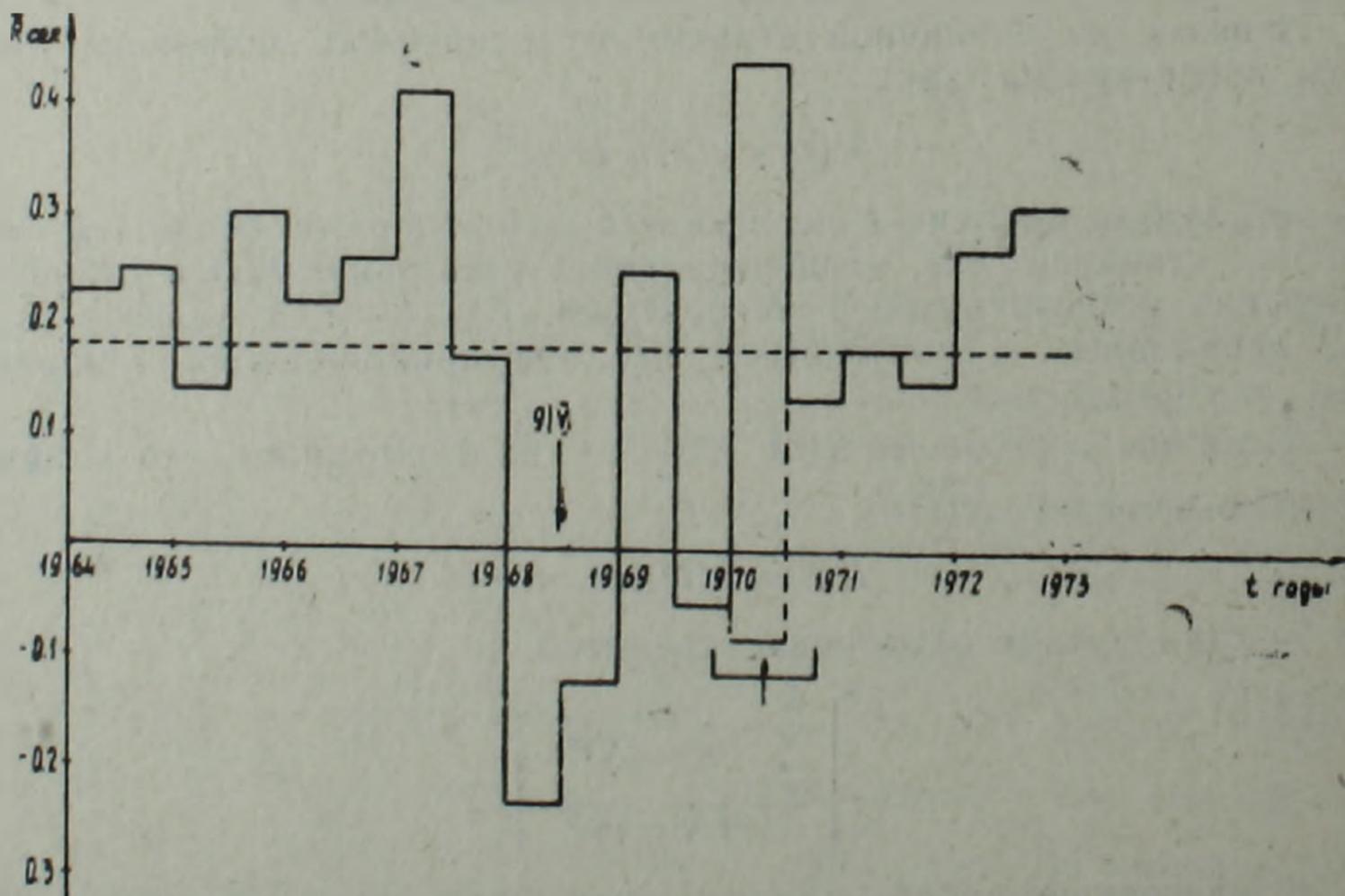


Рис. 1. Полугодовые средние невязки на станции «Горис». Стрелкой показано время землетрясения.

| №№<br>п/п | Период |      |   |         | Число<br>земле-<br>трясений |      |
|-----------|--------|------|---|---------|-----------------------------|------|
| 1         | январь | 1964 | — | июнь    | 1964                        | 31   |
| 2         | июль   | 1964 | — | декабрь | 1964                        | 32   |
| 3         | январь | 1965 | — | июнь    | 1965                        | 40   |
| 4         | июль   | 1965 | — | декабрь | 1965                        | 50   |
| 5         | январь | 1966 | — | июнь    | 1966                        | 76   |
| 6         | июль   | 1966 | — | декабрь | 1966                        | 60   |
| 7         | январь | 1967 | — | июнь    | 1967                        | 70   |
| 8         | июль   | 1967 | — | декабрь | 1967                        | 40   |
| 9         | январь | 1968 | — | июнь    | 1968                        | 96   |
| 10        | июль   | 1968 | — | декабрь | 1968                        | 62   |
| 11        | январь | 1969 | — | июнь    | 1969                        | 56   |
| 12        | июль   | 1969 | — | декабрь | 1969                        | 49   |
| 13        | январь | 1970 | — | июнь    | 1970                        | 114  |
| 14        | июль   | 1970 | — | декабрь | 1970                        | 77   |
| 15        | январь | 1971 | — | июнь    | 1971                        | 42   |
| 16        | июль   | 1971 | — | декабрь | 1971                        | 32   |
| 17        | январь | 1972 | — | июнь    | 1972                        | 44   |
| 18        | июль   | 1972 | — | декабрь | 1972                        | 41   |
|           |        |      |   |         | сумма                       | 1012 |

Таблица 1

Полуго-  
ловые  
средние  
невязки

Месячные средние невязки

|       |       |        |        |        |       |       |
|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 0,23  | 0,35  | 0,62   | -0,68  | 0,70   | 0,47  | 0,24  |
| 0,25  | 0,475 | -0,70  | 0,27   | 0,44   | -0,25 | 0,76  |
| 0,14  | -0,21 | -0,01  | 0,64   | 0,05   | 0,30  | 0,16  |
| 0,30  | 0,375 | 0,60   | 0,53   | 0,26   | -0,24 | 0,11  |
| 0,22  | 0,28  | 0,31   | 0,30   | 0,07   | -0,43 | 0,24  |
| 0,26  | 0,30  | 0,50   | 0,58   | 0,15   | 0,43  | -0,72 |
| 0,41  | 0,31  | 0,38   | 0,37   | 0,30   | 0,38  | 0,63  |
| 0,17  | 0,40  | 0,60   | -0,30  | 0,13   | 0,19  | -0,20 |
| -0,23 | 0,92  | -0,68  | 0,02   | -0,225 | -0,34 | -0,35 |
| -0,12 | -0,12 | -0,12  | 0,43   | -0,63  | -0,07 | -0,10 |
| 0,25  | 0,22  | -0,34  | -0,06  | -0,35  | 0,43  | 1,025 |
| -0,05 | -0,67 | -0,09  | -0,14  | -0,01  | 0,0   | 0,92  |
| 0,44  | 0,62  | 0,8    | -0,86  | -0,05  | 0,70  | 0,28  |
| 0,135 | -0,29 | 0,41   | -0,625 | 0,275  | -0,08 | 0,8   |
| 0,18  | -0,12 | 0,54   | -2,45  | 0,3    | 0,93  | 0,03  |
| 0,15  | 1,4   | -0,08  | 0,0    | -0,25  | 0,87  | -0,13 |
| 0,27  | 0,64  | 1,05   | -0,36  | 0,65   | -0,65 | 1,25  |
| 0,31  | 1,225 | -0,275 | 0,15   | 1,47   | 0,53  | -0,70 |

ны на рис. 1. Полугодовые осредненные невязки за весь период наблюдений также положительны и равны 0,18 сек. На чертеже они представлены пунктирной линией. За полтора года до землетрясения выделяется скачок, равный 0,15 сек, а потом наблюдается резкое уменьшение значений невязок до—0,23 сек. Полная амплитуда скачка равна 0,6 сек.

Таким образом, получаем характерный вид изменения невязок: землетрясению предшествует возрастание, а затем спад невязок. Характерному временному ходу соответствует последовательное убывание и возрастание скоростей Р-волны под наблюдаемой станцией в окрестностях очага.

Следующий скачок наблюдается в первом полугодии 1969 года. Это можно объяснить локальным уменьшением скоростей Р-волны в результате перераспределения напряжений после землетрясения. Третий скачок проявляется в первом полугодии 1970 года, который обусловлен многократными вступлениями Р-волны, полученной от многочисленных толчков Дагестанского землетрясения в мае 1970 года. На рис. 1 в выделенной части показана средняя невязка без учета вступлений Р-волны от Дагестанского землетрясения.

Такого рода изменения невязок перед землетрясением получены для событий с магнитудой пять и меньше [7, 8].

Устойчивые изменения средних полугодовых невязок во временах и их аномальное поведение перед землетрясениями можно использовать как предвестник времени и даже магнитуды землетрясения.

В дальнейшем предполагается рассмотрение других землетрясений Кавказа с целью исследования изменения невязок для группы станций, зависимости невязок от эпицентрального расстояния и азимута между станцией и источником.

Автор выражает глубокую благодарность проф. В. И. Кейлис-Бороку и А. Г. Прозорову за постановку задачи и постоянное внимание к ней.

Институт геофизики инженерной сейсмологии  
АН Армянской ССР

Поступила 5.XII. 1983.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Арнольд Э. П., Прозоров А. Г. О возможности использования невязок вступления волн Р для прогноза землетрясений. Докл. АН СССР, 1975, 224, № 6. с. 1308—1311.
2. Землетрясения в СССР в 1968 году. М.: Наука, 1972.
3. Кондратенко А. М., Нерсесов И. Л. Некоторые результаты изучения изменений скоростей продольных волн и отношения скоростей продольных и поперечных волн в зоне очага. Тр. ИФЗ АН СССР, 1962, 25 с.
4. Левицкая А. Я., Лебедева Т. М. Годограф сейсмических волн Кавказа. Кварт. сейсм. бюлл. 21. № 1—4, Тбилиси, 1953.
5. Прозоров А. Г. Статистический анализ невязок вступлений волн Р и прогноз времени сильных землетрясений (Вычисл. сейсмол., вып. 11). М.: Наука, 1978, с. 14—34.
6. Семенов А. Н. Изменения отношения времен пробега поперечных и продольных волн перед сильными землетрясениями. Изв. АН СССР, Физика Земли, № 4, 1969.
7. Aggarwal I. P., Sykes L. R., Ambruster I., Sbar M. L. Premonitory changes in seismic velocity and earthquake prediction. Nature, 1973, 241, № 5385, p. 101—104.
8. Gupta H. K., Singh V. P. Teleseismic P-wave residual investigations at Shillong, India. „Tectonophysics“ 1980, 66, № 4, p. 19—27.
9. Prozorov A. A. Dependence of seismic mean residuals on distance, azimuth and time.—Nature, 1974, 252, p. 558—560.
10. Whitcomb G. H., Garmany G. D., Anderson D. L. Earthquake prediction: variation of seismic velocities before the San-Fernando earthquake.—1973, 180, № 4086, p. 632—635.
11. Wyss M., Holcomb D. G. Earthquake prediction based on station residuals. Nature, 1973, 245, № 5421, p. 139—140.

Т. Н. КЮРЕГЯН

## ОПТИМИЗАЦИЯ ЛИТОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРИМЕРЕ АРМАНИССКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

Известно, что литолого-геохимическая характеристика влияет на формирование гипергенного чехла, макро-и микросоставов вод, т. е. играет роль в создании того геохимического фона, при котором происходит формирование вторичных ореолов рудной минерализации.

В пределах Арманисского рудного района определено несколько типов рудной минерализации. Довольно хорошо обособленные рудные зоны и ветви образуют полиметаллические и медные типы минерализации. Для изученного рудного поля характерным является то, что в рудах и в ореолах (первичных, вторичных) присутствует один и тот же комплекс элементов, среди которых выделяются, в первую очередь, медь, свинец, цинк, реже серебро, золото, барий, а также молибден, галлий, стронций, мышьяк, кадмий, висмут.

В целях научного и практического обоснования геохимических методов поисков по вторичным ореолам, были проведены методические и экспериментальные исследования, позволившие повысить контрастность ореола и прогнозировать слепые рудные тела в пространстве.

На Арманисском рудном поле и его флангах выборочно были исследованы структура, морфология, вещественный состав (макрокомпоненты) трансделювиальных образований, охватывая горизонты «А», «В» и «С» до глубины 2—4 м.

Для извлечения элементов-индикаторов из рыхлых отложений различных горизонтов, с целью определения наиболее эффективного вида вытяжки, а соответственно наиболее информативного горизонта, были применены три растворителя: соляно—(2%), уксусно—(5%) и серно-кислая вытяжки (анализы проведены в гидрохимической лаборатории ИГН АН Арм. ССР).

Исходя из поставленной задачи, был применен метод планирования эксперимента, с использованием обобщенной функции Харрингтона по формуле:

$$D = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i},$$

где  $d_i$  —шкалярное значение частных функций.

Исследованиями найдено, что наиболее информативным горизонтом оказался горизонт «В», а наилучший результат получается при использовании солянокислой вытяжки с  $X_{рн}=1,2$ , где эффективность выхода по функции зависимости доходит до 70%.

В ходе апробации горизонта «В» попрофильно (25×100 м) выявленные аномальные участки явились гипергенными аналогами первичных ореолов рудного поля.

При интерпретации обнаруженных аномальных участков, в качестве сравнительного критерия были взяты результаты исследований по эндогенным ореолам на Арманисском рудном поле. Концентрационные параметры первичных ореолов отличаются от таковых по вторичным ореолам (табл. 1), но наблюдается тесная пространственная связь: графические максимумы концентраций элементов-индикаторов в обоих типах ореолов практически совпадают, что говорит о малой смещенности их.

Таблица 1

Фоновые и аномальные содержания ( $\text{мг л}^{-1}$ ) элементов-индикаторов в первичных (I) и вторичных (II) ореолах (гор. «В»)

| Элементы-индикаторы | I       |                   | II      |                   |
|---------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|
|                     | Фоновые | Нижние аномальные | Фоновые | Нижние аномальные |
| Медь                | 20      | 50                | 320     | 480               |
| Цинк                | 30      | 80                | 20      | 30                |
| Свинец              | 1,5     | 5                 | 6       | 13                |
| Серебро             | 0,1     | 0,2               | 1,9     | 4                 |
| Мышьяк              | —       | 50                | 10      | 17                |
| Молибден            | 1       | 3                 | 4,4     | 7                 |
| Висмут              | —       | 1                 | 1,6     | 2,4               |

Аномальные содержания по меди, свинцу, серебру, молибдену, бериллию, висмуту по отношению к первичным больше в несколько раз, что может быть использовано при поисках и обнаружении скрытых оруденений.

Для характеристики величин прямых поисковых индикаторов в эндогенных и вторичных ореолах используется почвенно-аккумулятивный коэффициент:

$$K_{\text{ак}} = C_{\text{р.о.}} / C_{\text{м}},$$

где  $C_{\text{р.о.}}$  и  $C_{\text{м}}$  — содержание элементов-индикаторов соответственно в рыхлых отложениях и первичных ореолах.

Расчеты показали, что по меди  $K_{\text{ак}}$  больше единицы. Это характерно для процесса накопления в почвенном горизонте «В» меди. По коэффициенту аккумуляции в горизонтах «А» и «С» меди меньше единицы, т. е. происходит интенсивный вынос ее из этих горизонтов. Эта особенность характерна и для молибдена по всем трем горизонтам. Процесс накопления по цинку, свинцу и серебру также говорит о большой информативности и контрастности горизонта «В» (табл. 2.) и поэтому последний рекомендуется для дальнейшего опробования.

Таблица 2

Почвенно-аккумулятивные коэффициенты по горизонтам горно-степной почвы в пределах геохимических аномалий

| Элементы | «А» | «В» | «С» |
|----------|-----|-----|-----|
| Медь     | 0,1 | 2,8 | 0,1 |
| Цинк     | 1,8 | 2,5 | 2,0 |
| Свинец   | 1,3 | 2,3 | 3,4 |
| Молибден | 0,7 | 0,9 | 0,7 |
| Серебро  | 10  | 14  | 11  |

Для оценки уровня эрозионного среза по вторичным ореолам были взяты парные ( $\text{Ag/Cu} \cdot \text{Pb/Cu} \cdot \text{Zn/Cu}$ ) или групповые соотношения ( $\text{Pb} \cdot \text{Ba/Cu} \cdot \text{Zn}$ ) элементов-индикаторов. Выбранные соотношения отражают универсальную шкалу зональности первичных ореолов [1], близких по своим миграционным характеристикам и занимающих соседние места в ряду подвижности во вторичных ореолах: серебро > медь > цинк > свинец > барий > молибден.

Использование подобных соотношений, с учетом закономерностей поведения элементов-индикаторов, показывает эффективность и на-

дежность проведенных экспериментальных исследований и адекватность вторичных ореолов с первичными аналогами. Так, например, если проанализировать положение выбранного мультипликативного соотношения в пространстве от центра рудного тела («Центральная часть») к флангам, то геохимический показатель зональности более четко проявлен на уровне 0,14 (рис. 1), что говорит об образовании вторичных ореолов за счет верхних горизонтов оруденения. Аналогичный вывод получен по данным разведочного бурения и структурным особенностям на этом участке Арманисского месторождения [2]. Более того, величина показателя зональности и ее убывание к северу и югу показывает эродированность этих флангов.

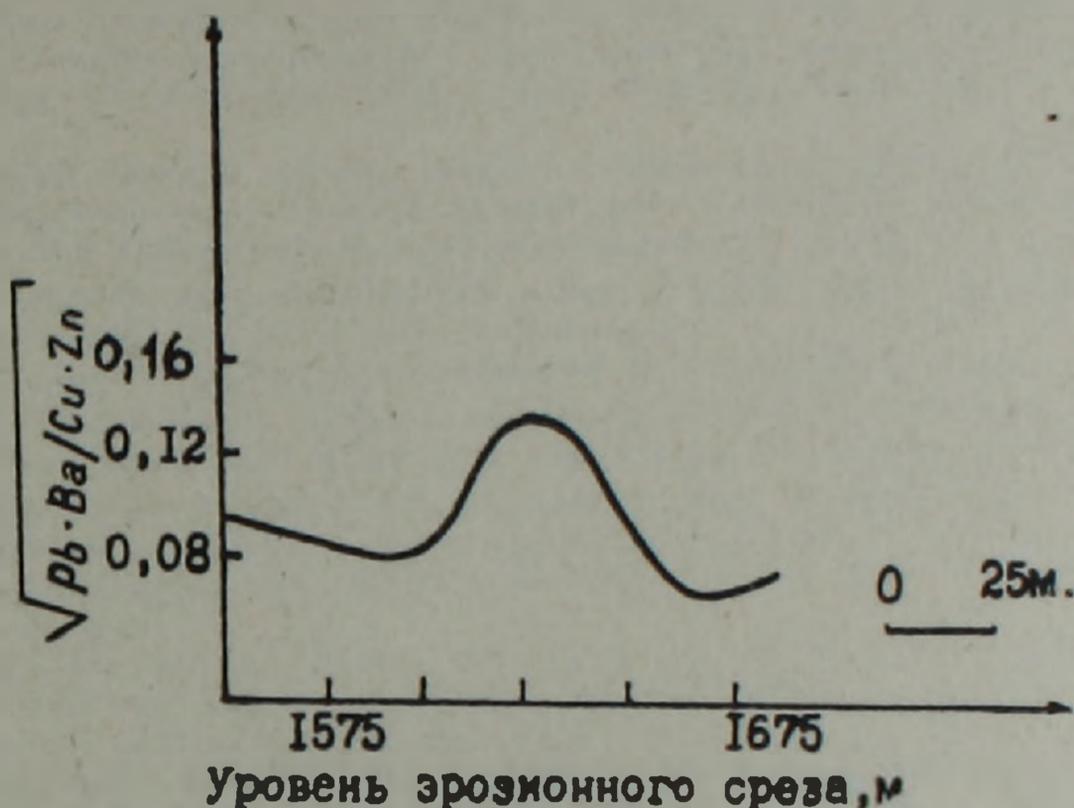


Рис. 1. Численные значения мультипликативного соотношения для разных эрозионных уровней Арманисского месторождения.

Регрессионный анализ подтверждает нелинейность зависимости мультипликативного показателя и эрозионного уровня полиметаллического оруденения в пространстве.

Полученные результаты позволили прийти к выводу, что проведение литохимических поисков при любом масштабе надо начинать со следующего методического подхода:

—с помощью функции Харрингтона выявить и уточнить информативный горизонт в рыхлых образованиях;

—мультипликативными показателями, с учетом подвижности элементов-индикаторов, оценить эрозионный уровень, выявленных аномалий.

Институт геологических наук  
АН Армянской ССР

Поступила 5.XII. 1983.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Беус А. А., Григорян С. В. Геохимические методы поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых. М.: Недра, 1975. 280 с.
2. Мовсисян Р. С. Геологическое строение и особенности структуры Арманисского полиметаллического месторождения. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1980, т. XXXIII, № 1. с. 23—30.

