

ՀՄՍՀ ԳԱ Տեղեկագիր

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



### ԽՄԲԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈԼԵԳԻԱ

Ա. Հ. Գաբրիելյան (պատ. խմբագիր), Ա. Տ. Սսլանյան, Ս. Մ. Այվազյան, Ա. Բ. Բաղդասարյան, Ս. Ի. Բալասանյան, Ն. Ի. Գուլիսանովա, Ս. Ս. Սկրտչյան, Ա. Գ. Նազարով, Ն. Կ. Կարապետյան, Մ. Զ. Սիմոնով, Հ. Մ. Վանցյան, Գ. Ի. Տեր-Ստեփանյան, Ա. Ե. Քոչարյան (պատ. խմբագրի տեղակալ)։

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

А. А. Габриелян (ответ. редактор), А. Т. Асланян, С. М. Айбазян, А. Б. Багдасарян, С. И. Баласанян, Н. И. Долуханова, С. С. Мкртчян, А. Г. Назаров, Н. К. Карапетян, М. З. Симонов, Г. М. Ванцян, Г. И. Тер-Степанян, А. Е. Кочарян (зам. отв. редактора).

## ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

С. А. БУБИКЯН

## ОСТРАКОДЫ ИЗ ПЛИОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ АРМЕНИИ

(Сообщение второе)

Нижнеплиоценовые отложения района им. Камо (Арцвакар) представлены толщей (30–35 м) ракушняков, глинистых известняков серо-желтого цветов и пемзовых песков с обильным содержанием дрейссений и остракод\* *Limnocythere contracta* sp. n., *L. sevanica* sp. n., *L. sp.*, *L. aculeata* sp. n., *Leptocythere erevanensis* sp. n., *Candona neglecta* Sars, *C. kamoensis* sp. n., *C.?* *larvaeformis* Bronstein, *Caspiocypris noraduzensis* sp. n., *C. nuculacea* sp. n., *Candoniella platingena* Schneider, *Cycloocypris secunda* sp. n., *Eucypris baiazetica* sp. n., *Advenocypris subtriangularis* sp. n.

Эта толща подстилается известняками и глинами сарматского возраста и перекрывается толщей туфобрекчии мощностью в несколько сот метров. Над туфобрекчиями с размывом и угловым несогласием залегает свита озерных отложений, состоящая из песка, гравия, гальки, с прослоями пеплов, диатомитов, известняков, ракушняков.

В ракушняках и диатомитах обнаружены остракоды: *Ilyocypris bradyi* Sars, *Ilyocypris gibba* (Ramdohr), *Candona leninacanica* sp. n.

Выше, с размывом и угловым несогласием, залегают туфогенные песчаники, алевролиты, гравий, перекрываемые диатомитом и алевролитами, мощностью около 40 м.

Семейство *Cyprididae* W. Baird, 1845Род *Candona* Baird, 1850*Candona neglecta* Sars

Табл. 1, рис. 1а, б; 2а, б; 3а, б

1887. *Candona neglecta* Sars, Arch. Naturv. Kristian, т. 12, стр. 279, табл. 15, фиг. 5–7, 19.

1891. *Candona fabaeformis* (part.) Vavra, Arch. Landesdf. Böhmen, т. 8, № 3, стр. 45, фиг. 12.

\* Виды из родов *Limnocythere*, *Leptocythere* и *Ilyocypris* описаны в сообщении I.

1900. *Candona neglecta* Muller, Zool., тетр. 30, стр. 17, табл. 3, 4, 5, 6, 13—18.  
 1903. *Eucandona neglecta* Daday, Zool. Jahrb. Syst., т. 19, стр. 83.  
 1912. *Candona neglecta* Muller G., Tierreich königl. Preuss. Akad. Wiss., вып. 31, нов. стр. 126.  
 1928. *Candona neglecta* Sars, Bergens. Museum. т. IX, стр. 73, табл. 34, фиг. 1.  
 1947. *Candona neglecta* Бронштейн, фауна СССР, ракообразные. ЗИН АН СССР, нов. сер. 31, том II, вып. 1, стр. 235—237.  
 1956. *Candona neglecta* Сузин, остракоды третичных отложений Сев. Предкавказья Грозн. нефт. ин-т, стр. 29, табл. XIV, фиг. 16, 17.

**Оригинал** № 282 происходит из окрестностей с. Арцвакар, район им. Камо, нижний плиоцен.

**Материал.** В коллекции имеется большое количество отдельных створок этого вида хорошей сохранности.

**Диагноз.** Раковина самцов крупная, удлинненно-овальная, наибольшей высотой задней трети раковины.

Передний конец ниже заднего, дугообразно закруглен. Задний конец в нижнебрюшной части широко закруглен, несколько угловато свисает книзу.

Спинной край прямой. Брюшной край вогнутый. Створки гладкие. Раковина самок более низкая с полого закругленным наклоненным задним концом.

**Описание.** Раковина крупная, удлиненная, длина, более чем вдвое, превышает высоту. Наибольшая высота расположена на задней половине раковины.

Передний конец ниже заднего, равномерно закруглен, свисает к брюшному концу. Задний конец к спинному краю скошенный, к брюшному—широко закруглен и сильно свисает книзу.

Спинной край длинный, слегка вогнутый, постепенно переходит в передний конец и под тупым округленным углом в задний. Брюшной край сильно вогнут в передней трети, плавно переходит в передний и под тупым округленным углом в задний конец. Створка в заднебрюшной части сильно вздутая, к переднему концу выполаживается, довольно круто опускается к брюшному краю; замок выражен четко, внутренняя пластинка на переднем конце широкая, к заднему концу слегка суживается. Дорovo-канальная зона узкая, пронизана многочисленными тонкими каналами. Поверхность гладкая.

**Сравнительные заметки.** Раковина данного вида отличается от раковины вида *Candona stagnalis* Sars, описанный из континентальных водоемов Западной Европы, наличием угловато округленного и свисающего книзу заднего конца.

Отличается от *Candona neglecta* G. O. Sars, описанной А. В. Сузиным (1956) из акчагыльских отложений Грозненского района, широкой бесструктурной пластинкой, скошенной задними концами у спинного края и наличием тупого угла в заднеспинной части.

**Геологический возраст и распространение.** Нижний плиоцен, Армянская ССР, район им. Камо.

*Candana leninacanica* sp. n.

Табл. I, рис. 4

**Голотип** № 285 происходит из окрестностей с. Арцвакар, района им. Камо, нижний плиоцен.

**Материал.** В коллекции имеется большое количество закрытых раковин этого вида удовлетворительной сохранности и редко отдельных створок.

**Диагноз.** Раковина удлинённая, длина в два и более раза превышает высоту. Передний конец равномерно закруглен. Задний конец выше переднего и прямой. Спинной край дугообразный. Брюшной край вогнутый в передней трети.

**Описание.** Раковина крупная, слабо выпуклая, продолговатая, длина в два раза и более превышает высоту. Левая створка больше правой и охватывает последнюю. Передний конец ниже заднего, равномерно закруглен, сильно скошен книзу. Задний конец высокий, отвесно спускается к брюшному краю. Спинной край полого дугообразный, резко спускается к переднему концу и более полого, под тупым закругленным углом переходит к заднему концу.

Брюшной край к переднему концу сильно изогнут, по очертанию «S» образный. Замок узкий. Внутренняя бесструктурная пластинка выражена хорошо, особенно по концам раковины. На брюшном краю она также широкая и прилегает к стенке створки.

**Размеры раковины:** длина—1,27 мм, высота—0,67 мм.

**Общие замечания и изменчивость.** Индивидуальная изменчивость этого вида выражается в крутизне изгиба спинного края и величине раковины.

**Сравнительные заметки.** Раковина данного вида отличается от раковины вида *Candona caucasica* Bronst., описанной из данной фауны оз. Севан, широким, округленным спинным краем, полого спадающим к переднему концу и под тупым к заднему.

**Геологический возраст и географическое распространение.** Нижний плиоцен, Армянская ССР, район им. Камо.

*Candona kamoensis* sp. n.

Табл. II, рис. 1а, б

**Голотип** № 276 происходит из окрестностей с. Арцвакар, района им. Камо, нижний плиоцен.

**Материал.** В коллекции имеется большое количество правых и левых створок этого вида хорошей сохранности.

**Диагноз.** Раковина удлинённая, длина вдвое больше высоты. Передний и задний концы закруглены, спинной край прямой, брюшной край вогнутый. Створки гладкие, выпуклые.

**Описание.** Раковина почковидная, длина вдвое больше высоты. Передний конец равномерно закруглен, к спинному краю уступообразный.

Задний конец сильно скошенный, к брюшному краю равномерно закруглен, спинной край прямой, переходящий тупыми округленными углами в передний и задний концы. Брюшной край вогнутый. Внутренняя бесструктурная пластинка наибольшую ширину имеет на переднем и заднем концах. Створки гладкие, блестящие.

**Размеры раковины:** длина—0,93 мм, высота—0,49 мм.

**Сравнительные заметки.** Раковина описываемого вида отличается от раковины вида *Caspiocypris totema* Evlachova, описанной Мандельштамом М. И. из западной Туркмении, более полого закругленным передним концом створок.

**Геологический возраст и распространение.** Нижний плиоцен, Армянская ССР, район им. Камо.

*Candona? larvaeformis* Bronstein

Табл. III, рис. 5

**Оригинал** № 290 происходит из окрестностей с. Арцвакар, района им. Камо, нижний плиоцен.

**Материал.** В коллекции имеется большое количество закрытых раковин этого вида, удовлетворительной сохранности.

**Диагноз.** Раковина продолговатая, слабо выпуклая, высота ее меньше половины длины. Оба конца равномерно закруглены.

Спинной край дугообразно изогнут. Брюшной край вогнут. Створки гладкие.

**Описание.** Раковина удлиненная, слабо выпуклая, наибольшая высота лежит в средней или немного впереди середины раковины. Левая створка больше правой и охватывает ее почти по всей длине спинного края и со стороны брюшного края. Передний конец вытянутый, равномерно закругленный. Задний конец также вытянутый. В нижней части закругленный.

Спинной край дугообразно изогнут и плавно переходит в оба конца. Брюшной край широко вогнут в средней части раковины, постепенно переходит в передний и задний концы. Порово-канальная зона полого уплощающая. Поверхность гладкая.

**Размеры раковины:** длина 1,17 мм, высота—0,55 мм.

**Сравнительные заметки.** Раковина данного вида отличается от раковины вида *Candona larvaeformis* Bronst, описанной из современных отложений оз. Байкал, более заостренными концами створок.

**Геологический возраст и распространение.** Нижний плиоцен, Армянская ССР, район им. Камо.

Род *Caspiocypris* Mandelstam, 1956

*Caspiocypris noraduzensis* sp. n.

Табл. II, 2, 3а, б

**Голотип** № 277 происходит из окрестностей с. Арцвакар, района им. Камо, нижний плиоцен.

**Материал.** В коллекции имеется большое количество отдельных створок этого вида хорошей сохранности.

**Диагноз.** Раковина среднего размера, выпуклая, удлиненная. Длина превышает высоту в два раза.

Передний конец высокий, закругленный; задний—слабо скошенный. к брюшному краю закругленный. Спинной край длинный, брюшной—вогнутый в средней части. Створки гладкие.

**Описание.** Раковина выпуклая, трапецевидная, длина ее почти в два раза превышает высоту, наибольшая высота расположена в передней части раковины.

Передний конец высокий, полого закруглен в верхней части, задний конец в нижней части резко закруглен. Спинной край слабо выгнутый, сопрягается с округленными концами. Брюшной край вогнут в средней части и постепенно переходит к концам.

Внутренняя бесструктурная пластинка неширокая. Порово-канальная зона узкая, полого уплощенная. Створка гладкая.

**Размеры раковины:** длина—0,67 мм, высота 0,41—0,31 мм.

**Сравнительные заметки.** Раковина данного вида отличается от раковины вида *Caspiocypris filona* (Livantal), описанной Д. А. Агаларовой, З. К. Кадыровой и С. А. Кулиевой (1961) из отложений апшеронского яруса Азербайджана, более низким и высоко округленным задним концом, меньшими размерами.

**Геологический возраст и распространение.** Нижний плиоцен, Армянская ССР, район им. Камо.

*Caspiocypris piculacea* sp. n.

Табл. II, рис. 4а, б; 5а, б

**Голотип** № 279 происходит из окрестностей с. Арцвакар, района им. Камо, нижний плиоцен.

**Материал.** В коллекции имеется 15 отдельных створок этого вида хорошей сохранности.

**Диагноз.** Раковина удлиненная, передний конец выше заднего, равномерно закруглен. Задний конец скошенный. Спинной край прямой, брюшной—вогнутый. Створки выпуклые, гладкие.

**Описание.** Раковина удлиненная, по очертанию удлиненно-овальная. Передний конец выше заднего, равномерно закруглен. Задний конец к спинному краю скошенный, к брюшному—закругленный. Спинной край прямой или слабо выгнутый, наклонен к заднему концу. Брюшной край вогнутый, постепенно сопрягается с концами. Внутренняя бесструктурная пластинка к переднему концу широкая.

Порово-канальная зона постепенно уплощающаяся. Створки гладкие.

**Размеры раковины:** длина—0,65 мм, высота—0,33 мм.

**Сравнительные заметки.** Раковина описываемого вида отличается от раковины вида *Caspiocypris sinistrolirata* Livantal, описанной Д. А. Ага-

ларовой, З. К. Кадыровой, С. А. Кулиевой (1961) из отложений апшеронского яруса Азербайджана, более широко округленным задним концом.

**Геологический возраст и распространение.** Нижний плиоцен, Армянская ССР, район им. Камо.

Род *Candoniella* Schneider, 1956

*Candoniella platigena* Schneider

Табл. II, рис. 6а, б

1956. *Candoniella platigena* А. В. Сузин. Остракоды третичных отложений Северного Предкавказья, Гроз. НИ, стр. 37, табл. XIII, фиг. 16, 17.

**Оригинал** № 281 происходит из окрестностей часовни, района им. Камо, нижний плиоцен.

**Материал.** В коллекции имеется до 30 отдельных створок этого вида хорошей сохранности.

**Диагноз.** Раковина удлиненная, длина в два раза и более превышает высоту. Передний и задний концы закруглены. Брюшной край вогнутый. Створки выпуклые, гладкие.

**Описание.** Раковина удлиненная, слабо выпуклая, длина в два раза и более превышает высоту.

Передний конец высоко закруглен, слабо скошен к спинному краю, задний конец сильно скошенный, к брюшному краю закругленный. Спинной край слегка выгнутый. Брюшной край вогнутый, плавно переходит в передний и задний концы.

Внутренняя пластинка неширокая, к переднему концу незначительно расширяется.

Порово-канальная зона равномерно уплощенная. Створки гладкие.

**Размеры раковины:** длина—0,93 мм, высота—0,36 мм.

**Геологический возраст и распространение.** Нижний плиоцен, Армянская ССР, район им. Камо.

Род *Cyclocypris* Brady et Norman, 1889

*Cyclocypris secunda* sp. n.

Табл. III, рис. 4а, б

**Голотип** № 289 происходит из окрестностей с. Аривакар, района им. Камо, нижний плиоцен.

**Материал.** В коллекции имеется несколько створок этого вида хорошей сохранности.

**Диагноз.** Раковина небольшого размера, высокая. Передний и задний концы закруглены. Спинной край дугообразный. Брюшной край вогнутый. Створки гладкие.

**Описание.** Раковина по очертанию овальная, среднего размера, прозрачная, высокая, слабо выпуклая. Наибольшая высота расположена в средней части раковины или чуть впереди середины раковины. Передний конец выше заднего, оба конца равномерно закруглены к брюшному краю, спинной край дугообразный, под тупым округленным углом переходит в передний конец, и не образуя угла, плавно переходит в задний конец.

Брюшной край слабо вогнут в средней части. Внутренняя бесструктурная пластинка узкая. Поверхность гладкая.

**Размеры раковины:** длина—0,37 мм, высота—0,28 мм.

**Сравнительные заметки.** Раковина данного вида отличается от раковины *Cyclocypris regularis* Schneider, описанной из отложений плиоцена Илийской впадины, более ровным вогнутым спинным краем и более высоким передним концом створок.

**Геологический возраст и распространение.** Нижний плиоцен, Армянская ССР, район им. Камо.

#### Род *Eucypris* Varva, 1891

#### *Eucypris baiazetica* sp. n.

Табл. III, рис. 1а, б

**Голотип** № 286 происходит из окрестностей с. Арцвакар, район им. Камо, нижний плиоцен.

**Материал.** В коллекции имеются несколько створок этого вида хорошей сохранности.

**Диагноз.** Раковина крупная, неправильно треугольной формы, прозрачная. Передний конец значительно выше заднего, оба конца равномерно закруглены. Спинной край прямой, брюшной—вогнутый. Створки гладкие.

**Описание.** Раковина крупная, по очертанию неправильно треугольная. Длина в два раза и более превышает наибольшую высоту, которая находится в конце передней трети. Передний конец выше заднего, равномерно закруглен. Задний конец вытянутый, значительно ниже переднего, к спинному краю скошенный, к брюшному — равномерно закруглен.

Спинной край прямой, длинный, переходящий тупыми округленными углами в оба конца. Брюшной край выгнутый с внутренней стороны. Внутренняя бесструктурная пластинка узкая. Створки гладкие.

**Размеры раковины:** длина—0,93 мм, высота—0,52 мм.

**Сравнительные заметки.** Раковина описываемого вида отличается от раковины вида *Eucypris clavata* (Baird), описанной З. С. Бронштейном (1947) из современных отложений окрестностей Краснодара, более высокими округленными концами, узкой бесструктурной пластинкой.

**Геологический возраст и распространение.** Нижний плиоцен, Армянская ССР, район им. Камо.

Род *Advenocypris Schneider*, 1956*Advenocypris subtriangularis* sp. n.

Табл. III, рис. 2а, б; 3а, б

Голотип № 287 происходит из окрестностей с. Арцвакар, района им. Камо, нижний плиоцен.

Материал. В коллекции имеется несколько створок этого вида хорошей сохранности.

Диагноз. Раковина средней величины, тонкостенная, удлиненная, приближается к треугольному очертанию. Передний конец выше заднего. Оба конца в нижней части закруглены. Спинной край дугообразный. Брюшной край вогнутый. Створки гладкие.

Описание. Раковина треугольной формы, слабо выпуклая, тонкостенная, средней величины, наибольшей высоты в средней части раковины. Передний конец равномерно закруглен, слабо скошен от спинного края, задний конец вытянутый, также скошенный, к нижнебрюшной части равномерно закругленный. Спинной край аркавидно изогнут, постепенно спускается к обоим концам. Брюшной край вогнутый в средней части, плавно переходит в передний и задний концы.

Порово-канальная зона нечетко выражена. Внутренняя пластинка на обоих концах почти одинаковой ширины. Поверхность гладкая.

Размеры раковины: длина—0,95 мм, высота—0,46 мм.

Сравнительные заметки. Раковина данного вида отличается от раковины вида *Advenocypris kügovdagensis* Klein, описанной Д. А. Агаларовой, З. К. Кадыровой, С. А. Кулиевой (1961) из верхнего подъяруса апшерона Азербайджана, меньшей высотой раковины, выгнутым спинным краем и узким задним концом.

Геологический возраст и распространение. Нижний плиоцен, Армянская ССР, район им. Камо.

Институт геологических наук  
АН Армянской ССР

Поступила 23.X.1963.

Ս. Ա. ԲՈՒԲԻԿՅԱՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՊԼԻՍՏԵՆԻ ՆՍՏՎԱԾՔՆԵՐԻ ՕՍՏՐԱԿՈՂՆԵՐԸ

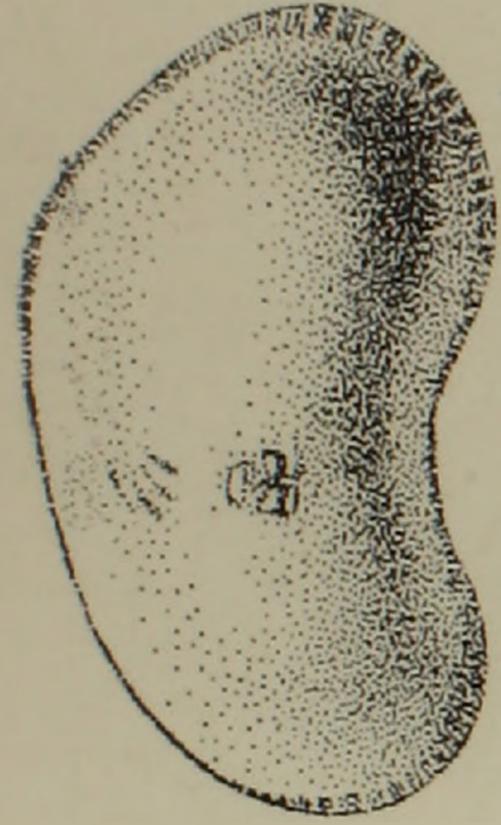
(Երկրորդ հաղորդում)

Ա մ փ ո փ ո լ մ

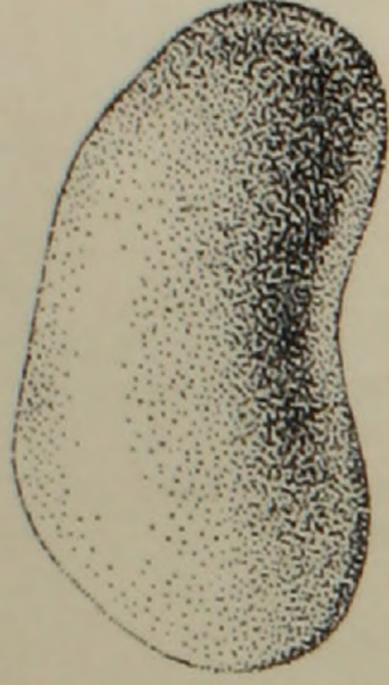
Կամոյի շրջանի (Արծվաքար) ստորին պլիոցենի հասակի շերտախումբը (30—35 մ), որը ներկայացված է խեցաքարերով և կավային կրաքարերով, պարունակում է մեծ քանակությամբ *Dreissensia*-ներ և փոքրիկ *Lim-*

\* *Limnocythere*, *Leptocythere*, *Ilyocypris* սեռերին պատկանող ձեռքը նկարագրված են առաջին հաղորդման մեջ:

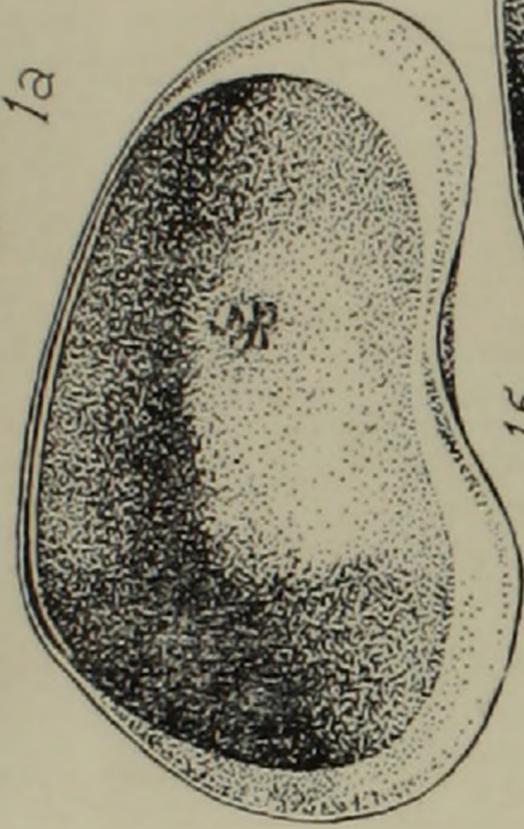
Таблица 1



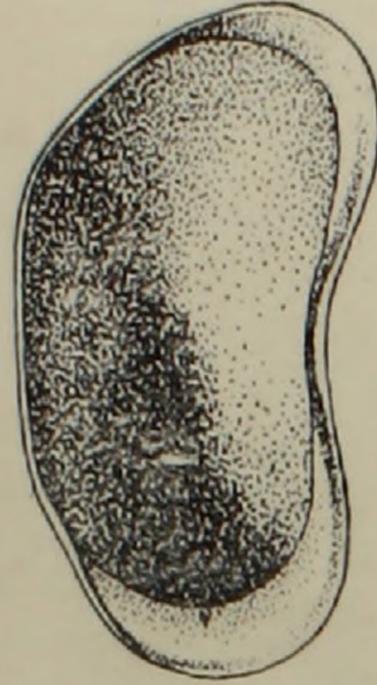
1a



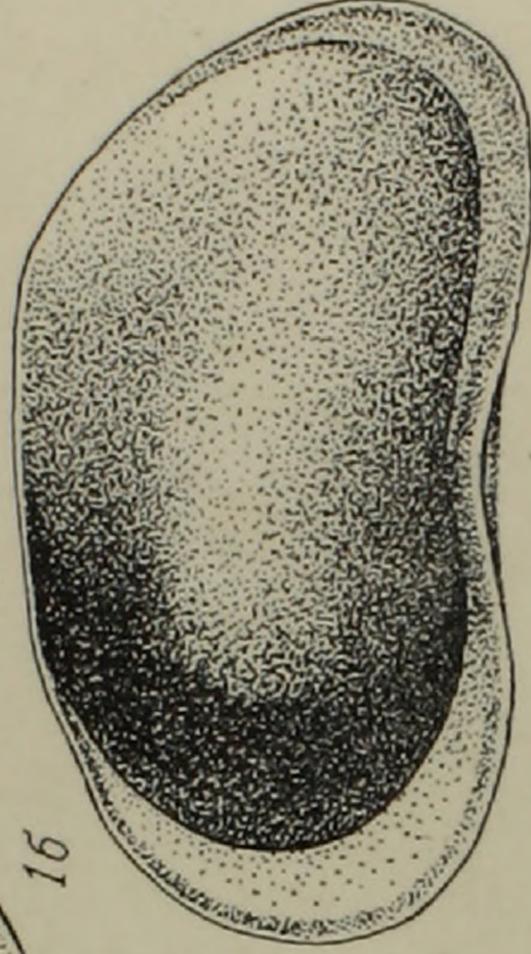
2a



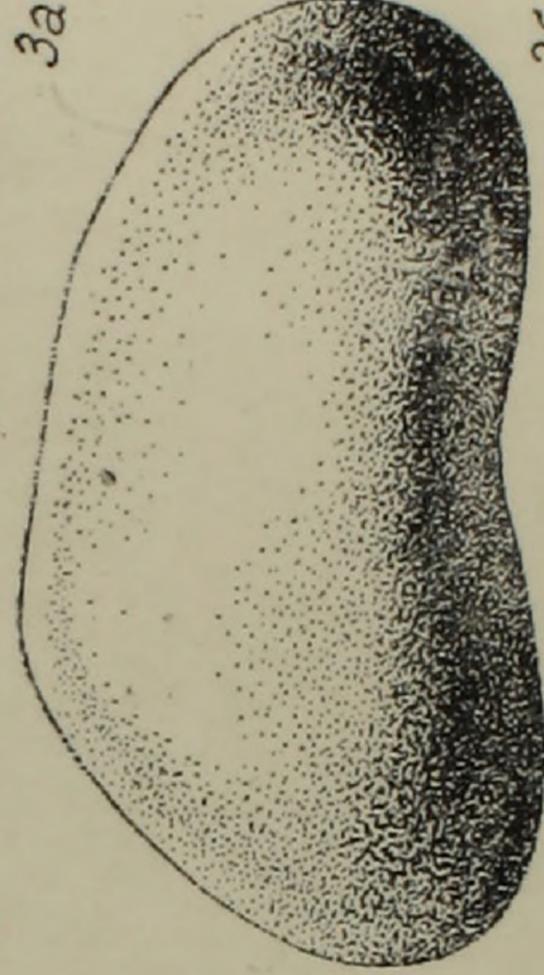
1b



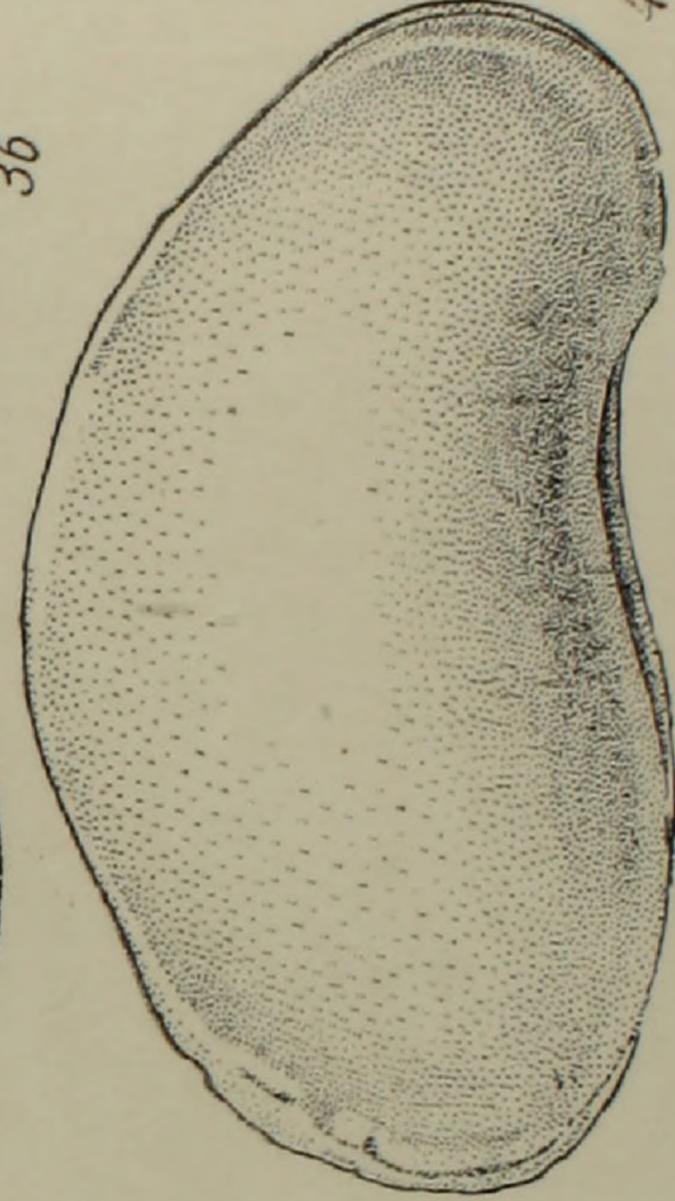
2b



3a



3b



4

Таблица 1

а, б. *Candona neglecta* Sars.

Оригинал № 282, район им. Камо, с. Арцвакар, обн. № 1, обр. № 215, нижний плиоцен (а — левая створка с внешней стороны, б — та же створка с внутренней стороны) × 46.

2а, б. *Candona neglecta* Sars.

Оригинал № 283, район им. Камо, с. Арцвакар, обн. № 1, обр. № 216, нижний плиоцен (а — правая створка неполовозрелой формы с внешней стороны, б — та же створка с внутренней стороны) × 46.

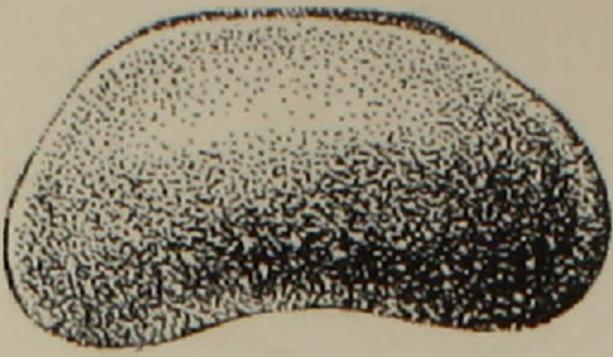
3а, б. *Candona neglecta* Sars.

Оригинал № 284, район им. Камо, „мыс с часовней“, кан. № 2, обр. 179, нижний плиоцен (а — правая створка с внутренней стороны, б — правая створка с внешней стороны) × 66.

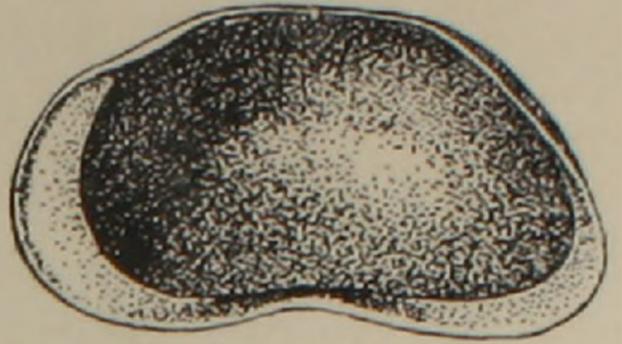
4. *Candona lepinasana* sp. n.

Голотип № 285, район им. Камо, с. Арцвакар, обр. № 186, нижний плиоцен (раковина с правой стороны) × 66.

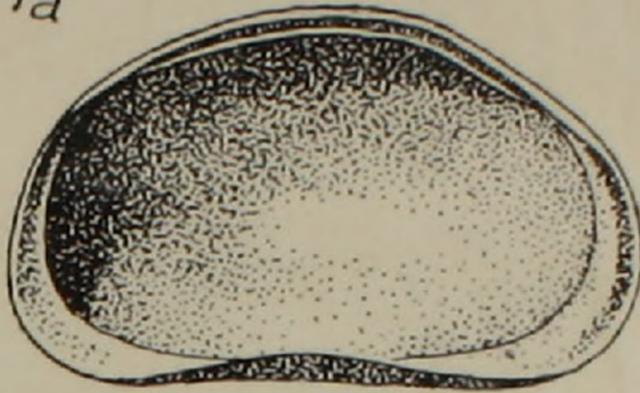
Таблица II



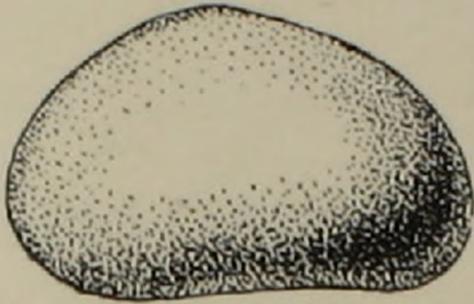
1a



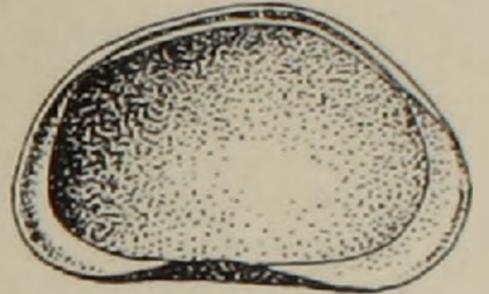
1b



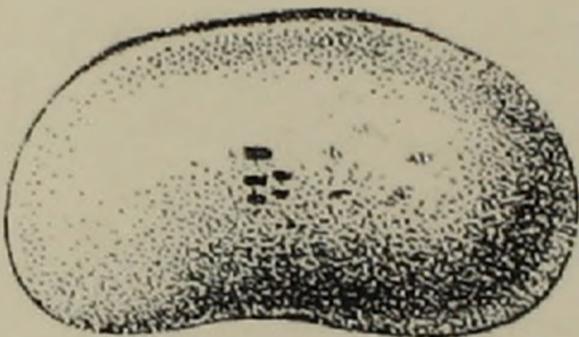
2



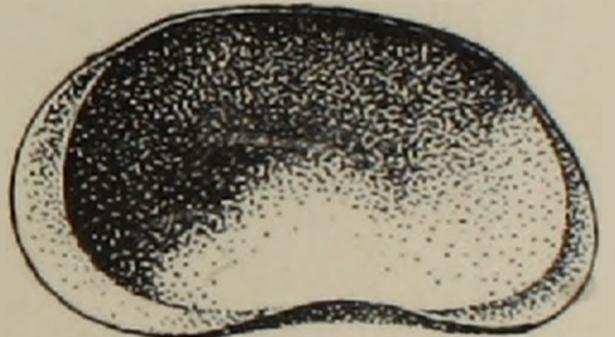
3a



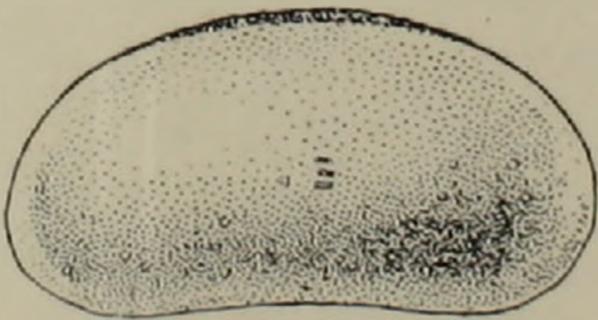
3b



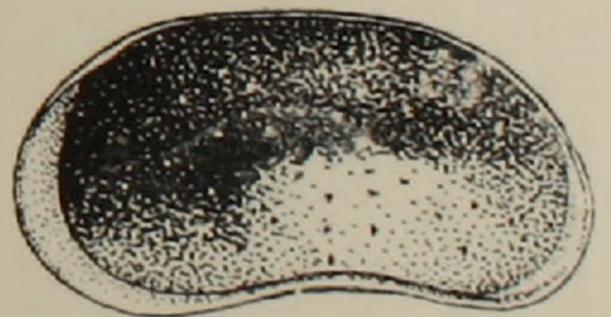
4a



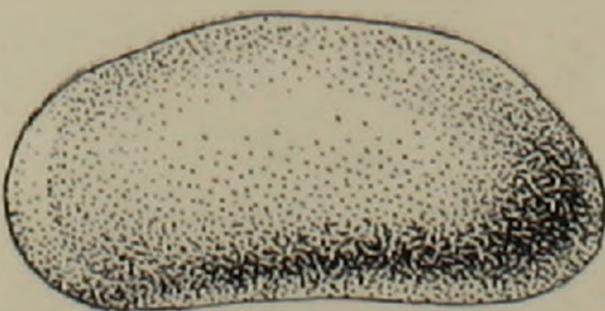
4b



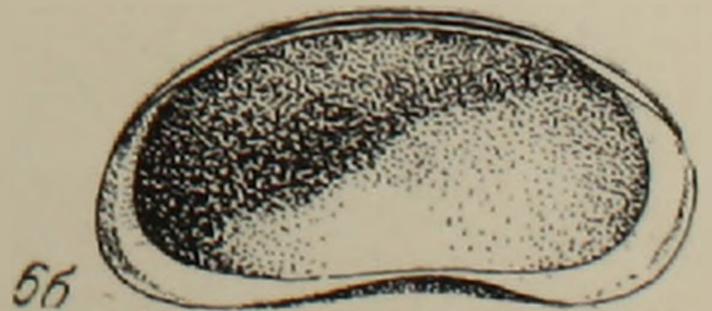
5a



5b



6a



6b

Таблица II

1а, б *Candona kamoensis* sp. n.

Голотип № 276, район им. Камо, с. Арцвакар, кан. № 1, обр. № 167, нижний плиоцен (а — правая створка с внешней стороны, б — та же створка с внутренней стороны) × 46.

2 *Caspiocypris noraduzensis* sp. n.

Голотип № 277, район им. Камо, с. Арцвакар, шурф № 3, обр. № 174, нижний плиоцен (левая створка с внутренней стороны) × 66.

3а, б *Caspiocypris noraduzensis* sp. n.

Голотип № 278, район им. Камо, с. Арцвакар, шурф № 3, обр. № 177, нижний плиоцен (а — левая створка с внешней стороны, б — та же створка с внутренней стороны) × 66.

4а, б *Caspiocypris puculacea* sp. n.

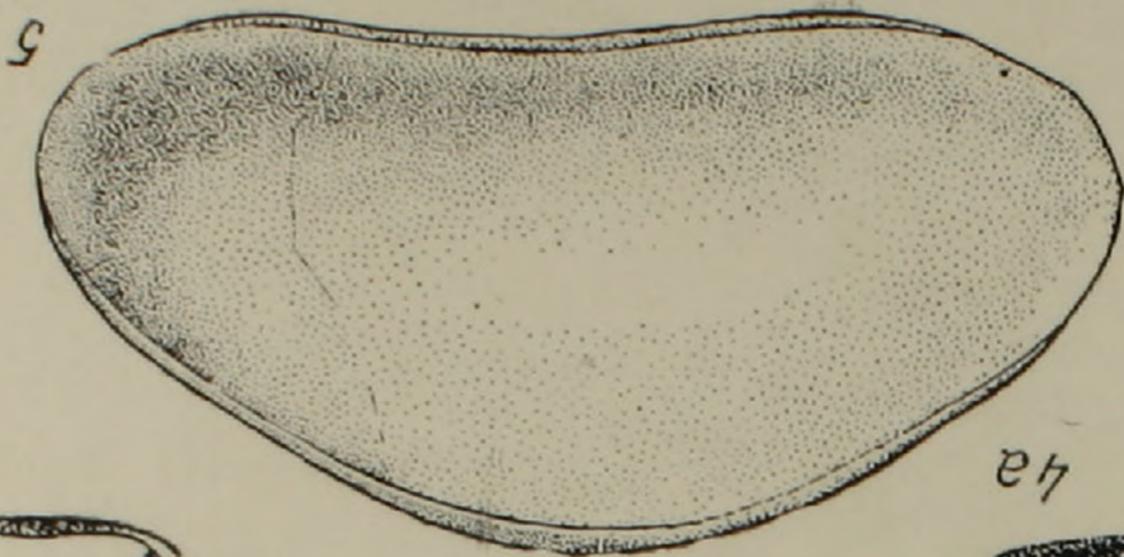
Голотип № 279, район им. Камо, „мыс с часовней“, кан. № 2, обр. № 180, нижний плиоцен (а — правая створка с внешней стороны, б — та же створка с внутренней стороны) × 66.

5а, б *Caspiocypris puculacea* sp. n.

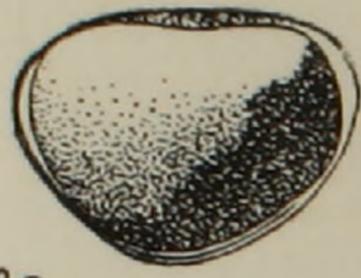
Голотип № 280, район им. Камо, с. Арцвакар, обр. № 192, нижний плиоцен (а — правая створка с внешней стороны, б — та же створка с внутренней стороны) × 66.

6а, б *Candoniella platigena* Schneider.

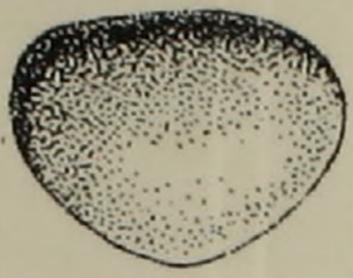
Оригинал № 281, район им. Камо, „мыс с часовней“, кан. № 2, обр. № 183, нижний плиоцен (а — левая створка с внешней стороны, б — та же створка с внутренней стороны) × 46.



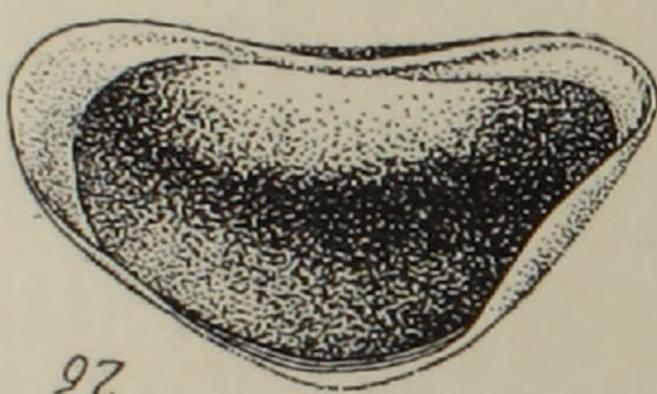
46



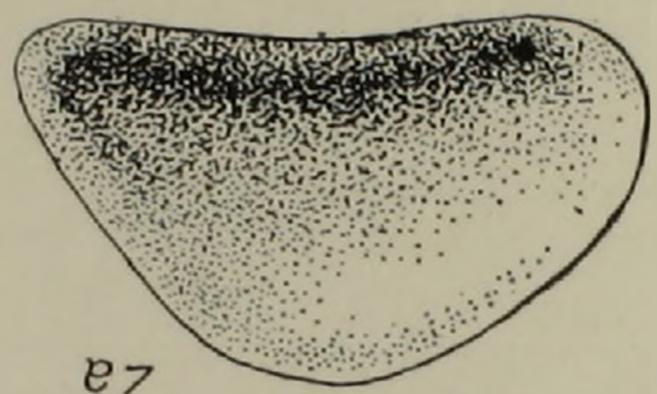
4a



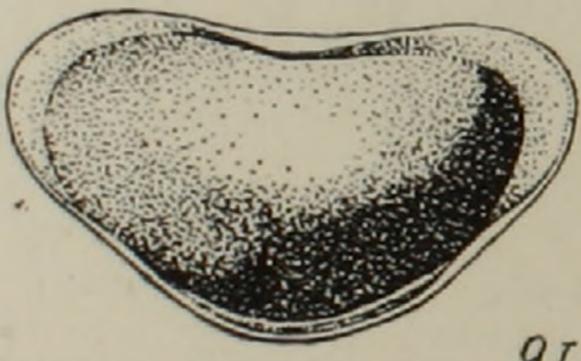
36



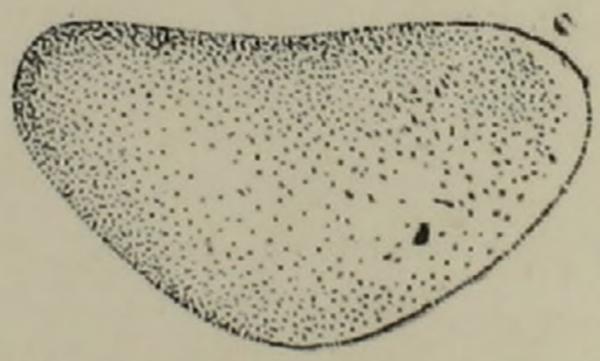
3a



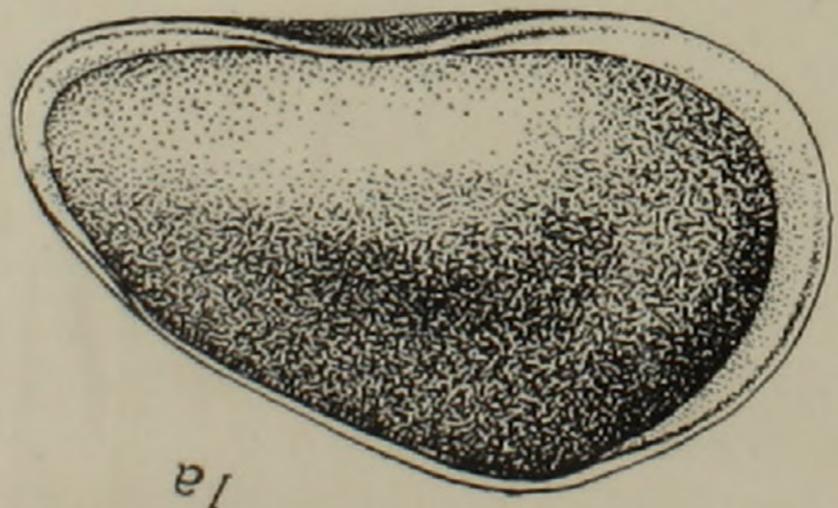
26



2a



16



1a

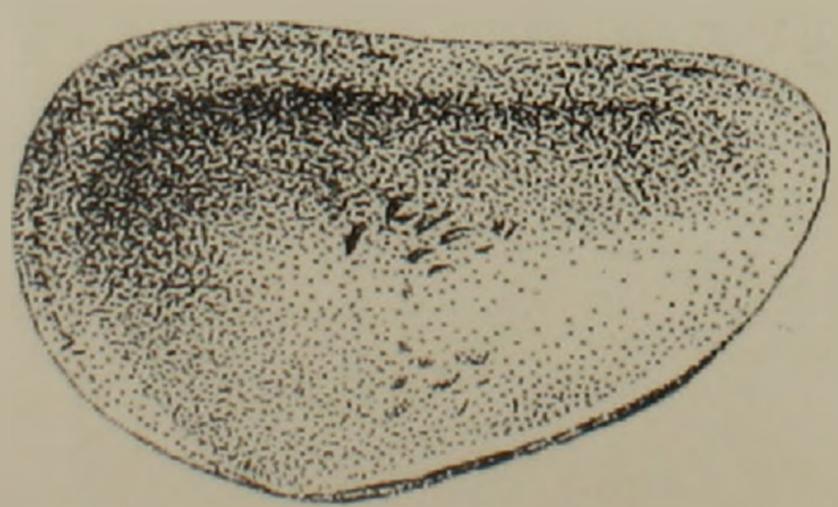


Таблица III

1а, б *Eucypris baiazetica* sp. n.

Голотип № 286, район им. Камо, с. Арцвакар, шурф № 3, обр. № 174, нижний плиоцен (а — правая створка с внешней стороны, б — та же створка с внутренней стороны) × 66.

2а, б. *Advenocypris subtriangularis* sp. n.

Голотип № 287, район им. Камо, с. Арцвакар, шурф № 2, обр. № 207, нижний плиоцен (а — левая створка с внешней стороны, б — та же створка с внутренней стороны) × 46.

3а, б *Advenocypris subtriangularis* sp. n.

Голотип № 288, район им. Камо, с. Арцвакар, шурф № 2, обр. № 207, нижний плиоцен (а — левая створка с внешней стороны, б — та же створка с внутренней стороны) × 46.

4а, б *Cyclocypris secunda* sp. n.

Голотип № 289, район им. Камо, с. Арцвакар, шурф № 2, обр. № 207, нижний плиоцен (а — левая створка с внешней стороны, б — та же створка с внутренней стороны) × 66.

5. *Candona? larvaeformis* Bronstein.

Оригинал № 290, район им. Камо, с. Арцвакар, обр. № 188, нижний плиоцен (раковина с правой стороны) × 66.

*nocythere contracta* sp. n., *L. sevanica* sp. n., *L. sp.*, *L. aculeata* sp. n., *Leptocythere erevanensis* sp. n., *Candona neglecta* Sars, *C. kamoensis* sp. n., *C.?* *larvaeformis* Bronstein, *Caspiocypris noraduzensis* sp. n., *C. nukulacea* sp. n., *Candoniella platigena* Schneider, *Cycloocypris secunda* sp. n., *Eucypris baiazetica* sp. n., *Advenocypris Subtriangularis* sp. n.

Այս շերտախումբը տեղադրված է սարմատի հասակի կրաքարերի և կավային շերտախմբերի վրա և ներդաշնակ կերպով ծածկվում է մի քանի հարյուր մետր կարողություն ունեցող տուֆոկոնգլոմերատներով և տուֆերով, որոնց լվացված մակերեսի վրա անկյունային աններդաշնակությամբ տեղադրված են միջին (?) պլիոցենի հասակի լճային նստվածքներ: Վերջիններս ներկայացված են ավազներով, խճերով, դիատոմիտներով, խեցաքարերով և կրաքարերով:

Խեցաքարերում և դիատոմիտներում հայտնաբերված են՝ *Plyocypris bradyi* Sars, *I. gibba* (Ramdhor), *Candona leninacanic* sp. n.

Լճային նստվածքների լվացված մակերեսի վրա անկյունային աններդաշնակությամբ տեղադրված են վերին պլիոցենի տուֆային ավազաքարեր, ալեվրոլիտներ, ավազներ:

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Агаларова Д. А., Кадырова З. К., Кулиева С. А. Остракоды плиоценовых и постплиоценовых отложений Азербайджана, Азгосиздат, 1961.
2. Бронштейн З. С. Фауна СССР. Ракообразные, том II, вып. I, нов. серия № 31, издат. АН СССР, 1947.
3. Сузин А. В. Остракоды третичных отложений Северного Предкавказья. Гостоптехиздат, 1956
4. Ливенталь В. Э. Остракоды акчагыльского и апшеронского ярусов по Бабазананскому разрезу. Изд. Азерб. политехнического ин-та, 1929.
5. Мандельштам М. И., Шнейдер Г. Ф. Ископаемые остракоды СССР, сем. Cyprididae, труды ВНИГРИ, вып. 203, 1963.
6. Милановский Е. Е. Новые данные о строении неогеновых и четвертичных отложений бассейна оз. Севан, «Изв. АН СССР», сер. геол., № 4, 1952.
7. Швейер А. В. Основы морфологии и систематика плиоценовых и постплиоценовых остракод. Гостоптехиздат, 1949.
8. Pokorny V. Grundzuge der zoologischen mikropaleontologie. Band II, Berlin, 1958.

ЛИТОЛОГИЯ

С. Г. САРКИСЯН, В. П. АСРАТЯН, А. А. САДОЯН

О ШАРОВИДНЫХ ЭЛЛИПСОИДАЛЬНЫХ И МАТРАЦЕВИДНЫХ  
 КОНКРЕЦИЯХ ШОРАХБЮРСКОЙ СВИТЫ (НИЖНЕГО-СРЕДНЕ-  
 ГО ОЛИГОЦЕНА)

На территории южной и юго-западной частях Армянской ССР широко развиты породы третичного комплекса. Среди них, в бассейнах рр. Азат, Веди и Раздан заметное распространение имеют отложения нижнего и среднего олигоцена (шорахбюрская свита) мощностью до 900 м, которые представлены песчаниками, алевролитами, известняками и глинами с преобладанием последних.

Снизу вверх по разрезу, в основном, выделяются две подсвиты: нижняя — глинисто-песчаная; верхняя — песчано-глинистая.

В массивно-слоистых алевроитово-песчаных отложениях глинисто-песчаной подсвиты встречаются шаровидные, реже эллипсоидальные и матрацевидные образования, рельефно выделяющиеся от вмещающих пород.

Наличие шаровидных и матрацевидных образований в массивно-слоистых песчаниках шорахбюрской свиты было отмечено в работах многих исследователей без указания характера их формирования.

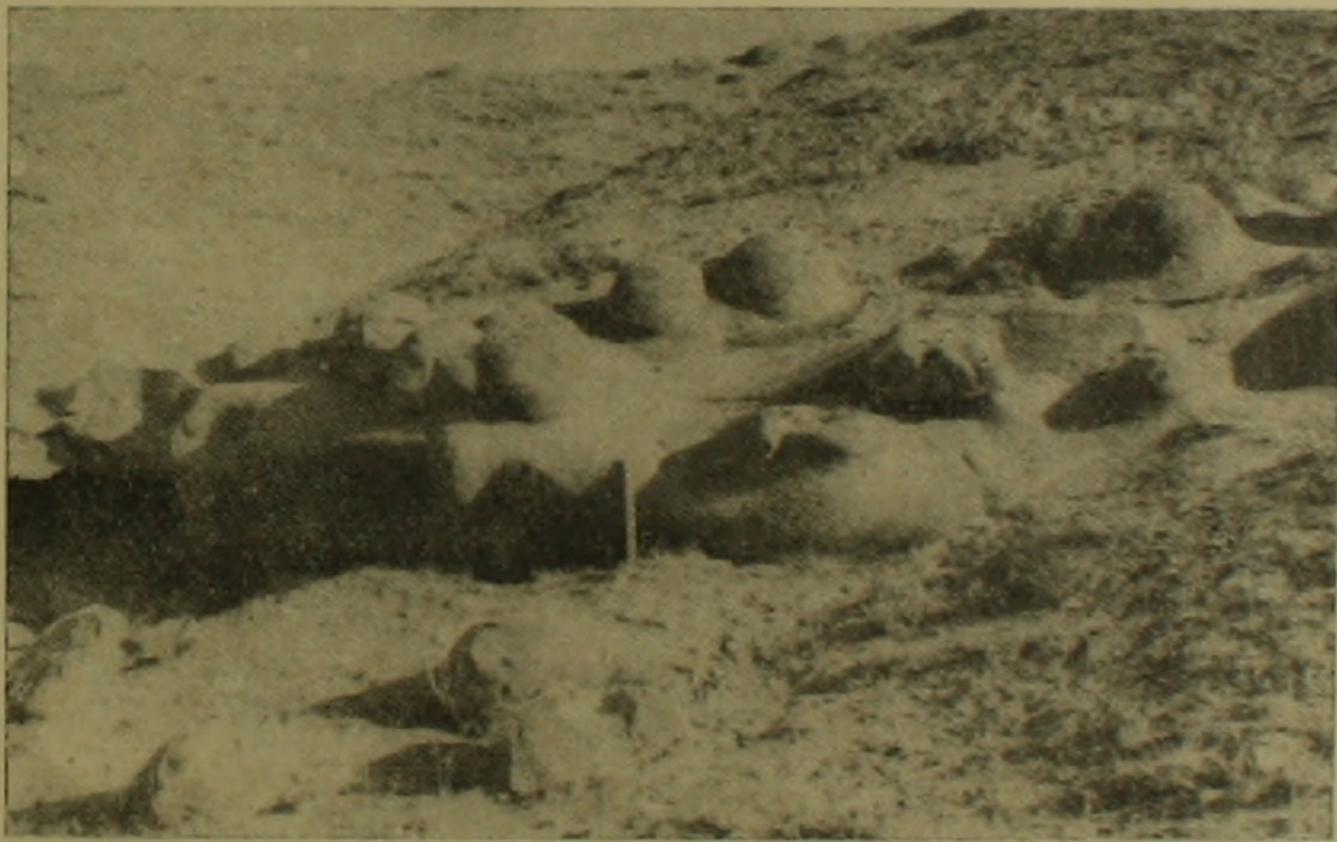
Первую попытку в этом направлении сделал А. И. Месропян в 1949 г. Происхождение шаровидных и матрацевидных образований (шаровидных и матрацевидных отдельностей по терминологии А. И. Месропяна) он связывает с динамикой водных масс в прибрежной части шельфа, где к привнесенным с суши глинистым комкам прилипали песчинки песчаного осадка. Нарастивание концентров продолжалось до тех пор, пока они не тяжелели и больше не перекатывались. Нам кажется, что ряд фактов, как например: размер шаровидных образований (с диаметром 0,5 м до 1,2 м); нередко наблюдаемое отсутствие глинистых комков в центрах указанных образований, а в районе сел. Шагап—иногда и их полное исчезновение; наличие не одного, а нередко 10—20 комочков глины разнообразной формы, и что особенно важно—значительное увеличение содержания карбонатного материала в направлении от вмещающей породы в центральной части шаровидных, эллипсоидальных и матрацевидных образований, говорят о том, что нельзя согласиться с предложенным А. И. Месропяном способом происхождения этих образований.

Наши исследования показывают, что шаровидные, эллипсоидальные и матрацевидные «отдельности», встречающиеся в сравнительно слабо-

сцементированных песчаниках и алевролитах глинисто-песчаной подсвиты шорахбюрской свиты, являются конкреционными образованиями. В зависимости от вида карбонатного цемента и гранулометрического состава терригенной части указанных образований их можно называть карбонатно (кальцитово)-песчаными и карбонатно (кальцитово)-алевритовыми конкрециями.

Ниже приводится описание конкреций, вмещающих пород и условия их образования.

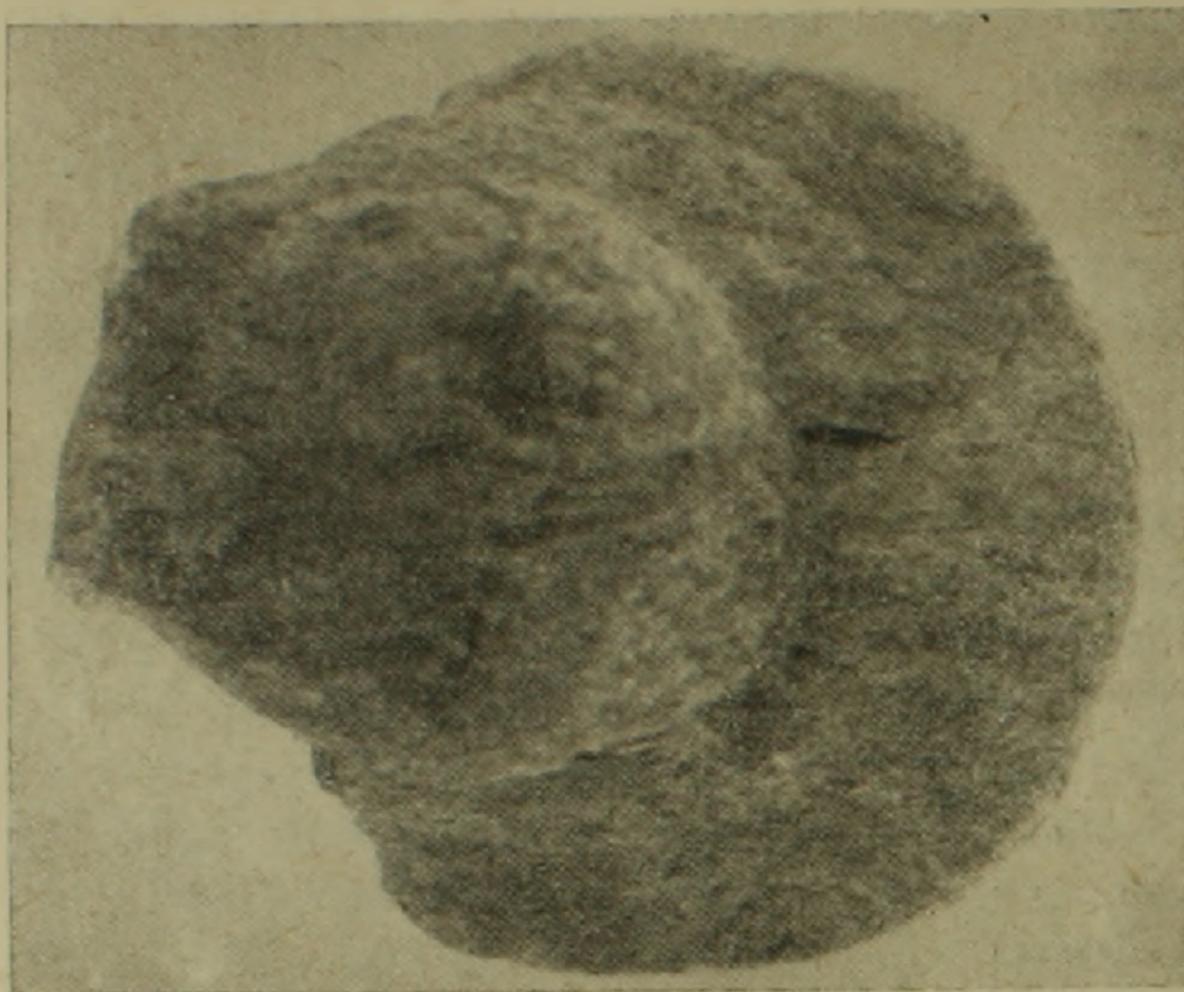
Макроскопически конкрециеносные песчаники и песчаные алевролиты светло-серые, буровато-серые, буровато-желтые, сравнительно слабо сцементированные породы с горизонтальной слоистостью. Мощность слоев 0,8—14,5 м, часто 1,2—3 м. Цемент карбонатно-глинистый, поровый, порово-контактный. Содержание карбонатного (кальцитового) материала составляет 2,7—17,6% часто 4—8%. В естественных обнажениях значительно плотные конкреции рельефно, четко выделяются от вмещающих пород (фиг. 1). Форма их шаровидная, реже эллипсоидальная и матрацевидная. Эллипсоидальные конкреции встречаются в верхней части алевро-песчаной подсвиты и от вмещающих песчаников разделяются менее рельефно, чем шаровидные образования. Диаметр шаровидных конкреций колеблется от 0,3 до 1,1 м, часто—0,6—0,8 м, а эллипсоидальных—0,8—2 м. Длина матрацевидных конкреций—0,6—3,7 м, толщина—0,15—0,25 м.



Фиг. 1.

В шаровидных конкрециях с периферии до центра наблюдаются две, реже три концентрические зоны: 1) желтовато-бурая с зеленоватым оттенком, 2) зеленовато (реже голубовато) серая (фиг. 2) Иногда между центральной серой и периферийной бурой зонами выделяется серовато-желтая зона. Толщина периферийной зоны (концентра) часто 3—10 см, желтой зоны—2—6 см; основная часть (центральная) конкреций имеет серый цвет.

Сравнение гранулометрического состава конкреций и вмещающих пород (табл. 1) показывает, что процентные содержания частиц их соответствующих фракций мало отличаются друг от друга.



Фиг. 2.

Таблица 1

№ разреза	№ образца	Название породы и место взятия	>1 мм	1-0,5 мм	0,5-0,25 мм	0,25-0,1 мм	0,1-0,01 мм	<0,01 мм
			в %	в %	в %	в %	в %	в %
10	560	Песчаник конкрециесодержащий . . .	9,49	6,86	26,17	10,81	26,76	19,81
10	561	Из периферии карбонатно-песчаной конкреции . . . . .	6,30	6,52	30,68	12,79	28,12	15,59
10	563	Из средней части карбонатно-песчаной конкреции . . . . .	5,78	5,98	25,21	10,68	34,47	17,88
7	50	Алеврит конкрециесодержащий . . .	—	1,44	10,18	7,08	67,80	13,50
7	51	Из средней части карбонатно-алевритовой конкреции . . . . .	—	—	2,66	3,88	74,52	18,94

Форма зерен терригенной части породы в обоих случаях тоже одинаковая: полуокатанная, округло-угловатая. Содержание основных компонентов кластической части конкреций и вмещающих пород мало отличаются друг от друга и представлены обломками эффузивов основного и среднего состава (35—65%), кислых эффузивов (3—14%), обломками гранитоидов (0—5%), кварцитов (0—4%), известняков (0—4%), кварц-сланцев (единичные обломки), полевыми шпатами (20—45%) с преобладанием андезиновых плагиоклазов и кварцем (2—10%).

Минералогический состав конкреций и вмещающих пород приведен в табл. 2. От вмещающих пород к центру конкреций наблюдается увели-

Таблица 2

№ обр.	Место взятия	Краткое название породы	Карбонатность в %	Выход тяж. фрак. в %	Тяжелые минералы																Легкие минералы								
					аллотигенные													аутигенные			аллотигенные				Аутигенные				
					гранаты	циркон	сфен	рутил	турмалин	биотит	эпидот	цоизит	авгит-диопсид	гиперстен	об. рогов. обманка	актинолит	глаукофан	магнетит	гематит	гидроокислы железа	апатит	барит-целистин	анатаз	полевые шпаты	кварц	сильно разл. зерна	хлорит	гипс	цеолиты
560	СЗ крыло Шорагбюрской антиклинали	Песчаник из вмещающ. породы . . . . .	18,8	0,83	0,5	2	—	—	ед. з.	4	2	—	1	—	28	—	—	50	7	8	—	—	—	24	4	70	2	—	—
561		Песчаник из периферии конкреции . . . . .	36,4	2,16	0,5	1,5	—	—	—	6	2	ед. з.	27	—	11	—	—	35	11	7	—	—	—	30	4	65	1	—	—
563		Песчаник из центра конкреции . . . . .	39,3	3,16	—	0,5	—	—	—	2	1,5	—	55	ед. з.	10	—	—	28	4	2	—	—	—	40	5	55	—	—	—
15	СЗ крыло Шорагбюрской антиклинали	Песчаник из вмещающ. породы . . . . .	1,28	0,5	ед. з.	0,5	ед. з.	—	—	3	1,5	—	—	—	28	—	—	55	3	4	—	—	—	37	2	55	9	—	—
16		Песчаник из центра конкреции . . . . .	36,4	—	—	0,5	—	ед. з.	—	1,5	1	—	2,3	—	15	—	—	75	4	1	—	—	—	50	2	46	2	—	—
25		Песчаник из центра конкреции . . . . .	32,0	—	—	0,5	—	—	—	5	2	—	13	—	23	1,5	1,5	92	8	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	Северное крыло антиклинали	Алевролит из вмещающей породы . . . . .	15,5	0,16	0,5	1	—	—	—	12	3	0,5	2	—	12	—	1	39	18	10	—	0,5	ед. з.	48	5	50	3,5	—	—
51		Алевролит из центра конкреции . . . . .	42,2	0,13	ед. з.	1	—	—	—	6	2	0,5	1	—	22	—	—	50	12	8	11	—	—	45	8	40	2	ед. з.	ед. з.

чение содержания авгит-диопсида, свежих полевых шпатов и уменьшение содержания биотита, эпидота, обыкновенной роговой обманки, гематита, гидроокислов железа, хлорита и сильно разложившихся частиц. На этом фоне в периферийной части конкреции по отношению к вмещающим породам отмечаются повышенные содержания биотита и гематита.

Основной признак, позволяющий отличить сравнительно слабо цементированные вмещающие песчаники и алевролиты от шаровидных, эллипсоидальных и матрацевидных образований, это содержание и состав цемента. Цементирующее вещество в шаровидных и эллипсоидальных образованиях представлено карбонатным материалом (кальцит с незначительной примесью сидерита, и, вероятно, магнезита).

В табл. 3 приведены содержания карбонатного вещества образцов, взятых из вмещающей породы и разных частей конкреции.

Таблица 3

№ разр.	№ обр.	Название породы и место взятия	Карбонатность в %
10	560	Из конкрецисодержащего песчаника . . . . .	17,6
10	561	Из периферии карбонатно-песчаной конкреции . . . . .	36,4
10	562	Мелкий комок мергеля из средней части карбонатно-песчаной фракции . . . . .	52,0
10	563	Из центральной части шаровидной карбонатно-песчаной конкреции . . . . .	39,3
10	564	Крупный комок известковой глины из центра карбонатно-песчаной конкреции . . . . .	20,8
10	15	Из конкрецисодержащего песчаника . . . . .	1,3
10	16	Из центра карбонатно-песчаной конкреции . . . . .	36,4
10	566	Из конкрецисодержащего песчаника . . . . .	8,0
10	567	Из периферии карбонатно-песчаной конкреции . . . . .	32,8
10	568	Из центральной части карбонатно-песчаной конкреции . . . . .	36,8
10	569	Мелкий комок известковой глины из центральной части карбонатно-песчаной шаровидной конкреции . . . . .	49,36
10	24	Из конкрецисодержащ. песчаника . . . . .	2,7
10	25	Из центральной части карбонатно-песчаной эллипсоидальной конкреции . . . . .	32,0
7	50	Из конкрецисодержащего алевролита . . . . .	15,5
7	51	Из центральной части карбонатно-алевритовой шаровидной конкреции . . . . .	42,2
8	660	Из конкрецисодержащего песчаника . . . . .	3,9
8	661	Из периферии карбонатно-песчаной шаровидной конкреции . . . . .	25,6
8	662	Из средней части карбонатно-песчаной шаровидной конкреции . . . . .	32,0

Из таблицы видно, что от конкрецисодержащей (вмещающей) породы к конкреции наблюдается резкое увеличение содержания карбонатного вещества. В самой конкреции от периферии к центру карбонатность повышается постепенно. Характерны сравнительно большие значения карбонатности в карбонатно-алевритовых конкрециях, а также в мелких комках глины, иногда позволяющие назвать их мергелями. Инте-

ресно отметить, что содержание карбонатного вещества глин в глинистых слоях, перекрывающих и подстилающих конкрециесодержащие песчаники и алевролиты, составляет 4—10%.

Результаты валовых химических анализов образцов, отобранных из периферии, из средней части, из глинистого комка конкреции и конкрециесодержащей породы приведены в табл. 4.

Таблица 4

№ разреза	№ проб	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	н.п.п.	S	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Сумма
10	560	52,40	0,66	10,99	8,91	0,96	0,23	9,30	1,87	3,1	3,5	2,22	6,72	сл.	0,13	100,99
10	561	40,72	0,53	8,24	2,52	2,41	0,70	9,07	2,12	2,8	3,0	1,3	14,78	сл.	0,62	99,32
10	563	41,07	0,35	12,42	3,41	1,61	0,70	19,0	1,77	1,3	2,3	1,16	15,94	сл.	0,13	100,76
10	15	58,47	0,90	17,09	5,01	0,43	0,05	3,88	2,35	3,27	3,25	1,72	3,18	0,08	0,13	99,81
10	16	40,54	0,42	12,11	2,60	0,72	0,58	20,44	1,73	2,84	0,55	0,60	16,05	0,18	0,23	99,19
10	17	52,53	0,70	15,22	4,72	1,14	0,10	7,78	4,11	3,60	0,89	1,48	7,22	1,48	0,22	101,19
10	51	39,0	0,62	8,49	4,28	2,25	0,42	19,54	4,0	2,8	2,4	1,16	15,76	сл.	0,07	100,78

От центра конкреций к вмещающим их породам наблюдается уменьшение содержания CaO, FeO, MgO и постепенное увеличение содержания SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Результаты анализа солянокислых вытяжек приведены в табл. № 5, указывающие на резкое преобладание кальцита над остальными железомagneвыми карбонатами.

Таблица 5

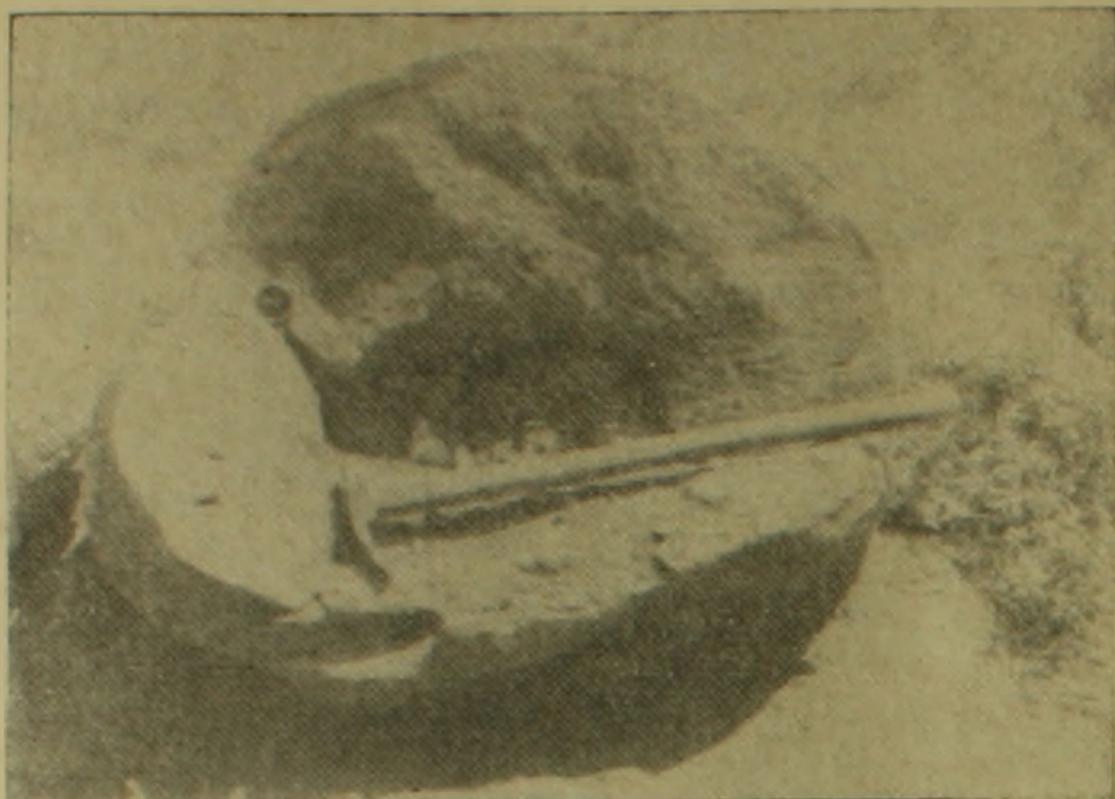
№ проб	Название породы	CaO	MgO	FeO	SO <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>
25	Из центральной части карбонато-песчаной конкреции . . . . .	22,66	0,18	1,56	0,008	14,35
4	Из конкрециесодержащего песчаника . . . . .	3,61	0,46	1,95	0,1	1,33

В конкрециях встречаются комки (скопления) глин, отпечатки листьев, обломки углефицированной растительности и известковистых раковин.

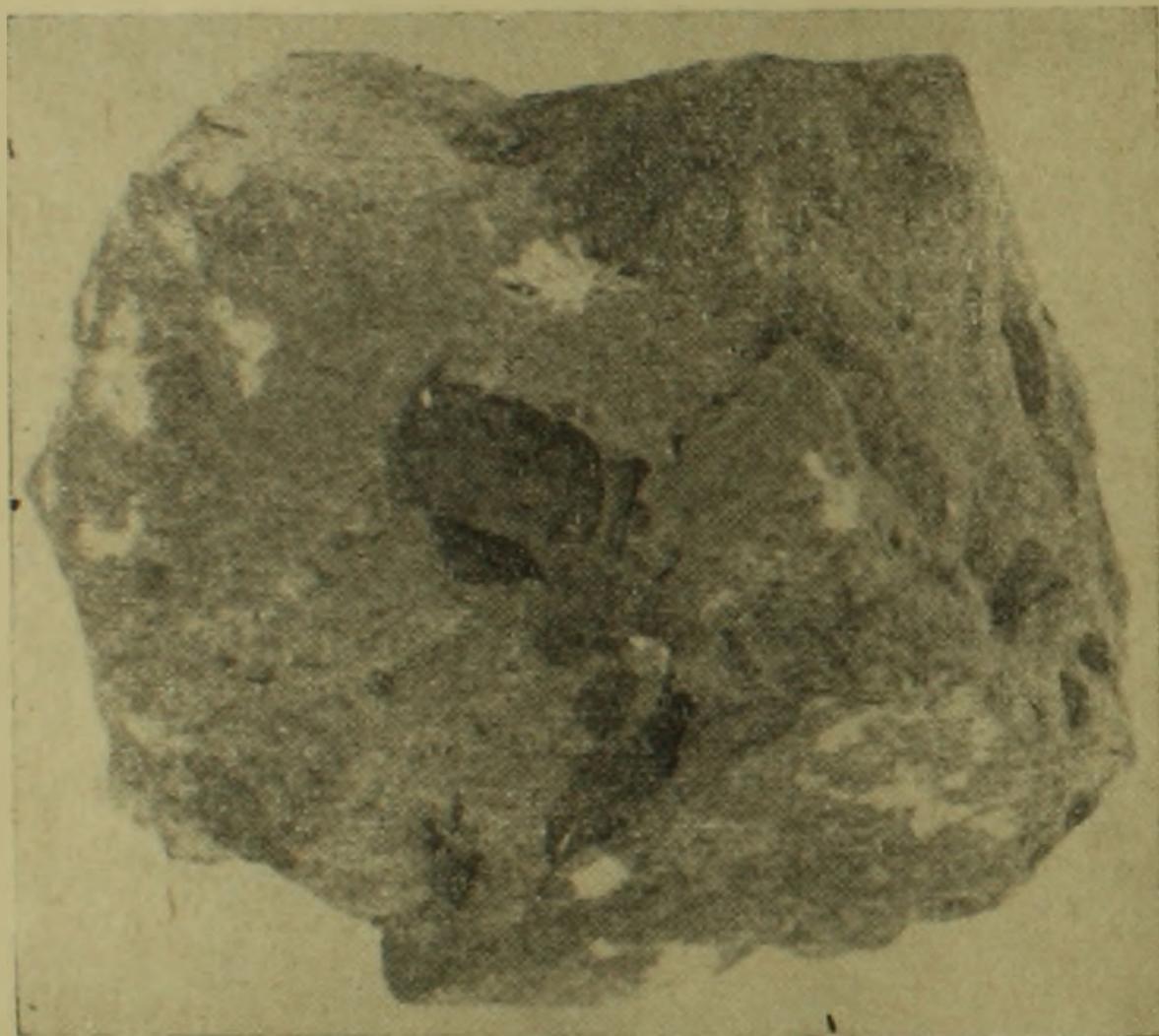
Комки глин имеют разнообразную форму. Часто наблюдаются мелкие (1,5—4 см) и реже—крупные (8—32 см) комки (фиг. 3). Последние обычно расположены в средней части конкреции. Нужно отметить, что в районе с. Шагап комки глин встречаются реже, или отсутствуют в конкрециях.

Отпечатки листьев в конкрециях встречаются чаще и сохранены лучше (фиг. 4), чем во вмещающих породах.

Характерна приуроченность конкреций к более или менее мощным слоям песчаников, реже алевролитов, перекрывающихся массивно-слоистыми, крупнослоистыми глинами. Обычно они располагаются параллельно плоскости напластования, образуя своеобразные конкреционные



Фиг. 3.



Фиг. 4.

горизонты. Это обстоятельство, вероятно, объясняется сравнительно большей проницаемостью песчано-алевритовых пород по направлению напластования слоев, чем перпендикулярно к нему.

Величина конкреций, в первую очередь, зависит от гранулометрического состава, пористости и проницаемости конкрециесодержащего слоя (обычно конкреции больших размеров наблюдаются в песчаниках) и количества конкрециеобразующего материала в осадках.

Приблизительно одинаковые размеры конкреций в конкрециесодержащих слоях Н. М. Страхов объясняет «множеством центров стяжения и примерно одинаковыми темпами самого процесса стяжения».

Коэффициент конкрециеносности глинисто-песчаной подсвиты, подсчитанный линейным методом, составляет приблизительно 2—2,5% ее мощности. Мощность глинисто-песчаной подсвиты в районе с. Шорахбюр 171,5—180 м, а в районе с. Ацаван—185,7 м.

Описанные конкреции шорахбюрской свиты, очевидно, имеют большое площадное распространение. Они встречаются не только в бассейне р. Азат и в Шорахбюрской долине, но и в бассейне р. Веди (в районах с.с. Шагап-Советашен).

По данным определения карбонатности пород по разрезу скважин можно предположить наличие карбонатно-песчаных и карбонатно-алевритовых конкреций на следующих глубинах; в скважине № 4 Раздан—в интервалах 1634—1638 и 1965—1973 м; в скв. 5 Раздан—1950—1954 м, в скв. 6—Раздан 1720—1723 м.

На основании вышензложенного можно отметить, что шаровидные, эллипсоидальные и матрацевидные карбонатно-песчаные и карбонатно-алевритовые конкреции являются диагенетическими образованиями, возникшими на этапе перераспределения вещества в осадке.

Вокруг центров стяжения, при благоприятных физико-химических условиях, (Eh, pH), стягивались и концентрировались бикарбонаты кальция, в незначительных количествах—железа, магния и марганца.

При последующей дегазации—улетучивании  $\text{CO}_2$  из алевропесчаного осадка происходит отложение карбонатов. Благодаря значительной пористости и проницаемости осадка (следует отметить, что открытая пористость конкрециесодержащих песчаников и алевролитов составляет 17,9—26,1%, а газопроницаемость 1,5—11,3 миллиарда) стягивание вещества происходило со всех сторон—особенно параллельно напластованию, вследствие чего стяжения приобрели большие размеры и округлую, эллипсоидальную и матрацевидную форму.

Значительные размеры и приуроченность эллипсоидальных стяжений к слоям песчаников, перекрывающихся мощными глинами, можно объяснить сравнительно большим притоком конкрециеобразующих растворов, часть которых, вероятно, поступала из вышелегающих глин.

Институт геологии и разработки горючих  
ископаемых Государственного комитета  
нефтедобывающей промышленности СССР  
Ереванский государственный университет  
Институт геологических наук  
АН Армянской ССР

Поступила 13.VIII.1965.

Ս. Գ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, Վ. Պ. ՀԱՍՐԱԹՅԱՆ, Հ. Ա. ՍԱԴՈՅԱՆ

ՇՈՐԱԿՅՈՒՐԻ ՇԵՐՏԱԽՄԲԻ (ՍՏՈՐԻՆ-ՄԻՋԻՆ ՕՒԻԳՈՑԵՆ) ԳՆԴԱԶԵՎ,  
ԶՎԱԾԻՐԱԶԵՎ ԵՎ ՆԵՐՔՆԱԿԱԶԵՎ ԿՈՆԿՐԵՑԻԱՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Շորաղրյուրի շերտախմբի նստվածքները (ավազաքարեր, ալևրոլիտներ, կրաքարեր, կավեր) նկատելի տրամադրում ունեն Ազատ, Վեդի, Հրազդան գետերի ավազաններում: Այս շերտախմբի կավավազաքարային ենթաշերտախմբի շեր-

տավոր ավազաքարերում և ալերոլիտներում հանդիպում են գնդաձև, ձվաձիրաձև և ներքնակաձև առաջացումներ, որոնք ցայտուն կերպով առանձնանում են շրջապատող ապարներից: Մեր հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ նշված առաջացումները հանդիսանում են կարբոնատ (կալցիտ)-ավազային, կարբոնատ (կալցիտ)-ալերիտային կոնկրեցիաներ:

Գնդաձև կոնկրեցիաների տրամագիծը տատանվում է 0,3—1,1 մ, հաճախ 0,6—0,8 մ, իսկ ձվաձիրաձև կոնկրեցիաներինը՝ 0,8—2 մ սահմաններում: ներքնակաձև կոնկրեցիաների երկարությունը 0,6—3,7 մ է, իսկ հաստությունը՝ 0,15—0,25 մ: Կոնկրեցիաներում հանդիպում են զանազան ձևերի կավային կուտակներ, տերևների դրոշմներ, ածխացած բուսական մնացորդներ և կրային խեցիներ: Կոնկրեցիաները և նրանց ներփակող ապարներն ըստ գրանուլոմետրական կազմի, ինչպես նաև ապարի բեկորային մասի հիմնական կոմպոնենտների պարունակության միմյանցից քիչ են տարբերվում: Հիմնական հատկանիշը, որով նրանք կտրուկ կերպով գատվում են մեկը մյուսից, դա կոնկրեցիաներում և ներփակող ապարներում կարբոնատային նյութի (գերազանցապես կալցիտ) տարբեր պարունակություններն են (ալյուսակներ 3, 4, 5): Կոնկրեցիաների մեծությունը կախված է ներփակող շերտի գրանուլոմետրական կազմից, նրա ծակոտկենությունից, թափանցելիությունից և կոնկրեցիա առաջացնող հիմնական նյութի քանակությունից:

Կատարված հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ կարբոնատ (կալցիտ)-ավազային, կարբոնատ (կալցիտ)-ալերիտային կոնկրեցիաները դիագենետիկ առաջացումներ են և ձևավորվել են նստվածքում նյութերի վերադաշխման էտապում:

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Асланян А. Т. Региональная геология Армении. Ереван, 1958.
2. Бушинский И. Г. О конкрециях. Труды третьего Всесоюзного совещания по литологии и минералогии осадочных пород. Баку, 1962.
3. Бродская И. Г. Карбонатные конкреции в третичных отложениях Сахалина. В сб. «К познанию диагнеза осадков». Изд. АН СССР, Москва, 1959.
4. Габриелян А. А. Неоген и палеоген Армянской ССР. Ереван, 1964.
5. Гниловский В. Г. Известково-песчанистые конкреции верхнесарматских песков Ставрополя. Тр. Ворошиловградского гос. педагогического института. Т. 1, 1939.
6. Зарицкий П. В. Конкреции угленосных отложений Донецкого бассейна. Изд-во Харьков. Ун-та, 1959.
7. Македонов А. В. Корреляция разрезов с помощью конкреций на опыте Воркутского месторождения. В кн. «Методы изучения осадочных пород». Т. II, 1957.
8. Страхов Н. М. Диагенез осадков и его значение для осадочного рудообразования. Изв. АН СССР, сер. геол. вып. 5, 1953.
9. Страхов Н. М. Основы теории литогенеза. Т. II, изд-во АН СССР, 1962.
10. Тарр У. Е., Твенхофел Д. Е. Конкреции. В кн. У. Е. Твенхофеля «Учение об образовании осадков», 1936.
11. Тимофеева З. В. Наблюдения над конкрециями. В кн. «Методы изучения осадочных пород», 1957.

## ТЕКТОНИКА

Э. В. АНАНЯН

НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ ТРЕЩИНОВАТОСТИ ПОРОД  
КАФАНСКОГО БРАХИАНТИКЛИНОРИЯ

В тектоническом отношении Кафанский брахиантиклинорий входит в состав Сомхето-Кафанского тектонического комплекса Малого Кавказа и А. А. Габриеляном [2] выделяется как отдельная структурная единица, под названием Кафанского сегмента. На юго-западе он граничит с Армянской складчатой областью, зоной Хуступ-Гиратахского разлома глубокого заложения, а на северо-востоке—с Акеринским синклинорием.

На обоих крыльях структуры породы имеют в общем северо-западное простирание, причем на северо-восточном крыле они, постепенно погружаясь, уходят под меловые отложения. Здесь они падают на северо-восток под углом 15—20°. Юго-западное крыло более крутое, падение пород достигает 60°. На периклинальных погружениях падение колеблется в пределах 15—30°.

В состав пород, слагающих брахиантиклинорий, по данным В. Т. Акопяна [1], участвуют: брекчиевидные эпидотизированные порфириты нижнего байоса с видимой мощностью 500—600 м, на которых согласно налегает свита плагиоклазовых, кварц-плагиоклазовых и кварцевых порфиритов с их туфами и туфобрекчиями верхнего байоса. В составе этой свиты местами наблюдаются прослои и линзы туфопесчаников и известняков мощностью до 80 м. Породы нижнего и верхнего байоса обнажаются в основном в центральной части брахиантиклинория и несогласно перекрываются образованиями верхней юры, которые со всех сторон окаймляют среднеюрские породы.

Разрез верхней юры начинается мощной (1000—1200 м) свитой вулканогенно-осадочных пород оксфорда (лузитан)—кимериджа. Породы представлены в основном туфоконгломератами, туфобрекчиями с линзами и прослоями фаунистически охарактеризованных туфопесчаников и известняков. Переход от среднеюрских к верхнеюрским породам несогласный, и происходит через базальные конгломераты, а иногда через грубозернистые туфопесчаники («грубозернистые туфы» по В. Н. Котляру).

Разрез верхнеюрских пород завершается титон-валанжинскими отложениями, притом резкой границы между породами верхней юры и нижнего мела невозможно установить. По В. Т. Акопяну, этот переход происходит через породы тапасар-кармакарской и хуступ-чимянской свит мощностью 1000—1200 м. Они фацнально переходят друг в друга.

В составе свит участвуют различные порфириты, туфобрекчии и туфо-конгломераты.

Меловые отложения в районе сравнительно мало развиты. Представлены они нормально-осадочными породами: известняками агаракской и песчаниками кармирванкской свит нижнемелового возраста, и расположены в основном в восточной части района.

Они обнажаются также в северной и юго-западной частях района и представлены карбонатными породами. Отложения верхнего апта представлены известняками, песчаниками, мергелями и туфоконгломератами и обнажаются в северо-восточной и северо-западной частях брахиантиклинория. Общая мощность пород верхнеаптского возраста составляет 300—350 м.

Интрузивные породы представлены диоритами, габбродиоритами, гранодиоритами, гранитами, граносиенитами, микродиоритами, кварцевыми порфирами, альбитофирами и габбро-диабазами (северная часть Цавского интрузива, выходы мелких интрузий и даек). В пределах брахиантиклинория наблюдаются многочисленные выходы даечных пород, из которых диабазы являются самыми распространенными и составляют около 90% всех даечных образований Кафанского брахиантиклинория.

Кафанский брахиантиклинорий занимает площадь около 800 км<sup>2</sup>. В его состав входят Мейданская, Шикахох-Вачаганская, Джрахорская, Чанахчи-Татевская, Кафанская, Хлатах-Карагдинская и Кахнутская антиклинали и соответственно отделяющие их синклинали. Ось брахиантиклинория в общем имеет общекавказское простирание (320—330°). Оси почти всех структур, входящих в состав брахиантиклинория, простираются параллельно главной оси, только оси Шикахох-Вачаганской и Джрахорской антиклиналей постепенно поворачиваются к северо-востоку и востоку.

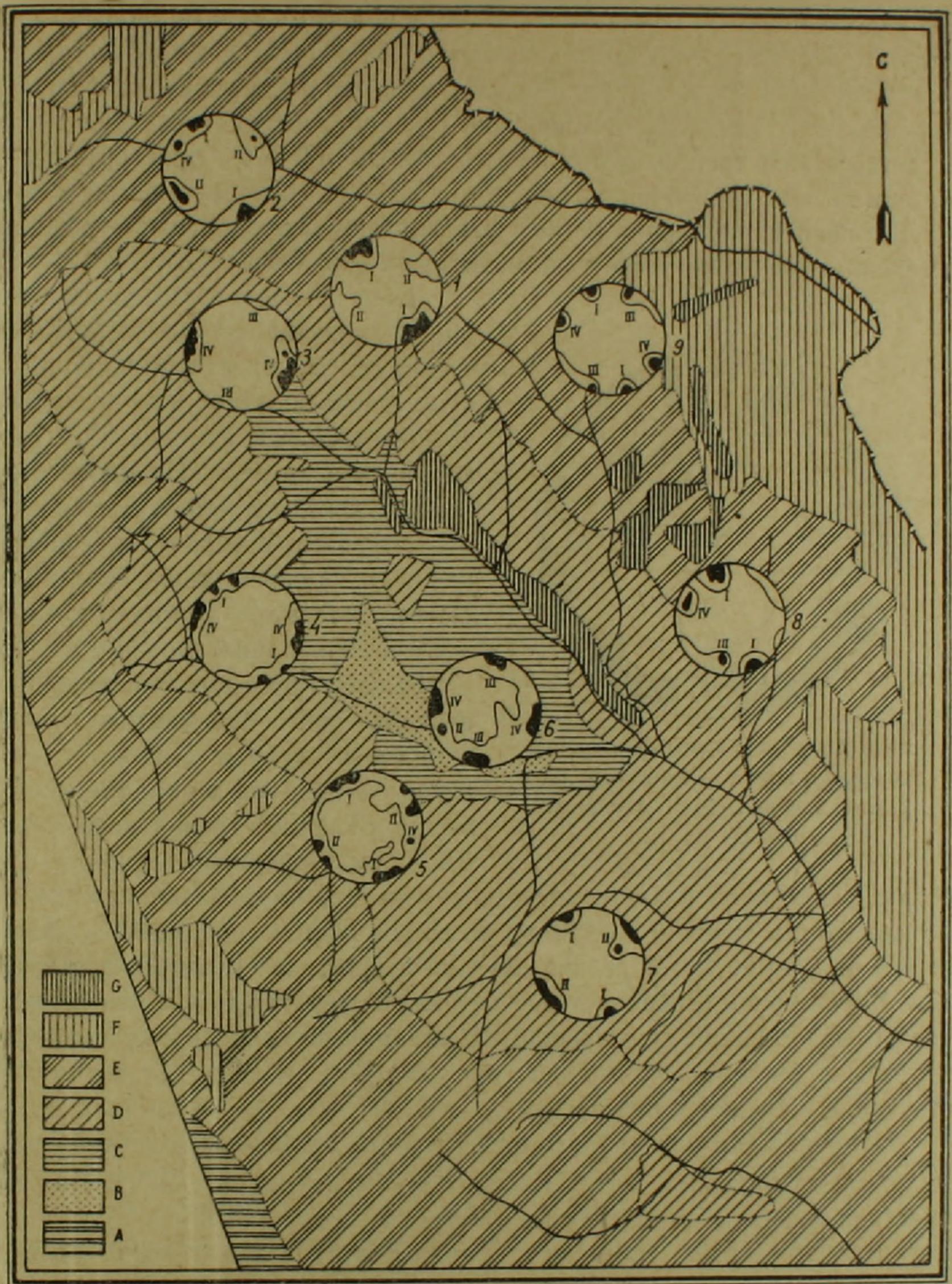
Размеры структур более высоких порядков в среднем 5×10 км. Наиболее крупными из них являются Шикахох-Вачаганская и Чанахчи-Татевская антиклинали, расположенные в юго-западной части брахиантиклинория.

Для выяснения условий формирования каждой структурной единицы, очень важно выявление закономерностей распределения, соотношения и характера мелких складок, разломов, трещин и других нарушений первоначального залегания пород, осложняющих основную структуру.

Прямым выражением изменений первоначального залегания пород являются системы трещин в материнских породах, которые соответствуют полям напряжений, существовавшим в пределах каждой структурной единицы.

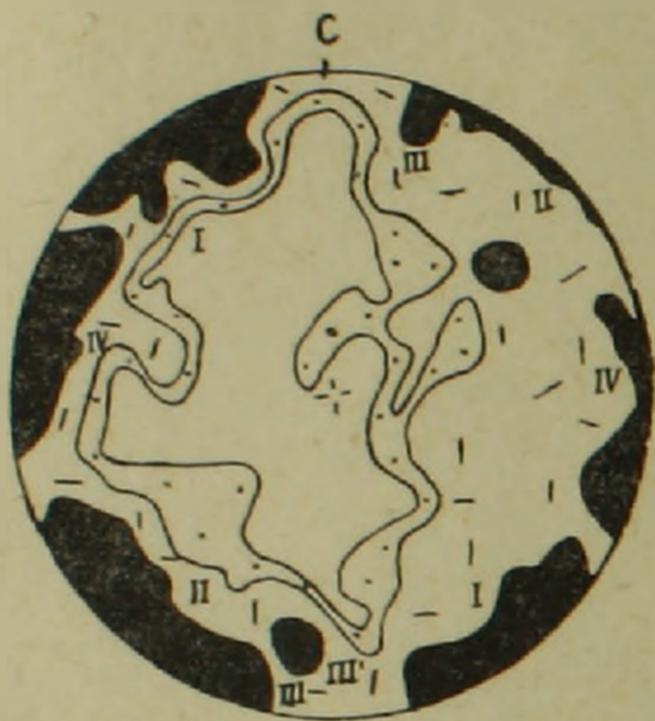
Для изучения трещиноватости пород Кафанского брахиантиклинория нами были выбраны девять участков, расположенных симметрично по отношению к главной оси брахиантиклинория (фиг. 1).

Обработка материала сводилась к составлению диаграмм трещиноватости в изолиниях. Диаграммы построены при помощи равноплощадной сетки в проекции на верхнюю полусферу.



Фиг. 1. Схематическая геологическая карта Кафанского брахиантиклинория (по данным Аюбяна В. Т.), расположение участков, диаграммы трещиноватости пород: 1. Верхнехотананский, 2. Тандзаверский, 3. Антарашатский, 4. Шгарджикский, 5. Верхневачаганский, 6. Кафанский, 7. Чакатенский, 8. Верхнегедаклинский, 9. Кармракарский  $0,5-2-5 > 0/0$ . А.  $P_{Cm}-P_{z_1}$  — метаморфические сланцы и порфириды; В.  $J_2^{bj_1}$  — брекчиевидные, эпидотизированные порфириды; С.  $J_2^{bj_2}$  — плагиоклазовые, кварц-плагиоклазовые, кварцевые порфириды; D.  $J_3^{1-cm}$  — потоки порфиридов, туфобрекчий и туфоконгломераты; E.  $J_3^{1-III}$  и  $J_3^{III}-Cg_1^{VIIn}$  — порфириды, их туфобрекчий и туфоконгломераты; F. Cг — нормально-осадочные породы; G. Q — андезито-базальтовые лавы.

При рассмотрении диаграмм сразу же бросаются в глаза крутые углы падений ( $70-90^\circ$ ) трещин. Трещины с пологими углами падений или отсутствуют, или же малы по количеству. На сводной диаграмме трещиноватости (фиг. 2) для всего антиклинория наблюдается строгая ориентированность трещин по отношению к главной оси структуры. Максимум I соответствует трещинам с северо-восточным ( $60-70^\circ$ ) простиранием и падением на северо-запад под углом  $80-90^\circ$  (поперечные трещины). Строго перпендикулярно к ним располагаются продольные трещины (максимум II), с крутыми углами падений ( $80-90^\circ$ ).



Фиг. 2. Сводная диаграмма трещиноватости пород Кафанского брахиантиклинория. 2145 измерений.  
0,5—2—5—>°/о.

Поперечные и продольные трещины характеризуются неровными стенками, по простиранию извилистые, расчленяются на несколько трещин меньшей ширины и затухают в обе стороны. На плоскостях трещин почти не наблюдаются следы подвижек в виде зеркал скольжений и глинок трения. Максимум III соответствует системе трещин скалывания, ориентированных под углом около  $45^\circ$  по отношению к главной оси брахиантиклинория. Они имеют ровные стенки, с хорошо выраженными зеркалами скольжений и глиной трения мощностью 0,5—3 см. Прекрасно выражены борозды скольжений и часто удается определять направления смещений по плоскостям трещин.

Смещения по ним, в общем, небольшие и колеблются от 1 до 20 см. В редких случаях амплитуда смещения достигает 1 м. Характерной особенностью Кафанской структуры является сравнительно малое количество трещин скалывания по сравнению с трещинами отрыва. Первые составляют около 20—25% от всех трещин, существующих в пределах структуры.

Подобная картина наблюдается также на отдельных участках, расположенных в разных частях Кафанской структуры (фиг. 1, 1). На всех участках трещины имеют крутые (более  $75^\circ$ ) углы падений, только на юго-западном крыле (участок с. Верин-Вачаган) имеет место некоторое выполаживание (до  $55^\circ$ ) плоскостей падений трещин.

Диаграммы трещиноватости, составленные для девяти участков, характеризуются четырьмя отчетливо выраженными максимумами (I, II, III, IV).

Максимум I соответствует системе поперечных трещин с северо-восточным простиранием, с падением на северо-запад и юго-восток, под углами  $80-90^\circ$ , иногда  $70-75^\circ$ . Вер разброса не очень большой (до  $10^\circ$ ). Местами трещины этой группы составляют основную массу из всех трещин участка.

Максимум II, который соответствует системе продольных трещин, выражен менее отчетливо, чем максимум I. Система трещин (максимум II) имеет более пологие углы падений, чем трещины максимума I и колеблются в пределах от  $65^\circ$  до  $90^\circ$ , при простирании на северо-запад, с падением в обе стороны. Веер разброса такой же, как и в первом случае. Плотность максимумов намного уступает плотностям систем поперечных трещин.

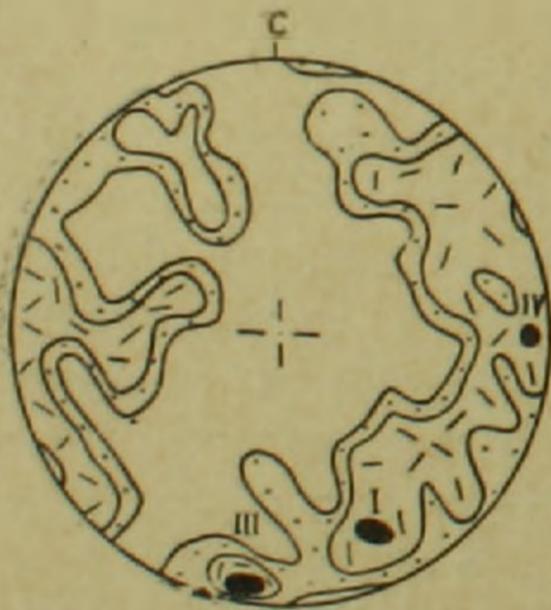
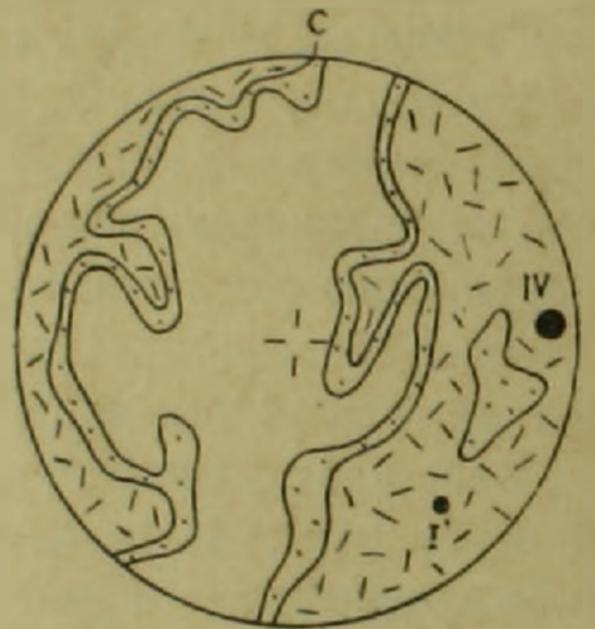
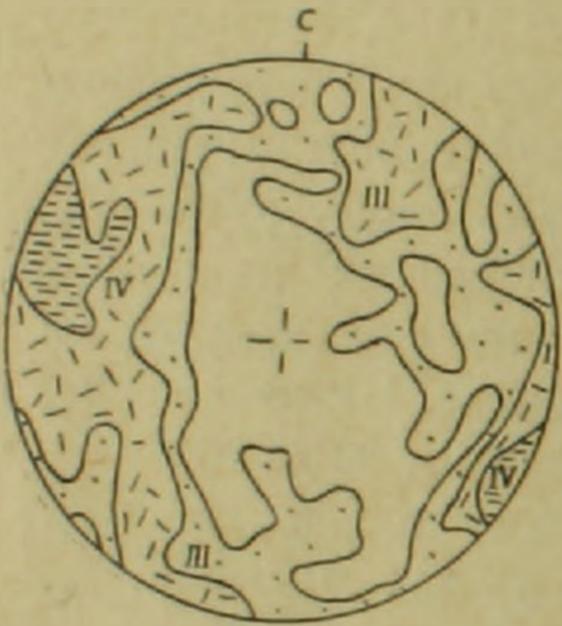
Максимумы III и IV соответствуют группам трещин скалывания. Из них четко выражаются трещины максимума III с простиранием на восток, северо-восток, с очень большими веерами разброса (до  $25^\circ$ ). Падение трещин под углом  $80-90^\circ$  преимущественно северо-западное. На участке у с. Верин-Хотанан падение трещин колеблется в пределах  $80-90^\circ$  (фиг. 1, диаграмма 2).

Максимум IV по сравнению с остальными максимумами выражен менее четко. Трещины этой системы составляют угол в  $35-45^\circ$  с главной осью брахиантиклинория. Простирание трещин, входящих в эту группу, северо-восточное ( $15-25^\circ$ ), с падением в обе стороны под углами  $60-90^\circ$ . Веер разброса в пределах обычного.

Остальные максимумы приурочиваются к тому или иному максимуму (фиг. 1, диаграммы 2—6) в зависимости от занимаемого ими положения на брахиантиклинории (крыло, сводовая часть структур, входящих в состав брахиантиклинория). Плотность второстепенных максимумов, по сравнению с основными, небольшая. В основном они приурочены к системам поперечных (макс. I) и продольных (макс. II) трещин. Углы падений трещин этих систем колеблются в пределах от  $30$  до  $90^\circ$ .

Иная картина наблюдается в породах глубоких горизонтов месторождения (фиг. 3). Здесь, в двух участках ныне разрабатываемых рудников «Барабатум» и 5—6, нами были проведены аналогичные исследования. Наблюдения здесь велись с целью выяснения морфологии трещин, соотношения их отдельных групп, а также изменения характера и количественного соотношения в более глубоких и поверхностных частях структур.

В отличие от поверхности, здесь трещин с пологими углами падений во много раз больше. Углы падений колеблются в широких пределах ( $5^\circ-90^\circ$ ). Трещины простираются во всевозможных направлениях, максимумы выражены нечетко, веера разбросов большие. На руднике «Барабатум», на всех горизонтах, трещины более упорядочены и по сравнению с трещинами рудника 4—6 имеют более крутые ( $35-90^\circ$ ) углы падения. Упорядоченность трещин рудника «Барабатум» объясняется тем обстоятельством, что участок находится вдали от крупных разломов, а участок рудника 5—6 расположен в зоне Каварт-Суйского разлома, где при подвижках по этой зоне образовались трещины разных простираний и углов падений. На обоих участках хорошо выражены трещины скалывания (максимумы III, IV), а также трещины отрыва (максимумы I и II). Появление пологозалегающих трещин на диаграммах надо объяснить, в первую очередь, тем, что участки рас-



Фиг. 3. Диаграммы трещиноватости пород в подземных выработках: Рудник 5—6, 1. Гор. +960 м, 2. Гор. +862 м (0,5—1—2>°/о). „Капитальная штольня“ Гор. +746 м, Рудник „Барабагум“: 4. Гор. +820 м, 5. Гор. +780 м, 6. Гор. +740 м. 0,5—2—5>°/о.

положены ближе к сводовой части структуры, где во время ее формирования существовало большое поле напряжения, чем на участках, расположенных далеко от свода брахиантиклинория. Сравнение диаграмм трещин подземных выработок и наземного участка гор. Кафана показывает, что нет большой разницы между ними, потому что в обоих случаях трещины скалывания выражены хуже, чем поперечные и продольные трещины. Это положение, по всей вероятности, надо объяснить сложными движениями по блокам, существование которых в сводовой части структуры несомненно. Частично этим же надо объяснить также большое количество пологозалегающих трещин.

Из всего вышеописанного видно, что характер трещиноватости пород зависит от местоположения самих трещин относительно оси структуры—чем дальше от свода, тем менее отчетливо выражаются группы трещин отрыва и скалывания.

То же самое можно говорить о количественном соотношении. На своде структуры количество трещин всех групп больше, чем на крыльях.

Характерной особенностью трещиноватости пород является также зависимость от литологического состава пород. Так, брекчиевидные эпидотизированные порфириды (фиг. 4) средней юры сильно трещиноваты



Фиг. 4. Характер трещиноватости среднеюрских эпидотизированных брекчиевидных порфиритов.

(19—20 трещин на  $1 \text{ м}^2$ ), с отчетливо выраженной ориентировкой по отношению к оси брахиантиклинория. Трещины в этих породах прямолинейные по простиранию (иногда до 50 м). Отчетливо выражены зеркала скольжений. В районе месторождения они часто заполнены гидротермально измененным материалом. Трещины, обычно, падают под углами  $45\text{—}80^\circ$ . Смещения по мелким разрывам небольшие и не превышают 1—1,5 м. Амплитуда смещений по этим разрывам уменьшается по мере удаления от оси структуры. Пластичность эпидотизированных порфиритов меньше, чем пластичность остальных эффузивно-осадочных пород райо-

на исследований. Конечно, надо иметь в виду и то обстоятельство, что первые, являясь более древними образованиями, испытывали воздействие тектонических движений, происходивших как в батское время, так и в последующие фазы складчатости.

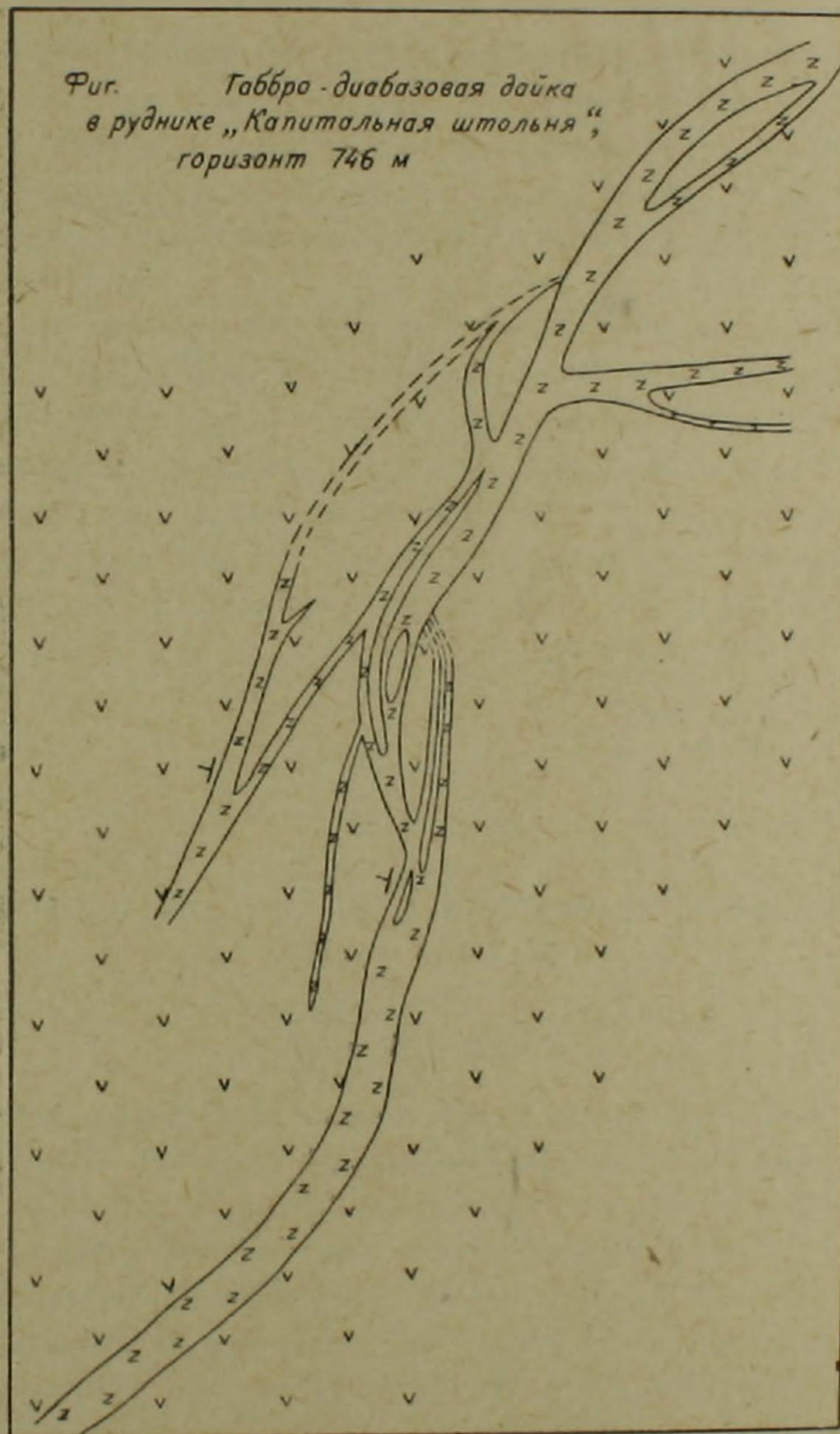
Породы оксфорд-кимериджа, представленные туфобрекчиями и туфоконгломератами порфиритов, более пластичны по сравнению с породами средней юры. Частота около 10 трещин на  $1 \text{ м}^2$ , однако они в большинстве случаев выдержаны по простиранию (иногда до 15 м).

В меловых породах трещиноватость очень незначительная (до 5, а иногда и меньше на  $1 \text{ м}^2$ ) ввиду высокой пластичности известняков и песчаных пород. В этих породах трещины появляются обычно в отдельных слоях, только в очень редких случаях большие трещины пересекают несколько слоев общей мощностью до 10 м. Отдельные маломощные прослои с меньшей пластичностью имеют хорошо выраженную трещиноватость. Частота трещин, в таких случаях, достигает иногда до 20—25 на  $1 \text{ м}^2$  (нижнемеловые песчаники у с. Давид-бек).

Наблюдается изменение морфологии трещин по простиранию. Так, если в середине они прямолинейны, то затухая становятся извилистыми, а стенки их—неровными. Очень часто наблюдается кулисообразное расположение трещин, впоследствии соединяющихся. Сочленение двух или нескольких трещин происходит посредством мелких трещинок, зародившихся при дальнейшем развитии структуры. Зафиксированы многочисленные случаи вышеописанного явления. Очень характерным примером может служить габбро-диабазовая дайка в руднике 5—6 (фиг. 5). Мощная дайка в середине дает ответвления, представляющие собой зону с мелкими трещинами, между двумя первичными основными трещинами. Ширина зоны зависит от литологического состава и скорости развития структуры. Чем пластичнее порода и меньше скорость развития структуры, тем шире эта зона, и, наоборот. Соединение двух кулисообразных трещин происходит в самом слабом месте и там, где больше величина поля напряжения. Когда эта величина превышает величину силы сцепления, между частицами породы происходит разрыв, приводящий к перераспределению полей напряжений, вследствие чего самое высокое поле напряжения перемещается на край трещины, где по той же причине происходит увеличение протяженности трещины за счет разрушения перемычек между соседними трещинами. Факты соединения трещин наблюдались на разных участках брахиантиклинория, а также на рудниках месторождения.

На территории брахиантиклинория, особенно в присводовых частях структуры, зафиксировано очень большое количество разрывов и мелких трещин со следами тектонических подвижек. Последние лучше всего наблюдаются на стенках трещин скалывания. На свежих обнажениях зеркала скольжений иногда прослеживаются на протяжении нескольких метров. Плоскости скольжений, как правило, сильно отполированы, иногда так хорошо, что невозможно определить направление движения блоков по ним. В зонах разломов наблюдаемые тектонические брекчи

представлены слабо окатанными породами полукруглой формы. Они больше всех зафиксированы в зонах больших разломов. Тектонические брекчии часто сцементированы глиной трения. Кроме общего смещения отдельных блоков по шву разлома, в самой зоне происходят движения отдельных участков, и даже маленьких частей, по-разному направлениям. Так, в руднике 5—6, в зоне Кавартсуйского разлома, на маленькой глыбе плагноклазового порфирита четко видны борозды скольжений по четырем направлениям.



Фиг. 5. Габбро-диабазовая дайка в руднике „Капитальная штольня“. Горизонт +746 м.

В разных частях брахантиклинория зафиксированы зоны повышенной трещиноватости с обилием следов тектонических движений в виде зеркал скольжений. Такие зоны иногда имеют ширину до 50 м. Можно

отметить зоны разломов в сводовой части структуры, сс. Ариваник, Агарак и др. В большинстве случаев зоны разломов сопровождаются следами гидротермальной деятельности, особенно в присводовых частях брахиантиклинория.

Из всего вышеописанного можно сделать следующие выводы:

1. Трещиноватость пород Кафанского брахиантиклинория находится в прямой зависимости от их литологического состава. Брекчиевидные эпидотизированные порфириды трещиноваты сильнее, чем туфобрекчии и туфоконгломераты порфиритов верхней юры и нормально-осадочные породы мелового возраста.

2. Более интенсивная трещиноватость брекчиевидных эпидотизированных порфиритов по сравнению с трещиноватостью туфобрекчии, туфоконгломератов порфиритов, туфопесчаников, мергелей и известняков объясняется более низкой пластичностью первых. Главным фактором в образовании трещиноватости являются физико-механические свойства пород.

3. Ориентировка трещин соответствует общему плану деформации брахиантиклинория. На отдельных участках расположение систем трещин зависит от занимаемого положения участка в структуре (крыло, присводовая часть или периклинальное погружение антиклиналей).

4. Соединение двух трещин происходит через зону с более мелкими трещинами, причем мощность зоны зависит от пластичности пород и скорости развития структуры. Чем меньше пластичность и выше скорость, тем уже эта зона и, наоборот.

Институт геологических наук  
АН Армянской ССР

Поступила 8.IV.1965.

Է. Վ. ԱՆԱՆՅԱՆ

ՂԱՓԱՆԻ ԲՐԱՆԻԱՆՏԻԿԼԻՆՈՐԻՈՒՄԻ ԱՊԱՐՆԵՐԻ ՃԵՂՔԱՎՈՐՎԱԾՈՒԹՅԱՆ  
ՄԻ ՔԱՆԻ ԳԾԵՐԸ

Ո. մ փ ո փ ո լ մ

Ղափանի բրախիանտիկլինորիումի ապարների ճեղքավորվածության մասսայական շափումների և ստացված տվյալների մշակման հիման վրա կարելի է հանդել հետևյալ եզրակացություններին.

1. Ապարների ճեղքավորվածությունը կախման մեջ է նրանց լիթոլոգիական կազմից: Ստորին բայոսի հասակի բրեկչիանման էպիդոտացված պորֆիրիտներն ունեն ավելի մեծ ճեղքավորվածություն, քան վերին յուրայի հասակի տուֆոբրեկչիաները և տուֆոկոնգլոմերատները, ինչպես նաև կավճի նորմալ նստվածքային ապարները:

2. Բրեկչիանման էպիդոտացված պորֆիրիտների ավելի ինտենսիվ ճեղքավորվածությունը մյուս ապարների համեմատությամբ բացատրվում է առաջինների համեմատաբար փոքր պլաստիկությամբ: Ապարների ճեղքավորվածությունը հիմնականում պայմանավորված է նրանց ֆիզիկո-մեխանիկական առանձնահատկություններով:

3. Ապարների ճեղքերի դասավորությունը համընկնում է բրախիանտիկլինորիումի դեֆորմացիայի ընդհանուր պլանին: Առանձին տեղամասերի ապարների ճեղքավորվածության կողմնորոշումը կախված է գլխավոր ստրուկտուրան բարդեցնող մանր ստրուկտուրաների նկատմամբ նրանց ունեցած դիրքից:

4. Առանձին ճեղքերի միանալը ստրուկտուրաների հետագա զարգացման ընթացքում կատարվում է ավելի մանր ճեղքերի զոնայի միջոցով, որի հզորությունը կախված է ապարների պլաստիկությունից և ստրուկտուրայի զարգացման արագությունից: Որքան փոքր է ապարների պլաստիկությունը և մեծ է ստրուկտուրայի զարգացման արագությունը, այնքան փոքր է վերոհիշյալ զոնան և ընդհակառակը:

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Акопян В. Т. Стратиграфия юрских и меловых отложений юго-восточного Зангезура. Ереван, 1962.
2. Габриелян А. А. Основные вопросы тектоники Армении. Ереван, 1959.
3. Складчатые деформации земной коры, их типы и механизм образования. Сб. статей под ред. Белоусова В. В. Изд. АН СССР, М., 1962.

ПЕТРОГРАФИЯ

Э. Х. ГУЛЯН

НЕКОТОРЫЕ ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ  
МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД СЕВЕРНОГО СКЛОНА БАРГУШАТ-  
СКОГО ХРЕБТА

Эффузивные, интрузивные и дайковые породы северного склона Баргушатского хребта изучались большим коллективом геологов, среди которых следует отметить работы А. Н. Соловкина [10], В. Н. Котляра [5], И. Г. Магакьяна [6], С. С. Мкртчяна [7], Г. О. Пиджяна [9], М. П. Исаенко, Ж. М. Григоряна, Т. Ш. Татевосяна [11, 12], К. А. Карамяна [4], Т. А. Аревшатыан, А. Е. Кочаряна, С. Н. Даниеляна, С. Г. Машуряна, Г. А. Туняна, Г. Б. Межлумяна и многих других. Автор данной статьи при изучении рудоносности рассматриваемого района занимался также детальным исследованием магматических пород. В настоящей работе приводятся результаты исследований, касающиеся петрохимических особенностей магматических пород.

Эффузивные породы

На северных склонах Баргушатского и Сюникского (Зангезурского) хребтов широко развиты эффузивы верхнего девона, верхнего мела, эоцена, олигоцена и миоплиоцена. Все они, за исключением пород миоплиоценового возраста, обычно подвергнуты метаморфизму, причем вблизи интрузивных пород метаморфизм выражен значительно сильнее, часто с полным изменением первичного минерального и химического составов, в связи с чем установить их первоначальные петрохимические особенности очень трудно.

Эффузивы вулканогенно-осадочного комплекса верхнего девона представлены различными порфиритами, характеризующими типичный геосинклинальный этап развития. В этих порфиритах содержание главных породообразующих окислов колеблется в широких пределах как по простиранию, так и по падению толщ. Наиболее распространены натриевые и реже натриево-калиевые серии. Последние залегают в большинстве случаев в верхней части вулканогенно-осадочного комплекса верхнего девона и являются продуктами завершающего этапа верхнедевонского подводного вулканизма. Химический состав этих эффузивов отличается повышенным содержанием окислов кальция (до 16,0%) и магния (до 8,0%) и низким содержанием глинозема. Окись железа, как правило, преобладает над закисью.

На восточном фланге площади распространения верхнедевонского

вулканогенно-осадочного комплекса (Сваранцское рудное поле) эффузивы характеризуются относительно низким содержанием кремнезема и щелочей и повышенным содержанием окислов кальция и магния. По данным спектральных анализов, в этих эффузивах и искусственных шлихах из них наблюдается несколько повышенное содержание меди, свинца, цинка, никеля, кобальта, ванадия, галлия, бериллия, реже молибдена, таллия, индия и германия. Последние четыре элемента встречаются в магнитной фракции искусственных шлихов.

Восточная часть описываемого района (Сваранцское рудное поле) входящая в состав Кафанской тектонической зоны, представлена мощной толщей вулканогенно-осадочных образований мелового возраста. Изучение литолого-петрографического состава этих отложений показывает, что в период верхнего мела эта часть района представляла крупную геосинклиналь, в результате интенсивного прогибания которой происходила бурная вулканическая деятельность, приведшая к образованию мощных свит эффузивов. Последние представлены различными порфиритами, их туфами и туфобрекчиями. Среди порфиритов преобладают плагиоклазовые разновидности.

Химическое изучение эффузивов верхнемелового возраста показывает, что они имеют почти постоянное содержание кремнезема, глинозема и по содержанию щелочей их можно отнести к калиево-натриевому ряду. В отличие от порфиритов остальных возрастов они характеризуются низким содержанием кремнезема и повышенным содержанием трехокси железа, окислов кальция и марганца. Резкое преобладание трехокси железа над закисью является одной из характерных петрохимических черт этих порфиритов (табл. 1).

По данным химических и спектральных анализов в этих порфиритах наблюдается некоторое повышенное содержание, по сравнению с кларками, меди (0,13%), свинца (0,08%), цинка (0,10%), и постоянное присутствие олова (0,001—0,005%), стронция (0,01—0,03%), серебра (0,0001%), молибдена (0,001%), хрома, никеля, кобальта (0,003—0,01%), ванадия (0,01—0,03%), галлия (0,001—0,003%), бария (0,01—0,003%), циркония (0,01—0,03%) и скандия (0,003%).

К этой вулканогенно-осадочной толще приурочены эффузивно-осадочные марганцевые руды браунит-родонитовой формации.

История развития третичного эффузивного магматизма описываемого района очень сложна. Породы начального этапа палеогенового вулканизма представлены плагиоклаз-пироксеновыми, плагиоклаз-пироксен-роговообманковыми порфиритами натриево-калийной серии, которые характеризуют палеогеновый геосинклинальный этап развития. Порфириты этого этапа отличаются низким содержанием щелочей, окислов кальция, магния и двуокси титана. Повышенное содержание кремнезема в них, по сравнению со средними типами по Дэли, обусловлено, по-видимому, последующими гидротермальными процессами. Окись натрия в этих породах обычно преобладает над окисью калия. Исключение составляют Известия, XIX, № 3—3

Таблица 1

Средний химический состав главных эффузивных комплексов\*

Окислы	В о з р а с т э ф ф у з и в о в								миоценовые по 4 провам	
	девонские по 11 провам	верхнемеловые по 4 провам	Э о ц е н о в ы й					средний эоцен по 1 пробе		верхний эоцен по 4 провам
			среднее по 27 провам	Нижний эоцен						
				Дастакерт. разрез по 11 провам	Лернашен. разрез по 4 провам	Аравусск. разрез по 12 провам				
SiO <sub>2</sub>	54,90	51,41	60,36	59,28	59,83	62,19	61,40	54,28	63,00	
TiO <sub>2</sub>	0,97	0,41	0,45	0,66	0,27	0,43	0,50	0,95	0,60	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,43	16,45	17,60	17,27	19,93	15,64	14,63	17,57	18,93	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,62	8,25	4,86	3,67	4,56	6,35	2,77	5,85	1,80	
FeO	3,85	1,33	2,44	3,38	2,96	0,99	2,77	3,53	1,70	
MnO	0,09	0,71	0,14	0,16	0,14	0,11	сл.	0,21	0,17	
CaO	8,18	7,55	2,42	3,16	3,29	0,37	4,20	5,98	3,94	
MgO	4,40	2,63	2,03	2,29	2,92	0,90	1,98	2,74	1,34	
Na <sub>2</sub> O	3,40	2,07	2,57	3,15	3,00	1,56	4,00	2,82	2,83	
K <sub>2</sub> O	1,88	2,15	2,30	2,74	1,95	2,23	1,65	0,67	4,17	
H <sub>2</sub> O	0,26	0,47	0,18	0,09	—	0,28	0,31	0,35	0,16	
ппп	3,80	5,20	5,19	3,14	—	7,25	2,37	4,76	1,22	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	0,18	0,25	0,27	0,29	0,20	0,18	сл.	0,13	
Сумма	100,78	98,81	100,79	99,26	99,14	98,50	96,76	99,71	99,99	

\* При выводе средних содержаний, в этой и в последующих таблицах, использованы также данные И. Г. Магакьяна, Г. О. Пиджяна, М. П. Исаенко, Т. Ш. Татевосяна, Т. А. Аревшатын, К. А. Карамяна.

порфириты Аравусского рудного поля, где наблюдается обратная картина, т. е. окись калия преобладает над окисью натрия.

В породах и в магнитных и электромагнитных фракциях искусственных шлихов, по данным спектральных анализов, постоянно присутствуют молибден, медь, свинец, цинк, мышьяк, никель, кобальт, галлий, ванадий, бериллий, реже серебро, кадмий, висмут, бор и другие элементы, характерные для руд средне-низкотемпературных месторождений района.

Как видно из данных табл. 1, в породах более позднего этапа палеогенового вулканизма, условно относимых нами к верхнему эоцену, наблюдается некоторое уменьшение содержания кремнезема, окиси калия и повышение содержания окислов железа, кальция, магния и двуокиси титана.

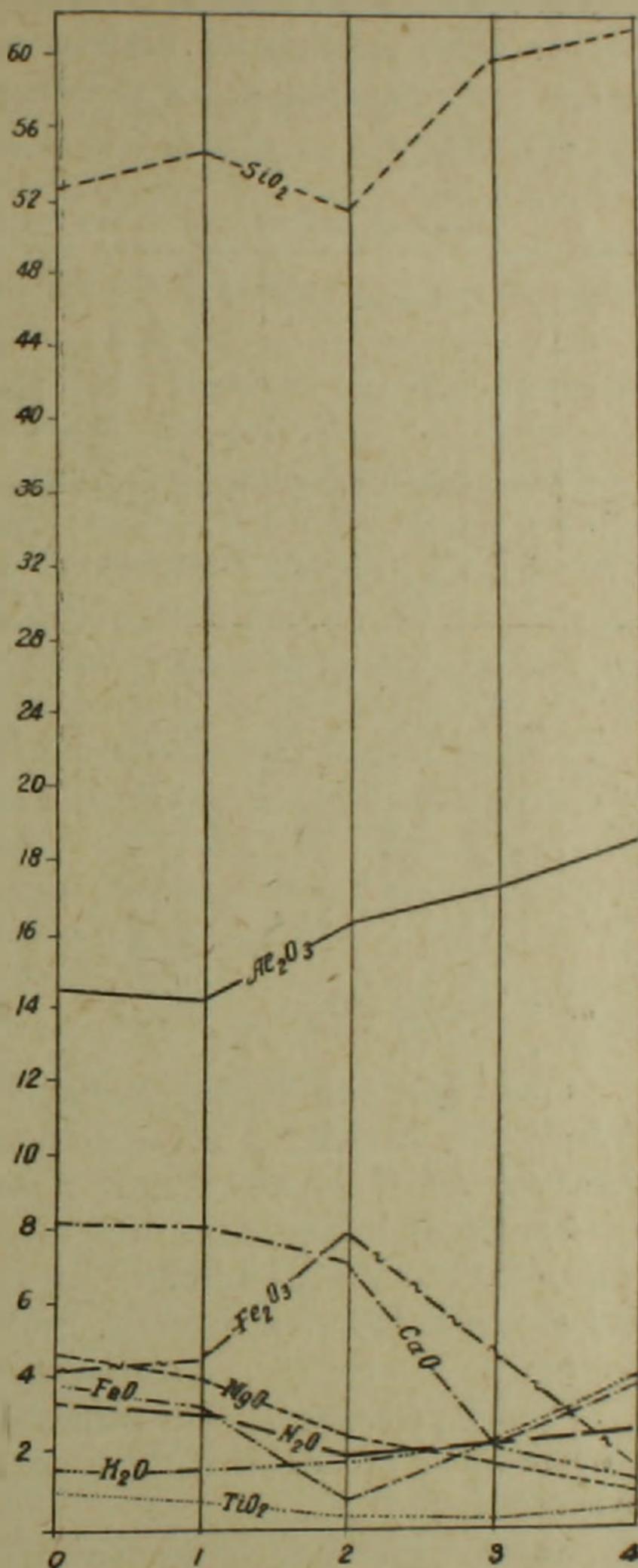
Эффузивы олигоцена, и в особенности миоценовая, представлены андезит-дацит-липарит-трахитовой формацией, образовавшейся в условиях частичной консолидации. Как минералогически, так и петрохимически эти образования резко отличаются от предыдущих эффузивов. В них наблюдается повышенное содержание кремнезема, окиси калия и, частично, глинозема. Последний связан, по-видимому, с некоторым увеличением в породе биотита. Содержание остальных породообразующих окислов заметно уменьшается. В породах и искусственных шлихах из них спектральными анализами установлено наличие меди, молибдена, свинца, цинка, галлия, бериллия, ванадия и несколько повышенные содержания стронция (до 0,5%) и олова (до 0,1%).

Таким образом, характерными элементами миоплиоценовых эффузивов являются стронций и олово.

Следует отметить, что вулканогенно-осадочный комплекс верхнего девона, который сложен в основном порфиритами натриево-калевой серии, является благоприятной геохимической средой для локализации высоко-, средне-, низкотемпературных контактово-метасоматических и гидротермальных руд магнетит-скарповой, медно-молибденовой (с примесью вольфрама), полиметаллической (с примесью серебра, висмута, кадмия) формаций и формации сульфидоносных вторичных кварцитов.

Около 80% известных средне-, низкотемпературных месторождений и рудопроявлений размещены в натриево-кальевых порфиритах нижнего эоцена, а в кальево-натриевых фациях палеогенового вулканизма размещены главным образом низкотемпературные руды медно-мышьяково-полиметаллической, кварц-золото-полиметаллической и реальгар-аурипигментовой формаций (Аравусское рудное поле).

В заключение следует отметить, что главной петрохимической особенностью эффузивных образований северного склона Баргушатского и Сюникского хребтов является возрастание содержания кремнезема, глинозема, щелочей и убывание окислов железа, кальция, магния, двуокиси титана при переходе от ранних пород к поздним (фиг. 1).



Фиг. 1. Диаграмма химизма эффузивов. 1. Порфириты девона. 2. Порфириты мела. 3. Порфириты измененные эоцена. 4. Андезито-дациты миоплиоцена.

### Интрузивные породы

На северном склоне Баргушатского хребта и, частично, на северо-восточном склоне Сюникского хребта, как известно, широко развиты раз-

личные по составу и возрасту интрузивные породы, являющиеся продуктами палеогенового (эоцен-нижний олигоцен) полифазного интрузивного магматизма.

Анализ средних химических составов главных типов интрузивных пород, приведенных в табл. 2, показывает, что в пределах описываемого района четко выделяются габбровые и гранитоидные формации пород, представленные продуктами разных стадий палеогенового интрузивного магматизма.

Таблица 2

Средний химический состав главных типов интрузивных пород

Окислы	I фаза			II фаза			III фаза	IV фаза
	габбро-пироксениты по 2 пробам	габбро по 7 пробам	монциты по 2 пробам	Гранитоиды			Ахлятынк. граносиениты по 2 пробам	Порфир. граниты по 7 пробам
				Лернашенские по 11 пробам	Дастакертские по 22 пробам	Турмалиновые граниты Аравуса по 4 пр.		
SiO <sub>2</sub>	41,05	45,84	53,27	63,71	62,70	62,38	63,59	65,39
TiO <sub>2</sub>	0,70	0,82	0,71	0,54	0,53	0,53	0,48	0,33
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,98	20,43	16,93	15,04	17,54	18,25	18,90	16,85
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,39	7,39	6,26	3,56	2,82	2,60	1,85	2,14
FeO	6,21	5,51	4,91	1,86	2,44	2,70	1,87	1,67
MnO	0,28	0,09	0,16	0,05	0,10	0,04	0,10	0,09
CaO	10,12	9,20	9,15	4,74	4,42	1,96	3,72	3,56
MgO	5,32	4,06	3,88	1,73	1,61	1,40	1,24	2,13
Na <sub>2</sub> O	0,89	2,98	3,18	3,65	3,19	1,86	4,03	2,75
K <sub>2</sub> O	0,82	1,27	1,21	2,70	2,68	4,03	3,81	3,75
ппп	0,25	1,03	—	0,96	1,00	1,30	0,46	0,97
Сумма	96,01	98,60	99,66	98,54	99,03	97,05	100,05	99,63

Среди пород габбровой формации, по минеральному составу и по содержанию главных породообразующих окислов, наблюдается много разновидностей, связанных друг с другом постепенными переходами.

В породах первой фазы интрузивного магматизма выделяются пироксениты, габброиды (габбро, оливниновое габбро, кварцевое габбро, биотитовое габбро, шонкиниты, габбро-диориты и др.) и монциты (кварцевые монциты, габбро-монциты, кварцевые диориты и др.).

По содержанию щелочей выделяются натриево-калиевые габброиды и монциты и калиево-натриевые габбро-монциты (Дастакертское рудное поле).

Характерным для химического состава пород габбровой формации является повышенное содержание двуокиси титана, окислов железа, кальция и магния. Содержание двуокиси титана колеблется от 0,33 до 1,30%, составляя в среднем 0,82%. Среднее содержание окиси магния составляет 4,0%, при колебании от 2,21 до 9,15%. Содержание окиси кальция в габбровых породах довольно постоянное и составляет в среднем 9,2%.

В габбровых породах щелочная природа выражена довольно постоянным преобладанием окиси натрия над окисью калия. Исключение составляют габбро-монциты Дастакертского рудного поля, где наблюдается обратная картина. Содержание окислов железа в этих породах повышенное и суммарно составляет в среднем 12,9%, причем окись железа обычно преобладает над закисью.

Спектральными анализами в этих породах и в искусственных шлихах из них установлено наличие хрома, никеля, кобальта, ванадия, свинца, цинка, меди, германия, галлия, редких земель, серебра, реже платины и золота. Характерными элементами для пород этой формации являются железо, магний, титан, ванадий, никель, кобальт, редкие земли и платина.

С ультраосновными фациями — пироксенитами, пространственно связаны руды медной формации (Аравусское рудное поле), с натриево-калиевой фацией габбровых пород — железорудные (магнетит-оливиновые, реже медные и полиметаллические формации) — Сваранцское и Дарабазское рудные поля; с калиево-натриевой фацией — руды медно-молибденовой формации (Дастакертское рудное поле).

Гранитоидная формация объединяет породы трех фаз внедрения интрузивного магматизма. Количественное соотношение главных породообразующих минералов и важнейших породообразующих окислов колеблется в широких пределах. Среди пород этой формации встречаются кварцевые монциты, кварцевые диориты, тоналиты, сиенито-диориты, гранодиориты, граносиениты и граниты. По текстурным особенностям в них выделяются среднезернистые и порфиоровидные гранитоиды.

Средние химические составы главных типов пород этой формации показывают значительное сходство по содержанию важнейших окислов, за исключением щелочей. По содержанию последних наблюдается отчетливое подразделение гранитоидов на натриево-калиевый и калиево-натриевый типы. Наиболее широко распространен натриево-калиевый ряд. Обычно в этих породах натрий преобладает над калием, но изредка встречаются разности с близким их содержанием или преобладанием калия. Главная масса Лернашенского, Дастакертского и Ахлатянского интрузивов относится к этому ряду.

К калиево-натриевому ряду относятся турмалиновые граниты Аравусского рудного поля и порфиоровидные гранитоиды Дастакертского и Лернашенского рудных полей. Порфиоровидные гранитоиды являются наиболее молодыми интрузивными образованиями описываемого района. Возрастное положение турмалиновых гранитоидов неясно. По региональным геологическим соображениям мы условно относим их ко второй фазе интрузивного магматизма. Из данных табл. 2 видно, что они по петрохимическим особенностям очень сходны с порфиоровидными гранитами. Следовательно, не исключается, что они могут быть одновозрастными.

При широких пределах колебания, среднее содержание кремнезема в главных типах пород гранитоидной формации остается довольно по-

стоянным и составляет 62,38—65,71%. По сравнению с породами габбровой формации в гранитоидах заметно уменьшается среднее содержание двуокиси титана, окислов железа, кальция и магния.

С натриево-кальевой фацией гранитоидов парагенетически, вернее пространственно, связаны магнетит-скарновые, скарново-сульфидные (медно-молибденовые, полиметаллические), медные, медно-молибденовые, медно-полиметаллические рудные формации и формации андалузитоносных и сульфидоносных вторичных кварцитов (Лернашенское, Да-стакертское и Сваранцское рудные поля).

С кальево-натриевыми турмалиновыми гранитоидами обычно пространственно связаны рудопроявления медно-мышьяково-полиметаллические, кварц-золото-полиметаллические, полиметаллические рудные формации, а также боросиликаты (Аравусское рудное поле).

В породах гранитоидной формации и искусственных шлихах из них, по данным многочисленных спектральных анализов, постоянно присутствуют медь, молибден, свинец, цинк, серебро, бериллий, галлий, ванадий, реже хром, никель, кобальт, германий, олово, мышьяк, иттрий, иттербий, церий, лантан и золото.

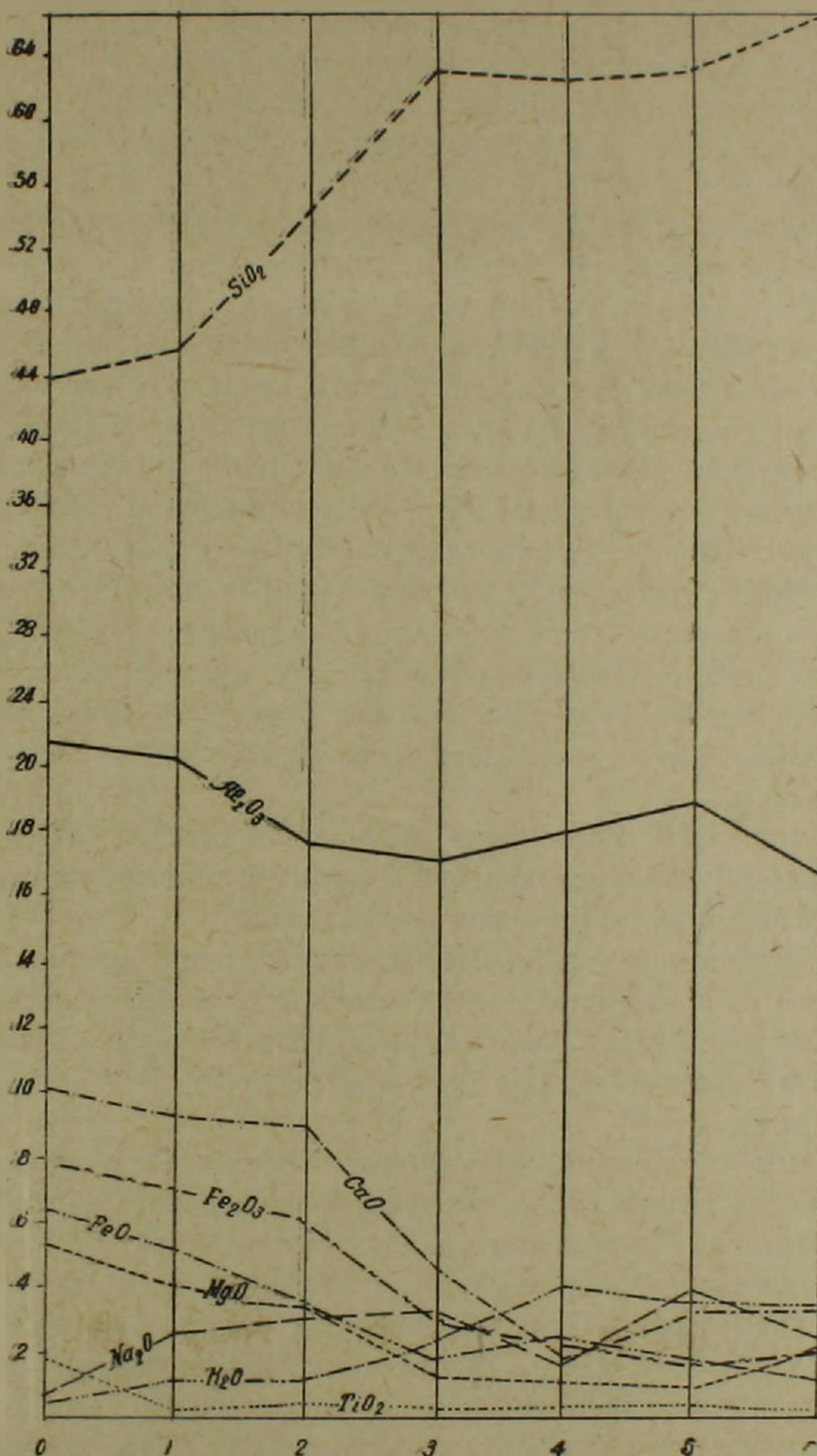
В породах поздних фаз гранитоидной формации содержание молибдена, меди, свинца, цинка, частично мышьяка увеличивается.

Любопытно отметить, что при сопоставлении химических анализов пород интрузивных комплексов и вмещающих их эффузивных образований наблюдаются определенные зависимости. Так, например, породы габбровой формации, размещенные в породах порфиритовой серии, характеризуются низким содержанием кремнезема и повышенным содержанием окислов железа, кальция и магния. Эффузивы Аравусского рудного поля, относимые к эоцену, характеризуются повышенным содержанием кремнезема, окиси калия и весьма низким содержанием окислов кальция и магния. Аналогичные петрохимические особенности имеют турмалиновые граниты гранитоидной формации.

По содержанию окислов кальция и магния как остальные гранодиориты, так и вмещающие эффузивы, занимают среднее положение в соответствующих комплексах. Эти петрохимические особенности, вместе с вышеотмеченными минералогическими и другими признаками, свидетельствуют о большом значении процессов ассимиляции боковых пород при образовании отдельных интрузивных комплексов с одной стороны, и о влиянии последних, при метаморфизации боковых пород,— с другой.

При сопоставлении средних химических анализов главных типов разновозрастных интрузивных комплексов наблюдается закономерное увеличение содержания кремнезема, щелочей и убывание окислов железа, кальция, магния и глинозема, при переходе от ранних пород к поздним (фиг. 2). Это и другие отмеченные геохимические признаки говорят об образовании интрузивных пород описываемого района из одного магматического очага и формирования их в различных геолого-структурных, а

следовательно, и в различных термо-динамических и геохимических условиях.



Фиг. 2. Диаграмма химизма главных типов интрузивных пород. 1. Габброиды. 2. Монцитониты. 3. Гранитоиды. 4. Турмалиновые граниты. 5. Граносиениты. 6. Порфирировидные граниты.

### Дайковые образования

На северных склонах Баргушатского и Сюникского хребтов широко развиты различные по возрасту, петрографическому и химическому составам дайковые образования.

Детальное геологическое, петрографическое и химическое изучение этих образований позволяет выделить три главных этапа дайкообразования, не считая даек, связанных непосредственно с вулканогенно-осадочными образованиями верхнего девона, верхнего мела и отдельными фазами или фациями палеогеновых интрузивных пород. С последними обычно связаны аплиты, аплито-пегматиты и реже другие жильные образования.

Дайки первого этапа представлены андезитовыми порфиритами. Изучение взаимоотношений этих даек с габбровыми и гранитоидными породами показывает, что они внедрялись после затвердевания полевошпатовых габброидов и магнетитовых оливинитов до образования габбро-монзонитов и гранитоидов. Они развиты исключительно в пределах площадей габброидов Сваранцского рудного поля, т. е. интрузивных пород первой фазы интрузивного магматизма и четко секут магнетитовые оливиниты, чем и устанавливается их послезелезорудный возраст.

Дайки андезитовых порфиритов отличаются от даек последующих этапов текстурно-структурными особенностями, а также минеральным и химическим составами. Эти дайковые образования характеризуются сравнительно низким содержанием кремнезема, окислов калия и повышенным содержанием глинозема, окислов железа, кальция, магния. В них, как правило, резко преобладает окись железа над закисью и натрий—над калием.

Второй этап дайкообразования начинается после затвердевания всех интрузивных пород, являющихся конечными магматическими продуктами палеогенового интрузивного магматизма.

После затвердевания габброидов и гранитоидов, и связанных с ними во времени и пространстве даек, в результате дифференцированных тектонических движений начался послепостинтрузивный этап дайкообразования. Главная масса известных даек описываемого района образовалась в этом этапе.

Детальным изучением взаимоотношений этих даек установлено, что они образовались, примерно, в следующей последовательности: грано-порфиры-диоритовые порфириты—диабазовые порфириты.

Многочисленными наблюдениями установлено, что вышеотмеченные послепостинтрузивные дайки являются дорудными магматическими образованиями, что подтверждается следующими фактическими данными: 1) рудные тела пересекают дайковые образования; 2) нередко рудные тела контролируются дайковыми образованиями (Аравусское, Лернашенское, Дастакертское рудные поля); 3) в отдельных случаях ясно наблюдается экранирующая роль диабазовых порфиритов; 4) дайки местами гидротермально изменены и обычно пиритизированы, а местами содержат оруденения молибдена, меди, свинца и цинка; 5) к дайковым поясам приурочено большинство известных гидротермальных месторождений и рудопроявлений медно-молибденовых и медно-мышьяково-полиметаллических руд.

Дайки, как правило, размещены в экзоконтактовой (до 0,5—1 км),

реже эндоконтактовой полосе выходов гранитоидов. Изредка мощные дайки грано-порфирового состава значительно (1,5—3,0 км) удалены от выходов гранитоидных интрузивов.

Детальным изучением установлено, что химический и минеральный составы послейнтрузивных дайковых образований колеблются в широких пределах. Характерной петрохимической особенностью их является прогрессивное уменьшение содержания кремнезема и увеличение содержания окислов титана, железа, кальция и магния от ранних к поздним образованиям.

Дайковые образования Дастакертского рудного поля отличаются от аналогичных даек других рудных полей сравнительно повышенным содержанием двуокси титана (до 2,48%), окиси кальция (до 6,50%) и окиси магния (5,67%).

Наблюдаемые, сравнительно повышенные содержания меди (до 0,5%), молибдена (до 0,01—0,02%), свинца и цинка (до 1%), серы (до 9%), и часто встречающиеся мышьяк, никель, кобальт, галлий также являются характерной геохимической особенностью послейнтрузивных дайковых образований.

Необходимо отметить, что диорит-порфиритовые дайки часто бывают подвергнуты калиевому метасоматозу, а диабазовые порфириты — натриевому, с образованием альбитов.

Наряду с общим минералогическим и геохимическим сходством дайковых образований с интрузивными породами, они резко отличаются структурно-текстурными особенностями, частотой встречаемости халькофильных элементов, а также обратным ходом эволюций химического состава магмы, из которого образовались дайки. Как правило, в начале образовались кислые, умеренно-кислые послейнтрузивные дайки гранодиоритового и гранит-порфирового составов, т. е. дайки первого этапа, а затем диоритовые и диабазовые порфириты, т. е. дайки второго этапа, по В. С. Коптеву-Дворникову.

Многочисленными полевыми наблюдениями установлено, что после внедрения и застывания послейнтрузивных даек происходит интенсивное рудоотложение.

Отмеченная связь дайковых образований с рудоотложением в пространстве и во времени имеет важное поисковое и оценочное значения. Обычно, к этим дайковым полям приурочены гидротермальные месторождения и рудопроявления медно-молибденовых, медно-мышьяково-полиметаллических формаций руд.

Третий этап дайкообразования связан с олигоцен-миоценовой эффузивно-экструзивной деятельностью и представлен (не считая неки) мощными и выдержанными по простиранию дайками кварц-порфирового, андезито-дацитового, липарито-дацитового составов. Они являются самыми молодыми послерудными магматическими образованиями. Последовательность дайковых образований точно не установлена.

Кварцевые порфиры образуют довольно большое дайковое поле:

Таблица 3

Средние химические составы главных типов дайковых образований в %

Окислы	I этап		II этап		III этап			
	андезитовые порфиры по 2 пробам	гранопорфиры по 3 пробам	Диоритовые порфиры		диабазовые порфиры по 14 пробам	кварцевые порфиры по 4 пробам	андезито-дациты по 3 пробам	липарито-дациты по 2 пробам
			Дастакертское поле по 9 пробам	Аравусское поле по 9 пробам				
SiO <sub>2</sub>	55,86	67,80	55,85	60,23	55,03	68,91	65,82	67,16
TiO <sub>2</sub>	0,67	0,35	1,14	0,27	1,22	0,21	0,49	0,38
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,18	16,81	17,61	16,99	17,45	14,56	17,94	19,50
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,41	1,0	2,12	4,94	2,47	2,33	2,26	2,25
FeO	2,26	1,96	3,40	1,24	4,43	1,00	0,88	0,90
MnO	сл.	0,2	0,32	0,22	0,2	0,15	—	—
CaO	6,54	2,56	4,24	1,56	4,15	1,98	2,84	1,75
MgO	3,98	2,00	2,49	1,29	3,32	1,31	0,71	5,00
Na <sub>2</sub> O	3,73	0,86	3,30	1,42	3,15	3,29	3,79	1,20
K <sub>2</sub> O	1,16	5,72	4,11	3,95	3,85	4,09	2,81	—
H <sub>2</sub> O	1,26	—	2,31	0,20	1,11	0,06	—	—
лпп	0,90	—	3,97	5,59	3,08	1,09	2,30	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,55	—	0,36	0,29	0,49	0,29	0,04	—
S	0,45	—	—	3,26	0,95	0,85	—	—
Сумма	100,95	99,27	101,22	101,45	100,90	100,12	99,99	98,14

Они характеризуются повышенным содержанием кремнезема (до 75,10%), щелочей и низким содержанием остальных петрогенных элементов. В отличие от остальных даек данного этапа, в них часто встречаются хорошо ограненные крупные кристаллы пирита.

По минералогическим, химическим и текстурно-структурным особенностям, дайки андезито-дацитового, липарито-дацитового составов очень сходны с миоплиоценовыми эффузивами. На западном фланге Дастакертского рудного поля наблюдается, что эти дайки непосредственно связаны с андезито-дацитовыми эффузивами.

Спектральными анализами искусственных шлихов, отобранных из этих дайковых образований, установлено наличие меди, молибдена, свинца, цинка, олова, серебра, примеси бериллия, германия, никеля, бария, галлия, циркония, гафния, иттербия, хрома, ванадия и других элементов.

Частота встречаемости вышеуказанных элементов, характерных для палеогеновых интрузивных пород и связанных с ними дайковых образований и руд, в послерудных дайках, генетически и пространственно связанных с миоплиоценовыми эффузивами, свидетельствует о возможности образования палеогеновых интрузивов и олигоцен-миоплиоценовых эффузивов из единого магматического очага.

Է. Խ. ՂՈՒԼՅԱՆ

ՔԱՐԳՈՒՇԱՏԻ ԼԵՌՆԱՇՂԹԱՅԻ ՀՅՈՒՍԻՍԱՅԻՆ ԼԱՆՁԻ ՄԱԳՄԱՏԻԿ ԱՊԱՐՆԵՐԻ ԳԵՈՔԻՄԻԱԿԱՆ ՄԻ ՔԱՆԻ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Նկարագրվող շրջանում տարածված են վերին դեոնի, վերին կավճի, էոցենի, օլիգոցենի և միոպլիոցենի հրաբխածին ապարների հաստվածքները, որոնք տարբերվում են ինչպես առաջացման պայմաններով, այնպես էլ գեոքիմիական առանձնահատկություններով: Նրանց քիմիական կազմի համեմատական ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ հնագույններից դեպի երիտասարդ առաջացումները բարձրանում է սիլիկահողի, կավահողի, ալկալիների պարունակությունը և նվազում է երկաթի, կալցումի, մագնեզիումի և լիում-նատրիումային տարատեսակների:

Ինտրուզիվ ապարները, որոնք Բարգուշատի լեռնաշղթայի հյուսիսային լանջում ունեն մեծ տարածում, իրենց միներալային և քիմիական կազմով բաժանվում են դաբրոիդային և գրանիտոիդային խմբերի: Վերջիններս ըստ ալկալիների պարունակության բաժանվում են նատրիում-կալիումային և կալիում-նատրիումային տարատեսակների:

Գաբրոիդային ինտրուզիաների ապարների հետ տարածականորեն և գենետիկորեն կապված են մագնետիտ-օլիվինիտային տիպի հանքայնացումներ:

Նատրիում-կալիումային գրանիտոիդային ինտրուզիաների հետ տարածականորեն կապված են մագնետիտ-սկանդիումային, պղինձ-մոլիբդենային, պղինձ-բազմամետաղային և այլ տիպի հանքայնացումներ: Կալիում-նատրիումային տիպի տուրմալինային գրանիտներն ուղեկցվում են միջին-ցածր ջերմաստիճանային պղինձ-մկնդեղ-բազմամետաղային և ռեալգար-աուրիպիգմենտային տիպի հանքայնացումներով:

Ուսումնասիրվող շրջանում մեծ տարածում ունեցող դայկային ապարներն ըստ հասակի, միներալային և քիմիական կազմի առանձնահատկությունների բաժանվում են երեք խմբի, շահված հրաբխածին և առանձին ինտրուզիվ ֆազերի հետ անմիջականորեն կապված դայկային առաջացումները:

Առաջին խմբին են պատկանում անդեզիտա-բազալտային դայկաները, որոնք առաջացել են մինչ գրանիտոիդային ինտրուզիաների ներդրումը: Երկրորդ խմբին են պատկանում գրանոդիորիտ-պորֆիրները, գրանիտ-պորֆիրները, դիորիտային-պորֆիրիտների, դիաբազային պորֆիրիտների գայկաները և անդեզիտա-դացիտային դայկաները գենետիկորեն կապված են միոպլիոցենի հրաբխային գործունեության հետ:

Շրջանի տարբեր տեսակի հրաբխածին, ինտրուզիվ և դայկային ասյարների ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ նրանք հավանաբար առաջացել են միևնույն մագմատիկ օջախից, բայց տարբեր երկրաբանական և գեոքիմիական պայմաններում:

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Азизбеков Ш. Р. Петрохимические особенности дайковых образований адамелитового интрузива Мегри-Ордубадского батолита. Изв. АН Аз. ССР, серия геолого-географических наук и нефти, № 3, 1963.
2. Баласанян С. И. Средние составы магматических пород Армении. «Геохимия», № 3, 1959.
3. Грушевой В. Г. Интрузивные породы юго-восточной части Арм. ССР и восточной части Нахичеванской АССР. Сб. «Интрузивы Закавказья», вып. III, 1944.
4. Карамян К. А. Структура и условия образования Дастакертского медно-молибденового месторождения. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1962.
5. Котляр В. Н. Интрузивы Даралагяза и Сисиана. Сов. геология, № 7, 1940.
6. Магакьян И. Г., Ароян-Яшвили В. Х. Новые данные по геологии и рудоносности Баргушатского хребта. Изд. АН Арм. ССР, № 10, 1946.
7. Мкртчян С. С. Зангезурская рудоносная область Армянской ССР. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1958.
8. Мовсесян С. А. Интрузивы Центральной части Конгуро-Алангезского хребта и связанные с ним полезные ископаемые. Изв. Арм. фил. АН СССР, № 2, 1942.
9. Пиджян Г. О. Некоторые геохимические особенности пород Дастакертского медно-молибденового месторождения. Зап. Арм. отд. Всесоюзного минералогического общества. Вып. 1, 1958.
10. Соловкин А. Н. Геологический очерк южной части бассейна р. Базар-чай. Труды Аз. ФАН, т. XXVI, Баку, 1936.
11. Татевосян Т. Ш. К петрографии третичных эффузивных образований северного склона Баргушатского хребта в Арм. ССР. Изв. АН Арм. ССР, физ.-мат. тех. наук, т. VIII, № 6, 1955.
12. Татевосян Т. Ш. К петрографии основных и ультраосновных пород г. Арамазд. Изв. АН Арм. ССР, т. XIII, № 3—4, 1960.

ГИДРОГЕОЛОГИЯ

Ю. В. САЯДЯН

СЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ ВОДЫ В ОЗЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ  
ЛЕНИНАКАНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Ленинаканская котловина представляет собой межгорный прогиб, выполненный озерными и озерно-речными отложениями антропогенного времени, мощность которых достигает 400 м. Эти осадки представлены тремя литологическими комплексами пород, обязанными своим происхождением сложной истории развития древнего озерного бассейна.

По естественным обнажениям и по данным буровых скважин, пробуренных Геологическим Управлением Армянской ССР, нами составлен схематический геологический профиль, который позволяет уточнить геологическое строение и происхождение вод озерных отложений Ленинаканской котловины (фиг. 1).

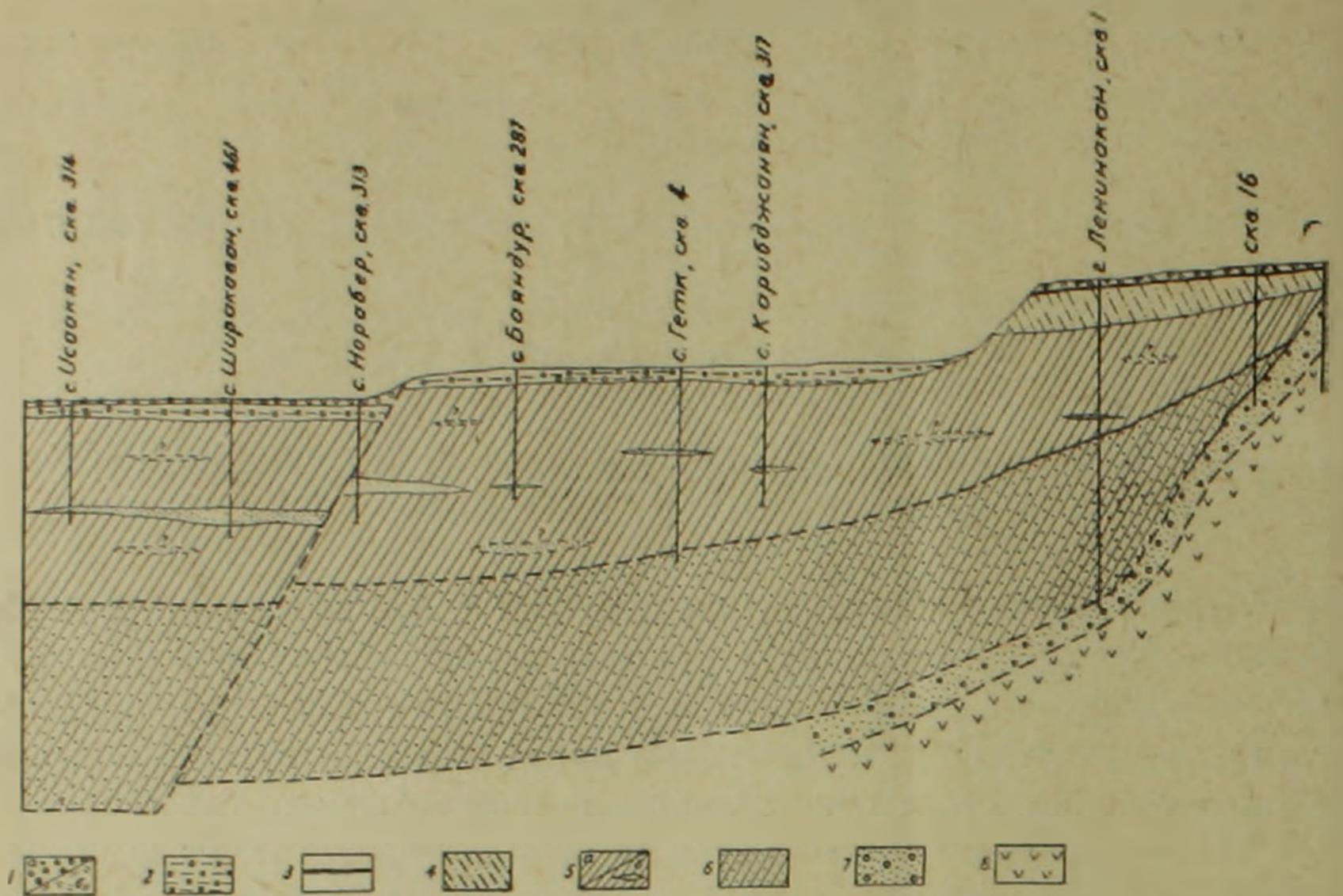
Как видно из профиля, снизу вверх, отчетливо выделяются три комплекса пород—нижний, средний и верхний.

Нижний комплекс имеет озерно-речное происхождение и представлен переслаивающимися галечниками, гравием, песками, рыхлыми песчаниками, глинами, суглинками и супесями. Этот комплекс пород иногда включает внутриформационные потоки лав, прослойки вулканического туфа и пепла. Мощность всего комплекса достигает 140 м.

Средний комплекс имеет типично озерное происхождение. Он накопился в условиях спокойного, застойного режима озера. Об этом свидетельствует огромная (до 130 м) тонкоотмученная, хорошо отсортированная глинистая толща, согласно и почти горизонтально налегающая на нижний комплекс пород. Глины эти имеют различные оттенки серого и зеленого цветов, плотные, жирные, часто карбонатные и глинистые, состоят из тонкодисперсного, пелитового материала, иногда содержат редкие включения крупнообломочного материала.

В этом комплексе пород имеются линзы песчано-гравелисто-галечных пород различной мощности (от нескольких сантиметров до 10 м) и выдержанности, имеющих непостоянный механический состав. Линзы, как правило, находятся на различных гипсометрических уровнях. Часто они соединяются между собой, выклиниваются, не представляют постоянных горизонтов, распространенных на большие площади, и содержат напорные воды.

На озерный комплекс налегают озерно-речные отложения, составляющие верхний комплекс всей озерной толщи. Они по своим литологи-



Фиг. 1. Схематический геологический профиль озерных и озерно-речных отложений Ленинанканской котловины. 1. Современные отложения: а) аллювий, б) делювий, пролювий. 2. Террасовые отложения: супесь, песок, гравий и галечники. 3. Вулканические туфы. 4. Верхний-озерно-речной комплекс отложений: перемежающиеся слои суглинок, супесей, песков, гравия и галечников. 5. Средний-озерный комплекс отложений: а) глины тонкоотмученные, хорошо отсортированные, б) линзы песчано-гравелисто-галечных пород. 6. Нижний-озерно-речной комплекс отложений: перемежающиеся слои глин, суглинок, супесей, гравия, галечников, глинистых песчаников, туфопесчаников и микроконгломератов. 7. Древние галечники. 8. Долеритовые базальты.

ческим особенностям очень сходны с нижним комплексом пород. Мощность их достигает 35 м. Отложения этого комплекса содержат остатки костей млекопитающих, по которым Л. А. Авакян [1] их относит к миндельрисскому межледниковью.

Верхний комплекс пород в северной части и в некоторых районах юга котловины перекрыт слоем вулканического туфа, мощностью до 5 м. Поверхность Ленинанканской котловины покрыта плащом аллювиально-пролювиальных отложений, мощность которых в отдельных случаях достигает 20 м.

Подземные воды рассматриваемого района в своем формировании, движении и химизме связаны закономерно с вышеперечисленными литолого-фациальными, а также геолого-структурными, геоморфологическими и физико-географическими условиями.

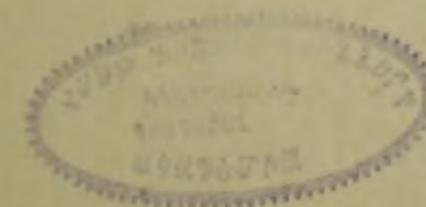
В общем балансе природных вод Ленинанканской котловины принимают участие пресные грунтовые и напорные воды с повышенной минерализацией, а также минеральные воды (табл. 1).

Пресные грунтовые воды, в основном, формируются за счет атмосферных осадков и циркулируют в пределах верхнего комплекса пород.

Таблица 1

Место взятия проб	№ скв.	Глуб. взятия в м	Na+K			Ca			Mg			Cl			SO <sub>4</sub>			HCO <sub>3</sub>			rNa rCl	Сухой остаток	Общая минерализация
			мг/л	мг/экв.	мг/экв. ‰	мг/л	мг/экв.	‰ мг/экв.	мг/л	мг/экв.	‰ мг/экв.	мг/л	мг/экв.	‰ мг/экв.	мг/л	мг/экв.	‰ мг/экв.	мг/л	мг/экв.	‰ мг/экв.			
Ленинакан . . . . .	1	146,50	97,50	4,24	59,80	37,60	188	24,40	13,60	1,12	15,80	18,20	0,51	7,00	10,40	0,22	3,00	397,10	6,51	90,00	8,31	284,00	547,40
Ленинакан . . . . .	1	161,19	45,10	1,96	41,80	34,80	1,74	37,20	11,90	0,98	21,00	12,00	0,34	7,60	11,50	0,24	5,20	250,10	4,10	87,20	5,76	182,40	365,40
Арени . . . . .	360	168,70	82,70	3,60	44,00	21,70	1,08	13,00	42,80	3,52	43,00	32,10	0,91	12,00	—	—	—	445,30	7,29	88,00	3,95	401,95	624,60
Ахурян . . . . .	10+	135,00	43,01	1,87	33,00	63,36	3,16	55,00	9,28	0,76	12	14,20	0,40	7,00	67,47	1,40	24,00	244,00	3,99	69,00	4,67	421,32	441,32
Севернее Ленинакана на 1 км . . . . .	16+	131,00	66,44	2,89	47,00	49,92	2,49	38,00	11,60	0,95	15,00	16,33	0,46	7,00	51,83	1,08	17,00	292,80	4,79	76,00	6,20	488,92	488,92
Ахурик . . . . .	319	180,00	252,40	10,97	52,80	46,70	2,33	12,00	90,60	7,45	35,80	69,20	1,95	9,40	0,40	0,01	0,04	1146,80	18,79	90,50	5,56	1032,70	1606,10
Гетк . . . . .	351	89,70	217,70	9,47	54,60	33,20	1,65	9,20	75,50	6,21	35,80	47,30	1,33	7,60	—	—	—	976,00	16,00	92,30	7,13	861,70	1349,70
Ерасхаворс . . . . .	276	69,80	1157,98	50,35	72,70	180,90	9,03	13,00	119,70	9,84	14,10	142,08	40,07	57,80	—	—	—	1726,00	29,15	42,10	1,25	3742,38	3326,65

\* Номера скважин с индексом заимствованы из полевой документации гидрогеологической экспедиции Управления геологии СМ Армянской ССР, химические анализы вод этих скважин произведены в лаборатории ИГи АН Армянской ССР, а остальные — в Управлении геологии СМ Армянской ССР.



Большой научный интерес представляют напорные воды, заключенные в линзах-коллекторах среднего комплекса пород, происхождению которых посвящена настоящая статья.

Ныне считается, что пресные напорные воды формируются за счет атмосферных осадков и циркулируют в «водоносных горизонтах» среднего комплекса пород. Нами же, вообще, отрицается существование «водоносных горизонтов» в этом комплексе пород. Здесь могут иметь место только линзы-коллекторы, изолированные от атмосферного питания и в то же время не имеющие области разгрузки, по той причине, что озерная толща, залегающая почти горизонтально, совсем не дислоцирована и врез речной сети еще не проник в озерный комплекс пород, т. е. линзы находятся гораздо глубже, чем врез речной сети, где может произойти разгрузка. Однако, не исключена возможность существования скрытых очагов разгрузки, приуроченных к тектоническим трещинам. Как известно, глины на глубине очень вязки и пластичны и поэтому трещины могут быть развиты не повсеместно, а только в тех местах, где в антропогенное время имели место разрывные нарушения. По данным А. Т. Асланяна [2], в южной части котловины, в районе сс. Ахурик, Гетк, Ерасхаборс, Норабер, Гусанагюх и Ширакаван под покровом молодых лав, туфобрекчий и озерных отложений в близширотном направлении проходит положительная тектоническая структура, осложненная широтными разрывами, служащими путями проникновения из глубоких недр углекислого газа. Очевидно, что здесь разгрузка и водообмен происходят по трещинам.

Чтобы убедиться в правильности этих суждений, надо рассмотреть процесс механической седиментации озерного комплекса отложений.

Огромная мощность тонкоотмученных и хорошо отсортированных глин свидетельствует о длительности их накопления в условиях спокойного (бессточного) режима озера. Как известно, древнее Ленинаканское озеро и его водосборная площадь располагались среди горной страны, сложенной различными породами: вулканическими, вулканогечно-осадочными, нормально-осадочными и интрузивными, в условиях относительно прохладного и влажного климата. Эти особенности физико-географической обстановки, вместе взятые, приводили к тому, что общая интенсивность питания водоема обломочным материалом соответствовала величине питания и законам механической седиментации современных озерных водоемов аналогичных физико-географических областей.

В очень сходной физико-географической обстановке ныне находится оз. Севан. Его окружает рама гор, сложенная почти теми же породами, какими были сложены берега древнего Ленинаканского озера. Количество осадков, выпадающих в бассейне Ленинаканского озера, вероятно, было около 400—650 мм. Об этом свидетельствует лесной спектор, обнаруженный Н. С. Соколовой в наших образцах (*Picea* до 33%, *Pinus* до 42% и значительное количество пыльцы широколиственных пород: *Carpinus*, *Ulmus*, *Tilia* и др.). Такое же количество осадков ныне выпада-

ет и в бассейне оз. Севан. Однако здесь лес не растет. Это безлесие имеет свои причины, разбор которых не входит в задачу настоящей статьи.

Площадь Ленинанканского озера, определенная нами по нашим исследованиям на территории Армянской ССР и по данным геологической карты Турции [9], примерно равна площади оз. Севан\*. Глубина древнего озера также не уступала глубине оз. Севан. Об этом говорит наличие двух форм диатомей—*Melosira granulata* и *Stephanodiscus astraca*, обнаруженные Н. Г. Заикиной в наших образцах. Как известно, эти формы обитают в толще свободной воды с большими глубинами [6].

Сходство факторов физико-географической обстановки позволяет считать, что количество привноса обломочного материала в древнее Ленинанканское озеро и в оз. Севан было примерно одинаково. Механический разнос и дифференциация этого материала в аналогичных современных водоемах, как известно, происходит следующим образом: волны захватывают материал, приносимый с суши, отмывают его, дифференцируют, грубый отлагают в прибрежной зоне, тонкий относят в глубину и там он постепенно осаждается. Эту закономерность могут подтвердить результаты изучения гранулометрического состава осадков Большого Севана. По данным З. П. Едигаряна, В. В. Пайразяна и М. А. Сатяна [4], в полосе 20-й изобаты на общем фациальном профиле мы встречаемся с осадками переходной зоны от осадков прибрежных (гравелиты, пески, ракушечники) к осадкам сравнительно глубоководным (глубинные илы, глины). Следовательно дальше этого предела грубообломочный материал не может проникнуть, там осаждаются илы и глины. Такова же, вероятно, была картина и в древнем Ленинанканском озере.

Чем же теперь объяснить образование линз песчано-гравелисто-галечных пород в глинистой толще?

Совершенно очевидно, что гравий и гальки не могли переноситься воздушным путем. Вероятно они заносились реками и при сильных селевых потоках дальше 20-й изобаты в сторону озера, заполняли отрицательные формы его дна, а затем перекрывались илами и превращались в линзы. Буровые скважины, заложенные в г. Ленинанкане, сс. Ахурик, Арапи, Бяндур и др., в которых среди глин встречены линзы-коллекторы, должны находиться за пределами 20-й изобаты, в центральной части древнего озера. Об этом может свидетельствовать гранулометрический состав типичных для этой зоны озера глин, взятых для опробования из шурфов в Ленинанканском карьере (западная окраина г. Ленинанкана, обр. 4600), в районе с. Ахурик (обр. 4614) и у пограничного моста (обр. 4615), (табл. 2)\*\*.

Все вышесказанное говорит о том, что песчано-гравелисто-галечные отложения, вскрытые буровыми скважинами в центральной части древ-

---

\* Озерные отложения визуально хорошо прослеживаются на территории Турции, однако, они на турецкой геологической карте датируются неогеном. При подсчете площади древнего озера нами учтены эти отложения.

\*\* Данные гранулометрического анализа заимствованы у Д. Б. Саркисяна.

него озерного бассейна, должны иметь линзообразную форму, захороненную в толще тонкоотмученных глин и не связаны с прибрежными песчаными отложениями, по которым может происходить их питание атмосферными осадками. Кроме того, там, где в коллекторах имеются пресные воды, исключена возможность их глубинного питания. Справедливее всего предположить, что пресные воды, заключенные в линзах-коллекторах в пределах центральной части древнего озерного водоема, имеют реликтовое происхождение, т. е. они сохранились со времени существования водоема.

В табл. 1 приведены результаты химических анализов этих вод. Они показывают, что воды скважин 1, 10, 16, 360, по нашим соображениям, имеют седиментационное происхождение. Это может подтвердить и величина натрий-хлорового коэффициента  $\left(\frac{\text{Na}}{\text{Cl}}\right)$ , который выше 0,87.

Таблица 2

Номера образцов	Глубина взятия в м.	Содержание фракций, %						Порода по дорожной классификации
		>0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	0,01—0,0,5	0,005—0,001	>0,001	
4600	2,5	0,16	1,05	2,84	7,17	19,82	68,96	Глина
4614	3,0	0,16	2,40	11,13	8,29	25,07	52,95	Глина
4615	1,5	0,11	2,75	6,67	3,59	17,12	69,76	Глина

В таких случаях воды, по данным А. А. Карцева [5], должны относиться к седиментационным водам внутренних опресненных водоемов.

Рассмотрим теперь каким же образом формировались эти воды.

В период литификации часть воды водоема захватывалась и увлеклась накапливающимися осадками в виде иловой воды и затем погребалась под новыми слоями. Так, с момента образования озерной толщи и даже раньше в стадии раннего диагенеза образовались седиментационные воды.

Как известно, особенностями глинистых осадков являются своеобразный минеральный состав и значительные размеры удельной поверхности слагающих их частиц, с которой связываются значительные количества влаги при их седиментации, особенно в субаквальных условиях. Поэтому глинистые осадки в условиях стратисферы можно рассматривать как аккумуляторы огромных запасов влаги [3]. Эта влага, в той или иной мере, может быть удалена из пород лишь при резком изменении условий их существования, вызванном увеличением испытываемого ими давления или появлением возможности испарения влаги.

После исчезновения водного бассейна древнего озера некоторая доля этой влаги могла испариться, но испарение происходило с поверхности глин в пределах небольших глубин, порядка единиц метров и притом только в тех районах, где озерные глины не были перекрыты туфовым покровом и мощными делювиально-пролювиальными отложениями.

Остальная часть влаги, в ходе литификации глинистых осадков от ила до глинистой породы, под влиянием его гравитационного уплотнения отжималась в породы-коллекторы внутри глинистой толщи. В процессе уплотнения глин и выжимания из них воды изменились не только их свойства, но и свойства воды, как только связанная вода переходила в свободную.

Дж. Уэллер [8] предполагает, что седиментационные воды в осадках обычно значительно более соленосные и вязкие, чем воды древних водоемов. Следовательно надо полагать, что с момента образования седиментационной воды и осадков, в процессе их взаимоотношения происходили сложные геохимические процессы—выщелачивание, диффузия, обменная адсорбция и другие, которые способствовали повышению соленосности седиментационных вод.

Детальное изучение физико-химических свойств седиментационных вод, заключенных в породах-коллекторах и в порах глинистых пород, прольёт свет на ряд вопросов палеогеографии Ленинаканской котловины.

Институт геологических наук  
АН Армянской ССР

Поступила 21.VI.1965.

Յու. Վ. ՍԱՅԱԴՅԱՆ

ԼԵՆԻՆԱԿԱՆԻ ԳՈԳԱՎՈՐՈՒԹՅԱՆ ԼՃԱՅԻՆ ՆՍՏՎԱԾՔՆԵՐԻ  
ՍԵՒՄԵՆՏԱՑԻՈՆ ՋՐԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Ստորին շորրորդական ժամանակաշրջանում գոյություն ունեցած Լենինականի լճի նստվածքները վարից վեր բաժանվում են երեք լիթոլոգիական կոմպլեքսների՝ ստորին-լճա-գետային, միջին-լճային և վերին-լճա-գետային:

Համեմատելով Լենինականի հին լճի նստվածքների գոյացման ֆիզիկա-աշխարհագրական միջավայրը և նրանց կուտակման մեխանիկական պայմանները Սևանա լճի ներկայիս պայմանների հետ, նկատվում է դրանց մեծ նմանությունը:

Այդ հանգամանքը թույլ է տալիս ենթադրելու, որ Լենինականի հին լճի կենտրոնական մասի հորատանցքերում հայտնաբերված միջին-լճային նստվածքները պետք է ուսանյակների ձևով տեղադրված լինեն նուրբ-զտված կավերի մեջ: Դրանք կապված չեն մերձափնյա ավազային նստվածքների հետ, որոնց միջոցով կարող էին այնտեղ թափանցել մթնոլորտային տեղումներից ստացվող ջրերը: Նշված ուսանյակները պարունակում են քաղցրահամ ջրեր, որոնք մեր կարծիքով պահպանված են ջրավազանի գոյության ժամանակաշրջանից և հանդիսանում են սեղիմենտացիոն:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Авакян Л. А. Четвертичные ископаемые млекопитающие Армении. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1959.
2. Асланян А. Т. Региональная геология Армении. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1948.

3. Денисов Н. Я. О гидрогеологическом значении процессов адсорбции влаги глинистыми породами. ДАН СССР, т. 58, № 7, 1947.
4. Едигарян З. П., Пайразян В. В., Сатнан М. А. К гранулометрической характеристике осадков двадцатой изобаты Большого Севана. В сб. «Результаты комплексных исследований по севанской проблеме», т. II, изд. АН АрмССР, Ереван, 1962.
5. Карцев А. А. Гидрогеология нефтяных и газовых месторождений. Гостопотехиздат, М., 1963.
6. Порцкий В. С. Ископаемые диатомовые водоросли Нурнуса и Арзни Ереванского района Армянской ССР. Диатомовый сборник. Изд. Ленинградского ун-та, 1953.
7. Саркисян Д. Б. О структурно-механических свойствах нижнечетвертичных глинистых пород Ленинанканской котловины. Изв. АН АрмССР, геол. и геогр. науки, т. 16, № 1, 1963.
8. Узллер Дж. Уплотнение осадков. В сб. «Проблемы нефтяной геологии в освещении зарубежных ученых», т. 1, 1961.
9. Geological map of Turkey, M 1:500000, 1961.

ГИДРОГЕОЛОГИЯ

Р. Г. АРУТЮНЯН

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТРЕТИЧНЫХ  
 ОТЛОЖЕНИЙ АРАРАТСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Формирование химического состава подземных вод и их распространение тесно связаны с геологической историей изучаемого региона. В отдельные периоды геологического развития территории подземные воды, приуроченные к породам различных литологических разностей, неоднократно испытывали изменения химического состава, а также условий распространения и залегания. Выяснение условий формирования подземных вод в историческом аспекте позволяет с достаточной определенностью объяснить существующую гидрохимическую зональность вод и дать оценку перспективности территории для поисков и разведки различных видов полезных ископаемых.

В работах П. Н. Чирвинского (1933), К. И. Макова (1948), Н. К. Игнатовича (1944, 1950), А. И. Силина-Бекчурина (1948, 1949), С. А. Шагоянца (1959), Б. Ф. Маврицкого (1962) и др. огромное значение в формировании подземных вод придается палеогидрогеологическому анализу территорий.

В наших исследованиях мы старались, по возможности, охватить комплекс факторов, влияющих на формирование химического состава подземных вод.

Изучались следующие основные типы вод:

1) морские, соленые, седиментационные; 2) пресные, инфильтрационные; 3) воды сложного состава—седиментационно-инфильтрационные.

Для морского этапа формирования основное внимание уделялось вопросу состава вод древних водоемов. С этой целью проводились определения состава поглощенного комплекса и содержания хлора в глинистых породах.

В настоящей статье на основе проведенных исследований и результатов работ за последние годы по изучению геологии, литологии, минералогии и др. Ереванского и Октемберянского прогибов (А. Т. Асланян, А. А. Габриелян, И. Х. Петросов, М. А. Мовсесян и др.), рассматриваются условия формирования подземных вод этих регионов в различные периоды третичного времени.

В истории гидрогеологического развития исследуемой территории можно выделить четыре основных этапа: а) нормально морской, б) континентально-лагунный, в) опресненно-морской, г) континентально-озерный



Каждый из выделенных этапов охватывает несколько периодов третичного времени: первый этап охватывает периоды от эоцена до верхнего олигоцена, второй от в. олигоцена до в. сармата, третий—в. сармат—н. плиоцен и четвертый—нижний-средний плиоцен.

#### а. Нормально-морской этап

Указанное время характеризуется общим прогибанием Араратской котловины и трансгрессией моря, которая достигает своего максимума в среднем эоцене [1].

Воды морского бассейна имели, по-видимому, нормальную соленость. Об этом свидетельствуют данные по содержанию хлора в породах (табл. 1).

Таблица 1  
Среднее содержание хлора в глинистых породах эоцен-олигоцена

Участок	Возраст пород	Число определений	Cl, ‰
Разданский	Эоцен	6	0,15
	Олигоцен	7	0,20
Октемберянский (скв. 2-р)	Эоцен	2	0,32
	Олигоцен	3	0,27

Из таблицы видно, что средние значения хлора колеблются в пределах 0,20—0,32, что непосредственно указывает на нормальную соленость эоцен-олигоценового моря [2, 3].

Палеогидрогеологические условия этого периода можно представить в следующем виде (фиг. 1, а).

Ереванский и Октемберянский прогибы были залиты морем, в котором происходило отложение песчано-глинистого материала.

Последующие процессы диагенеза привели к тому, что содержащаяся в глинистых образованиях морская вода под воздействием сначала седиментационного, а в дальнейшем и гравитационного уплотнения, постепенно вытеснялась в водоем и окружающие породы.

Песчанистые горизонты заполнялись при этом водами, выжимаемыми из глинистых прослоев.

Образовывались отдельные водоносные горизонты, разобщенные водоупорными глинами. В сопредельных областях суши, окружающей бассейн седиментации, происходило накопление вод различного состава.

В отложениях дат-палеоцена в связи с литологическим характером пород (терригенные, песчано-известковые отложения) и длительностью их нахождения в континентальных условиях, были развиты пресные инфильтрационные воды. Вследствие интенсивной вулканической деятельности в Памбакско-Севанской зоне были распространены минерализованные воды.

По аналогии с современными условиями можно предположить, что зоны, где происходило смешение указанных типов вод с морскими, располагались вдоль береговой линии моря.

Начиная с нижнего олигоцена, Ереванский и Октемебрянский прогибы испытывают дальнейшее прогибание. Центральная часть котловины, вследствие опускания указанных прогибов, несколько более приподнята, и в районе Эчмиадзин-Паракар, по-видимому, обнажались туфогенные флишoidные отложения верхнего эоцена. В последних находились морские воды, которые постепенно замещались пресными, инфильтрационными водами гидрокарбонатно-кальциевого состава.

Отжатые из глинистых пластов морские сингенетичные воды, вероятно, могли разгружаться только по глубинному разлому в зоне сочленения последнего с выходом в эоценовых и дат-палеоценовых отложений.

Песчано-глинистый характер пород, а также их отложение в условиях непрерывного прогибания дна бассейна седimentации позволяют предполагать, что водоносные горизонты в пределах исследуемой территории содержали напорные воды, это были воды нормальной морской соленности (хлоридно-сульфатно-натриево-магниевое-кальциевого типа).

## б. Континентально-лагунный

В результате предверхнеолигоценовых тектонических движений происходит воздымание Малокавказской геоантиклинали. Это повлекло за собой отход среднеолигоценового моря и сокращение областей осадконакопления. Устанавливается озерно-континентальный режим.

Палеогидрогеологические условия представлены в следующем виде (фиг. 1, б, в).

В образовавшемся озерном бассейне, заполненном щелочными водами, происходило переотложение молассовых образований.

Влажный и жаркий климат областей воздымания горных массивов [5] способствовал развитию процессов химического выветривания, в результате чего поверхностные и грунтовые воды обогащаясь сульфидами металлов (в основном железа) поступали в бассейн осадконакопления. Здесь, в области сухого и жаркого климата шло усиленное испарение с поверхности озерного водоема.

Естественно, что существующие условия в области осадконакопления (усиленное испарение, сухой и жаркий климат), несомненно, способствовали интенсивному засолению бассейна. Об этом свидетельствуют данные по содержанию хлора в отложениях пестроцветной толщи (табл. 2).

Увеличение содержания хлора в породах, непосредственно указывает на повышение солености и концентрации вод в бассейне осадконакопления.

Таблица 2  
Среднее содержание хлора в отложениях  
в. олигоцена — н. миоцена

Участок	Число определений	Cl, %
Разданский	8	1,31
Октемберянский	16	0,45

Участки, освобожденные от моря, промывались поверхностными и грунтовыми водами, поступающими в прогиб с областей сноса. Очевидно, нижне-среднеолигоценые отложения, развитые в северо-восточных областях подвергались промыванию, которое не распространялось на большую глубину вследствие глинистости отложений.

Движение поверхностных и грунтовых вод в песчано-глинистых отложениях эоцен-олигоцена привело к тому, что седиментационные воды стали постепенно замещаться пресными и оттеснятся к участкам, погруженным под изолированный бассейн. Эти процессы привели к формированию отдельных водоносных горизонтов с маломинерализованной водой. Учитывая огромную динамическую силу палеопотоков, транспортировавших весь грубообломочный материал [4], можно предполагать, что движение их в прибрежной зоне локализованного бассейна не претерпело заметных изменений. Фронт поступающих вод мог проникнуть гораздо глубже, чем это имело место в предыдущие геологические периоды.

Дальнейшее прогибание котловины в среднемiocен—ср. сарматское время, наряду с идущими процессами локализации, приводит к изолированности бассейна седиментации от моря, установлению лагунного режима [1, 4, 5].

Лагунный бассейн был заполнен соленой водой хлоридно-натриево-кальциевого состава. На это указывают очень большие содержания хлора в соленосно-гипсоносных отложениях (до 40%).

В результате изолированности и сокращения лагунного бассейна северная и юго-западная границы ее отходят к югу и на суше узкой полосой обнажаются отложения в. олигоцена—н. миоцена, в которых происходят процессы выщелачивания и разрушения солевых комплексов и вытеснение щелочных вод пресными, инфильтрационными.

В конце ср. сармата на исследуемой территории откладывается мощный водоупорный чехол галогенных пород, который в значительной степени снизил интенсивность метаморфизации морских и щелочных вод в породах эоцен-миоцена.

Кроме того мощная толща галогенных пород усилила гравитационное уплотнение подстилающих отложений, вследствие чего уровень морских вод в водоносных горизонтах поднимался выше.

### в. Опресненно-морской этап

К концу среднего, а, возможно, и в начале верхнего сармата территория испытывает общее опускание, благодаря чему наступает трансгрессия верхнесарматского моря. Приток пресных поверхностных и грунтовых вод в бассейн седиментации в значительной степени опреснил сарматское море, на что указывают данные по содержанию хлора в глинах, которые в среднем составляют 0,20—0,25%.

В образовавшемся морском бассейне происходит отложение глин, песчаников. По мере накопления в бассейне седиментации осадков, они заполнялись опресненной морской водой. Дальнейшие процессы диагенеза способствовали постепенному вытеснению опресненных вод в водоем и окружающие породы. Песчаные горизонты заполнялись выжимаемыми водами, образуя опресненные водоносные горизонты.

Учитывая фациально-палеогеографические условия этого времени, можно предположить, что северная граница в. сарматского моря была сравнительно отодвинута к югу, в связи с чем ср. миоцен—ср. сарматские галогенные образования узкой полосой оказались вне пределов моря.

На суше шел процесс интенсивного разрушения, выщелачивания солевых комплексов пород и сноса материала в бассейн седиментации.

Интенсивность процессов промыва была неодинакова и зависела, в основном, от литологии пород. Что касается галогенной толщи, то загнированность и засоленность слагающих пород в значительной степени препятствовали усиленному промыванию их атмосферными водами. Естественно, что медленный промыв галогенных толщ привел к формированию соленых вод повышенной минерализации.

В прибрежной зоне располагалась область смешанных (опресненных и соленых) вод. Однако, количество поступающих пресных вод было настолько велико, что за указанный период времени гидрохимический режим бассейна не нарушался.

### г. Континентально-озерный этап

В результате предметических тектонических движений происходит поднятие в Среднеараксинской депрессии, в связи с чем граница сарматского моря отходит далеко к северу. В межгорном прогибе устанавливается континентально-озерный режим, при котором происходит формирование вулканогенно-обломочных пород.

В породах, освободившихся от сарматского моря, начинают поступать инфильтрационные пресные воды гидрокарбонатно-кальциевого состава. На большей части территории происходит разрушение, выщелачивание солевых комплексов атмосферными водами. Однако, необходимо отметить, что условия формирования подземных вод в Ереванском и Октемберянском прогибах существенно отличались друг от друга.

В Ереванском прогибе в связи с литологическим характером верхнесарматских отложений (песчаный и известковистый материал) промыв и

дальнейшее опреснение водоносных горизонтов, очевидно, захватывает значительные глубины. Происходит нарушение ранее созданного геохимического равновесия между породой и опресненной морской водой.

В Октемберянском прогибе, в связи с большой мощностью и глинистым характером сарматских отложений, поток инфильтрационных (пресных) вод не могут проникнуть на значительную глубину. Более того, интенсивность проникновения пресных вод, по мере накопления толщи молассовых отложений, постепенно затухала.

Предверхнеплиоценовые движения сопровождаются интенсивной вулканической деятельностью. Наряду с процессами инверсий вулканических нагорий, центральная часть Араратской котловины проявляет тенденцию к опусканию. Подпруживание вод в районе Волчьих ворот способствует установлению здесь озерного режима, в котором происходит накопление пресноводных отложений (песчаники, глины, галечники, конгломераты и др.) с общей мощностью 300—400 м.

В процессе переотложения песчаники, глины и пр. заполняются пресной озерной водой (фиг. 1, д).

С конца плиоцена территория испытывает общее поднятие, в связи с чем в сформировавшиеся породы озерного комплекса начинают поступать подземные воды атмосферного генезиса. Приток их в котловину осуществляется с окружающих вулканических нагорий, в пределах которых шло интенсивное эрозионное расчленение рельефа. Состав поступающих подземных вод был гидрокарбонатно-кальциевым. Вступая в пределы участков с озерными отложениями, подземные воды распределялись в песчаных горизонтах, разделенных слабо водоупорными глинистыми пластами.

По всей видимости, на контакте этих вод с глинами имело место частичное замещение (сорбция) кальция воды на поглощенный натрий, что привело к формированию пресных вод гидрокарбонатно-сульфатно-натриево-кальциевого состава.

В восточной части котловины, вдоль линии регионального разлома располагалась область смешанных вод (пресных и минерализованных). Описанные выше условия сохраняются по настоящее время. Пути движения поверхностных и грунтовых вод с вулканических нагорий в озерную толщу, видимо, совпадают в настоящее время с таковыми.

На основании анализа истории развития подземных вод Араратской котловины можно сделать следующие выводы:

1. В бассейнах стока и осадконакопления в различные периоды геологического времени формировались воды различного состава. Смена вод одних типов другими была вызвана различными гидрогеологическими и палеогеографическими условиями, всецело зависящими от геотектонического режима региона.

2. Проведенный палеогидрогеологический анализ территории позволил установить, что условия формирования подземных вод третичного времени неоднократно менялись.

В течение третичного периода территория испытывала общую тенденцию к нисходящим тектоническим движениям, что сыграло огромную роль в создании благоприятных условий для затрудненного промыва структур и сохранения в различных литологических комплексах газонефтепродуктов.

Вследствии седиментационного и гравитационного уплотнения пород верхняя граница морских седиментационных вод неоднократно поднималась, захватывая новые комплексы.

В начале плиоцена территория вовлекается в общее поднятие в связи с чем, в отложения, освободившиеся от моря, внедрялись инфильтрационные воды, которые вызывали интенсивные процессы выщелачивания, разрушения и регенерации солевых комплексов пород. Последние наиболее интенсивно происходят в пределах Ереванского прогиба и менее — в Октемберянском.

Об этом свидетельствуют гидрогеохимические показатели пластовых вод\*.

3. Встречаемые ныне подземные воды различного химического состава нужно рассматривать как результат сложного преобразования и взаимодействия морских седиментационных вод с водами инфильтрационными в различных термодинамических и физико-химических условиях.

Институт геологических наук  
АН Армянской ССР

Поступила 18.III.1966.

#### Ռ. Գ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

### ԱՐԱՐԱՏՅԱՆ ԳՈԳԱՎՈՐՈՒԹՅԱՆ ԵՐՐՈՐԴԱԿԱՆ ՆՍՏՎԱԾՔՆԵՐԻ ՍՏՈՐԵԿՐՅԱ ՋՐԵՐԻ ԶԱՐԳԱՅՄԱՆ ՊԱՏՄՈՒԹՅՈՒՆԸ

#### Ս. մ փ ը փ ը ը մ

Հետազոտվող տերիտորիայի ջրաերկրաբանական զարդացման պատմութեան մեջ կարելի է առանձնացնել չորս հիմնական էտապ.

- ա) նորմալ-ծովային
- բ) մայրցամաքային-ծովային
- գ) անալիտացված-ծովային
- դ) մայրցամաքային-լճային:

Առանձնացված էտապներից յուրաքանչյուրն ընդգրկում է երրորդականի մի քանի ժամանակաշրջան:

Այսպես, առաջինն ընդգրկում է էոցենից մինչև վերին ոլիգոցենի ժամանակաշրջանը:

Երկրորդը՝ վերին ոլիգոցենից մինչև վերին սարմատ:

\* См. статью автора „Известия“ АН Армянской ССР (науки о Земле), т. XVII, № 3—4, 1964.

Սրբորդը՝ վերին սարմատից ստորին պլիոցեն:

Չորրորդը՝ ստորին և միջին պլիոցեն:

Անցկացված պալեոշրաերկրաբանական անալիզը ցույց տվեց, որ երրորդական ժամանակաշրջանի ստորերկրյա ջրերի կազմավորման պայմանները բազմիցս փոխվել են:

Սրբորդական ժամանակաշրջանի ընթացքում հետազոտվող տերիտորիան ունեցել է վարընթաց տեկտոնական շարժումների բնագծանուր տենդենց, որը հսկայական դեր է խաղացել ստրուկտուրաների դժվարացված լվացման համար նպաստավոր պայմանների ստեղծելու և նրանց մեջ դադանավթային նյութերը պահպանելու գործում:

Ապարների սեղիմենտացիոն և դրավիտացիոն խտացման հետևանքով ծովային սեղիմենտացիոն ջրերի վերին սահմանը բազմիցս բարձրացել է՝ բնդրրկելով նորանոր կոմպլեքսներ:

Պլիոցենի սկզբում տերիտորիան ենթարկվել է համընդհանուր բարձրացման որի հետևանքով ծովից ազատված նստվածքները ներծծվել են ինֆիլտրացիոն ջրեր, որոնք առաջ են բերել տարալուծման ակտիվ պրոցեսներ, աղային կոմպլեքսների քայքայում և ռեզեներացիա:

Այս բոլոր պրոցեսներն ավելի ինտենսիվ են ընթացել հրեանյան գոգավորությունում և ավելի պակաս ակտիվությամբ՝ Հոկտեմբերյանի գոգավորությունում:

Այժմ հանդիպող տարբեր քիմիական կազմի ստորերկրյա ջրերը հարկավոր է դիտել որպես ծովային սեղիմենտացիոն և ինֆիլտրացիոն ջրերի տարբեր թերմոդինամիկ և ֆիզիկաքիմիական պայմաններում տեղի ունեցած փոխհարաբերությունների և փոխակերպումների արդյունք:

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Габриелян А. А. Палеоген и неоген Армянской ССР. Ереван, 1964.
2. Гуляева Л. А. Содержание хлора в осадочных породах, ДАН СССР, т. XXX, № 6, 1961.
3. Гуляева Л. А. Геохимия терригенных отложений девона Урало-Поволжья. ДАН СССР, т. 29, № 5, 1953.
4. Мовсесян М. А. Палеогеографический очерк времени образования красноцветной и соленосной толщ Приереванского района АрмССР. Ученые записки Ереванского Гос. университета, вып. 1, т. 84, 1963.
5. Петросов И. Х. Генезис глинистых минералов в олигоцен-миоценовых осадочных толщах Приереванского района АрмССР. Изв. АН АрмССР, геологические и географические науки, т. XVI, № 4—5, 1963.

## ГИДРОЛОГИЯ

Г. К. ГАБРИЕЛЯН

ТВЕРДЫЙ СТОК РЕК И ДЕНУДАЦИЯ ВУЛКАНИЧЕСКОГО  
НАГОРЬЯ АРМЯНСКОЙ ССР

В изучении денудационных процессов твердый сток рек является важнейшей характеристикой. Имея количество ежегодного твердого стока и объем коррелятных отложений, можно довольно точно определить слой денудации склонов. Как известно, твердый сток складывается из трех компонентов: химического, взвешенного и влекомого.

## Химический сток и денудация

Химический сток рек Армянской ССР до сих пор не изучен.

Для исследования химического стока и химической денудации мы использовали данные о минерализации и химического состава речных вод на 19 гидрологических станциях и постах, помещенных в «Гидрологических ежегодниках». Из 19 пунктов 11 имеет ряд наблюдений от 10 до 15 лет; 3—от 5 до 10 лет; 5 пунктов—до 5 лет. Исследованию подвергнуты данные 1400 химических анализов.

Данные исследований показывают, что с увеличением абсолютной высоты местности, минерализация речных вод уменьшается. Если в Араратской котловине в низких частях она доходит до 200—500 мг/л, в среднегорном поясе (от 1400 до 2000 м)—100—200 мг/л; выше 2000 м—меньше 100 мг/л.

Речные воды Вулканического нагорья Армянской ССР по классификации Г. А. Максимовича [5] принадлежат гидрокарбонатной формации. Во всех 1400 анализах речных вод, изученных нами, она неизменна, меняется только фацция. Наиболее распространенной фацией является гидрокарбонатно-кальциево-сульфатная.

Несмотря на то, что минерализация речных вод небольшая, все же ежегодно из вулканического нагорья Армянской ССР в растворенном виде удаляется огромное количество веществ (табл. 1).

Как показывает таблица, в среднем модуль химического стока составляет  $20 \text{ м}^3/\text{км}^2$ , т. е.  $50 \text{ т}/\text{км}^2$ , что в 3 раза меньше модуля химического стока Большого Кавказа [1], но вдвое больше среднего значения для всей суши [4, 5].

В таблице помещены также данные о химическом стоке оросительных вод. Следует отметить, что они весьма приближены и не претен-

Таблица 1

Средний многолетний химический сток рек Вулканического нагорья Армянской ССР

Высотные пояса	Площадь, км <sup>2</sup>	Химический сток в год		
		тыс. т.	тыс. м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup> /км <sup>2</sup>
1. Высокогорный выше 2000 м . . . . .	6800	256	100	14,7
2. Среднегорный 1400—2000 м . . . . .	4700	150	60	12,8
3. Низкогорный до 1400 м . . . . .	1500	45	18	12,0
Средний (без вод, забираемых на орошение) . . . . .	13000	451	180	13,9
Всего с химическим стоком эрозионных вод . . . . .	13000	650	260	20

дуют на точность, так как количество используемой воды на орошение по высотным поясам и ее минерализация пока остаются открытыми. Даже общее количество воды, используемое для орошения, не уточнено.

Наши исследования по химическому выветриванию показывают, что процессы химического выветривания наиболее интенсивно проявляются в верхней части пояса нагорных степей и в субальпийском поясе, где больше влаги, и под воздействием микроорганизмов породы значительно быстрее преобразуются. В альпийском и полупустынном поясах химическое выветривание горных пород слабое.

### Сток взвешенных и влекомых наносов

Для изучения взвешенных наносов мы использовали данные «Гидрологических ежегодников» по взвешенным наносам для 15 пунктов на 12 реках. Ряд наблюдений колеблется от 5 до 22 лет. Для сравнений использованы также данные по р. Аракс (у с. Кюбектала).

Реки Вулканического нагорья Армянской ССР отличаются небольшой мутностью. Среднегодовая мутность составляет 90 г/м<sup>3</sup>. Это в 27 раз меньше мутности р. Аракс у с. Кюбектала (2400 г/м<sup>3</sup>). Такая большая разница объясняется тем, что в стоке горных рек вулканических районов значительное место занимают подземные воды, содержащие незначительное количество взвешенных наносов.

Максимальный расход взвешенных наносов наблюдается весной—в период половодья (табл. 2).

Таблица 2

Внутригодовое распределение стока взвешенных наносов рек Вулканического нагорья Армянской ССР

Сезоны	Зима	Весна	Лето	Осень
Сток взвешенных наносов в ‰ . . . . .	3,6	69	23,0	4,4

Сток взвешенных наносов рек Вулканического нагорья Армянской ССР резко отличается по отдельным бассейнам. Здесь совершенно отчетливо сказывается зональный фактор (табл. 3).

Таблица 3

Многолетний среднегодовой сток взвешенных наносов некоторых рек  
Армянской ССР

Река, пункт наблюдения	Площадь водосб., км <sup>2</sup>	Сток, тыс. т	Модуль стока, т/км <sup>2</sup>	Годичный слой смыва по взвешенным наносам в микронах
Дзорагет (ниже впадения р. Гергер)	1450	65,0	44	17,6
Ахурян (Капс) . . . . .	839	14,8	18	7,2
Ахурян (Айкадзор) . . . . .	7990	195,0	22	8,8
Касах (Зовуни) . . . . .	603	6,9	12	4,8
Гаварагет (Норадуз) . . . . .	467	10,0	21	8,4
Аргичи (Геташен Верин) . . . . .	380	4,2	12	4,8
Варденис (Варденик) . . . . .	110	1,7	16	6,4
Арпа (Ехегнадзор) . . . . .	1120	61,0	50	20,0
Воротан (Ангехакот) . . . . .	787	20,5	26	10,4
Воротан (Эйвазлы) . . . . .	2020	135,0	67	26,8
Агстев (Иджеван) . . . . .	1270	92,4	71	28,4
Памбак (Мегрут) . . . . .	1070	88,0	80	32,0
Аракс (Кюбектала) . . . . .	97600	15500,0	180	72,0

Как показывает табл. 3, средний модуль стока составляет 31 т/км<sup>2</sup> в год, что в 6 раз меньше среднего модуля стока для невулканических областей Армянского нагорья (по р. Аракс у с. Кюбектала—180 т/км<sup>2</sup>).

По нашим подсчетам, модуль стока взвешенных наносов рек вулканических районов в среднем в 3 раза меньше складчатых, вулканические породы значительно меньше подвергаются смыву, чем породы складчатых районов. По всей республике наибольший модуль стока взвешенных наносов имеет р. Памбак (80 т/км<sup>2</sup>).

Следует отметить, что наши данные по многолетнему стоку взвешенных наносов по отдельным речным бассейнам (табл. 3) несколько отличаются от данных Г. Н. Хмаладзе [8]. Такая разница вызвана тем, что им использованы данные «Гидрологических ежегодников» до 1957 г., а нами—до 1964 г.

Сток взвешенных наносов меняется по длине реки, находится в функциональной зависимости от прироста водосбора.

Получая значения взвешенных наносов для вулканических районов, мы подсчитали слой годичного стока в микронах и денудационный метр по взвешенным наносам (табл. 4). При подсчетах объемный вес взвешенных наносов принят 2,5, т. е. средний объемный вес исходных вулканических пород.

Из табл. 4 видно, что слой стока в вулканических районах составляет в среднем 13 микрон, что образует слой в 1 м в течение 83 тыс. лет. Сюда включены также наносы, поступающие на поля вместе с орошающей водой, которые в естественных условиях удалились бы из пределов нагорья.

Таблица 4  
Сток взвешенных наносов и денудация Вулканического нагорья Армянской ССР

Бассейн реки или территория, пункт наблюдения	Площадь в пределах вулканического нагорья в км <sup>2</sup>	Сток		Слой стока в микронах	Денудационный метр в тыс. лет
		тыс. т.	т/км <sup>2</sup>		
1. Ахурян (Айкадзор) . . . . .	2530	50,6	22	8,8	111
2. Касах (Аштарак) . . . . .	700	32,4	46	18,4	55
3. Южные и западные склоны Арагаца . . . . .	2400	81,6	34	13,6	71
4. Западные склоны Гегамского нагорья и Егвардское плато . . . . .	1500	30,0	20	8,0	125
5. Бассейны верхних течений р.р. Азат, Веди . . . . .	350	7,0	20	8,0	125
6. Варденис (Варденик) . . . . .	110	1,7	16	6,4	160
7. Аргичи (Геташен В.) . . . . .	380	4,2	12	4,8	200
8. Гаварагет (Норадуз) . . . . .	467	10,0	21	8,4	120
9. Остальная часть бассейна оз. Севан в пределах вулканического нагорья . . . . .	1500	24,0	16	6,4	160
10. Арпа (верховья) . . . . .	860	14,0	16	6,4	160
11. Сюникское нагорье . . . . .	1500	39,4	26	10,4	96
12. Дзорагет (ниже впадения р. Гергер) . . . . .	760	30,8	44	18,0	55
Итого . . . . .	13000	326	25	10	90
Взвешенные наносы оросительных вод (ориентировочно) . . . . .		60—80			
Всего . . . . .	13000	400	31	13	83

Слой стока по взвешенным наносам Вулканического нагорья можно сопоставить с таковым Джунгарского Алатау [1], где он достигает немногим более 15 микрон. По сравнению с другими горными странами, интенсивность смыва вулканических районов Армянской ССР значительно меньше. Если годичный слой смыва по взвешенным наносам на Вулканическом нагорье Армянской ССР принять за единицу, то по другим речным бассейнам, за пределами Армянской ССР, он выразится в следующих цифрах: Б. Кавказ—24, бассейны рр. Аму-Дарья—23, Кура—13, Колорадо, По, Сыр-Дарья—9 и т. п.

Изучение влекомых наносов представляет весьма сложную задачу. Если по взвешенным наносам ведутся стационарные наблюдения на гидрологических станциях и постах, то этого не имеем в отношении влекомых наносов. В этой области имеются много теоретических рассуждений, однако существующие формулы пока мало пригодны для подсчета влекомых наносов, т. к. параметры географического характера весьма различны. В литературе имеется много указаний на отношение взвешенных наносов к влекомым [4, 5, 6, 8, 9]. Для равнинных рек доля влекомых наносов обычно принимается 10—20% от взвешенных. Для вулканических районов Армянской ССР мы приняли коэффициент 0,5 (50% от взвешенных). Это аргументируется, во-первых, тем, что методика подсчета взвешенных наносов не совершенна и данные по взвешенным наносам значи-

тельно заниженные. Во-вторых, в горных реках обычно количество влекомых наносов в несколько раз больше, чем у равнинных рек. Наконец, в питании рек Вулканического нагорья Армянской ССР значительное место занимают подземные воды, где взвешенных наносов очень мало и твердый сток складывается из растворенных и влекомых наносов. Все это говорит о том, что при наличии плотных вулканических пород у стремительных горных рек, влекомые наносы должны быть в 2—3 раза больше, чем у равнинных рек.

### Суммарный твердый сток и денудация

Подводя итоги трех видов твердого стока мы составили нижеследующую сводную таблицу (табл. 5).

Таблица 5

Сводная таблица твердого стока и денудации Вулканического нагорья Армянской ССР

Тип стока	Твердый сток, тыс. т	Модуль стока, л/км <sup>2</sup>	Годичный слой стока мкр.	Денудационный метр, тыс. лет
Химический . . . . .	650	50	20	50
Взвешенных наносов . . . . .	400	31	13	83
Влекомых наносов . . . . .	200	15	6	160
Всего . . . . .	1250	96	39	26

Как показывает табл. 5, ежегодно из пределов Вулканического нагорья Армянской ССР смывается слой в 39 микрон, причем основным является химический сток. На равнинных территориях, сложенных рыхлыми отложениями, взвешенные наносы от 4 до 6 раз превышают над растворенными. В условиях Вулканического нагорья Армянской ССР это соотношение меняется. У всех рек, изученной нами территории, кроме р. Касак (у Аштарака), химический сток превышает над стоком взвешенных наносов.

Вулканическое нагорье Армянской ССР по сравнению с другими горными странами денудировается значительно медленнее, что наглядно из нижеприведенной табл. 6. Как показывает таблица, наши данные близки к данным Г. Н. Хмаладзе [7, 8], однако мы считаем, что у Г. Н. Хмаладзе данные несколько занижены, т. к. им исследована территория не только вулканических районов, но и складчатых, а в последних, как уже отмечено, денудация значительно интенсивнее. Он долю влекомых наносов в твердом стоке принимает 10% от взвешенных, что может быть справедливо для равнинных, но отнюдь не для горных рек.

Как отмечалось, годичный слой смыва на территории Вулканического нагорья Армянской ССР составляет округленно 39 микрон. Однако здесь учтен только твердый сток рек, а в склоновой денудации участвуют также медленные движения масс (дефлюкция), инфильтрационная де-

Таблица 6

Таблица твердого стока и денудации для различных стран и речных бассейнов

Территория или бассейн (автор)	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Твердый сток, тыс. т	Модуль твердого стока, т/км <sup>2</sup>	Годичный слой смыва, в мкр.	Денудационный метр, тыс. лет
Вулканическое нагорье Армянской ССР (Г. К. Габриелян)	13000	1250	96	39	26
Армянское нагорье в бассейне р. Аракс (Г. К. Габриелян)	97600	23440	240	92	11
Армянское нагорье (А. В. Волин)	22267	6202	283 <sup>2</sup>	113	8,8
Армянская ССР (Г. Н. Хмаладзе)	25697	2067,6	80	33	30
Большой Кавказ (А. В. Волин)	70238	74522	1061*	370	2,7
Колорадо (А. В. Волин)	622900	222375	357	130	7,7
По (А. В. Волин)	54400	19420,8	327	120	8,33
Терек (Г. С. Леонтьев)				350	2,9

денудация, селевые, эоловые процессы и др. Продукты выноса часто аккумулируются в пологих формах рельефа и не отражаются в твердом стоке рек. Учитывая это, следует полагать, что модуль денудации значительно больше модуля твердого стока рек. Подсчет объема коррелятивных отложений четвертичного периода показывает, что модуль склоновой денудации больше модуля твердого стока рек на 15—25%. т. е. составляет в среднем 125 т/км<sup>2</sup>, 50 микрон в год, а денудационный метр—20 тыс. лет.

### Неотектонические движения и денудация

Морфологический анализ речных долин Вулканического нагорья Армянской ССР показывает весьма отчетливую ступенчатость продольных профилей всех рек и блоковые вертикальные дифференциальные движения земной коры. По нашим подсчетам, за весь четвертичный период, среднее поднятие междуречья рр. Куры и Аракс составляет 0,6—1 мм в год. Если сравнить эндогенное поднятие масс со слоем денудации, то разница весьма большая: ежегодно денудировается только 1/12—1/20 часть поднявшейся массы.

Из вышеизложенного следует, что в создании крупных форм рельефа решающими являются эндогенные движения масс. Экзогенные процессы, главным образом речная эрозия, создают мезо- и микроформы рельефа.

В денудационных процессах доминирующим является речная эрозия. На фоне неотектонических движений происходили эрозионные процессы. В некоторых каньонах глубина послепалеогенового врезания достигает до 600—700 м. Например р. Воротан у с. Татев имеет каньон глубиной в 700 м; р. Аракс на несколько км выше устья р. Ахурян врезалась на 900 м в акчагыльские лавы, т. е. ежегодный врез составляет 0,5—0,8 мм, значительно меньше, чем эпейрогеническое поднятие. Отсюда можно заключить, что не только плоскостная денудация, но даже линей-

\* Из данных автора нами изъято количество селевых выносов.  
Известия, XIX, № 3—5

նյա էրոզիա իր ինքնուրույն արագությամբ 3-ից 6 անգամ ավելի քան էնդոգենային շարժումների արագությունը: Այսինքն, արագ էրոզիայի արագացումը և արագ էրոզիայի արագացումը և արագ էրոզիայի արագացումը:

Րեզյումիրալ ասենք, որ Վուկանիկական լեռնաշղթայի Արմենիայի ՀԽՍՀ-ում գերակշռում է էնդոգենային շարժումների արագացումը: Այսինքն, արագ էրոզիայի արագացումը և արագ էրոզիայի արագացումը:

Երևանի պետական  
ուниверситет

Поступила 14.XI.1964.

## Հ. Կ. ԳԱԲՐԻԵԼՅԱՆ

### ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԷՐՈԶԻՆԻՆԻ ԲԱՐՁՐԱՎԱՆՊԱԿԻ ԳԵՏԵՐԻ ԿՈՇՏ ՀՈՍՔՐ ԵՎ ԳԵՆՈՒԴԱՑԻԱՆ

#### Ա մ փ ո փ ո լ մ

Պենուդացիոն պրոցեսների մեջ գետերի կոշտ հոսքը ունի շատ կարևոր նշանակություն: Այն կազմված է երեք բաղադրիչներից՝ քիմիական, կախված է գլորվող նյութերի հոսքից:

Գետերի ջրի հանքայնացումը փոփոխվում է ըստ բարձրության՝ Արարատյան դաշտում այն հասնում է 200—500 մգ/լ, միջին բարձրության լեռներում — 100—200 մգ/լ, իսկ բարձր լեռներում մինչև 100 մգ/լ: Հայկական ՍՍՀ հրաբխային շրջաններում քիմիական հոսքի մոդուլը կազմում է 20 մ<sup>3</sup>/կմ<sup>2</sup>, այսինքն 50 տ/կմ<sup>2</sup>, որը 3 անգամ պակաս է Մեծ Կովկասի քիմիական հոսքից:

Հայկական ՍՍՀ հրաբխային բարձրավանդակի գետերն ունեն փոքր պղտորություն: Միջին տարեկան պղտորությունը հասնում է 90 գ/մ<sup>3</sup>, որը 27 անգամ պակաս է Արաքսի պղտորությունից: Կախված նյութերի հոսքի մոդուլը կազմում է 31 տ/կմ<sup>2</sup>, որը 6 անգամ պակաս է Արաքսի կախված նյութերի մոդուլից: Կախված նյութերից առաջացած հոսքի շերտը 24 անգամ փոքր է Մեծ Կովկասի համապատասխան շերտից:

Գլորվող նյութերի վերաբերյալ գիտարկումներ մինչև այժմ չեն կատարվում: Գլորվող նյութերի բանակը մեր կարծիքով պետք է լինի կախված նյութերի 50%-ի շափով:

Ամփոփելով երեք բաղադրիչներից կազմված հոսքը ստորև բերվում է հոսքի և գենուդացիայի աղյուսակը:

Կանչերի գենուդացիայի մեջ, բացի գետերի կոշտ հոսքից, մասնակցում են նաև այլ ազդակներ՝ գեֆլյուկցիան, սելավները, քամին և այլն: Եթե հաշվի առնենք նաև այդ գործոնները, ապա լանջային գենուդացիայի մոդուլը գետերի կոշտ հոսքի մոդուլից մեծ կլինի 15—25% և կհասնի 125 տ/կմ<sup>2</sup>, այսինքն տարեկան 50 միկրոնի:

Հոսքի տիպը	Կոշտ հոսք հազ. տոննա- ներով	Հոսքի ճո- ղուլը $m^3/d^2$	Հոսքի տարե- կան շերտը <sup>2</sup> միկրոններով	Գննուղու- ցիոն մետր հազ. տարի
Քիմիական	650	50	20	50
Կախված նյութերի	400	31	13	83
Գլորվող նյութերի	200	15	6	160
Ընդամենը	1250	96	39	26

Ըստ մեր հաշվումների ուղղաձիգ տեկտոնական բարձրացումները Քուռ-Արաքսյան միջազևտրում կազմում են տարեկան 0,6—1 մմ, մինչդեռ դինուցիոն շերտի հաստությունը կազմում է 0,05 մմ (12—20 անգամ պակաս քան բարձրացումը):

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Волин А. В. Твердый сток и скорость эрозии. Изв. АН СССР, сер. географическая и геофизическая, № 5, 1946.
2. Габриелян Г. К. О растворимости эффузивных пород Армянской ССР. Доклады АН АрмССР, т. XXXIX, № 2, 1964.
3. Леонтьев Г. С. Денудация в бассейне р. Терек. Изв. ВГО, вып. 5, 1947.
4. Лопатин Г. В. Наносы рек СССР, Географгиз, 1952.
5. Максимович Г. А. Химическая денудация вод суши, Географгиз, 1952.
6. Поляков Б. В. Исследование стока взвешенных и донных наносов. Л., 1935.
7. Хмаладзе Г. Н. Мутность рек Армении. Изв. АН Арм. ССР, серия техн. наук, № 1, 1958.
8. Хмаладзе Г. Н. Взвешенные наносы рек Армянской ССР. Л., 1964.
9. Шамов Г. И. Речные наносы. Гидрометеиздат, Л., 1964.

С. М. АЙВАЗЯН

К ОСНОВАМ ГЕОМЕХАНИКИ\*

(Сообщение второе)

11. Событие, происходящее с частицей, определяется тремя координатами, моментом времени, когда произошло событие и состоянием массы частицы — пятой координатой континуума пространство — время — масса.

Рассмотрим две системы отсчета  $K$  и  $K'$ , движущиеся с постоянной скоростью друг относительно друга. Координатные оси  $X$  и  $X'$  совпадают,  $Y$  и  $Z$  параллельны осям  $Y'$  и  $Z'$ ; время в системах  $K$  и  $K'$  обозначим через  $t$  и  $t'$ .

Первое событие состоит в том, что сигнал отправляется в системе  $K$  из точки с массой  $m_1$ , координатами  $x_1, y_1, z_1$  в момент времени  $t_1$ . Второе событие — сигнал приходит в этой же системе в точку с массой  $m_2$  и координатами  $x_2, y_2, z_2$  в момент времени  $t_2$ .

Если принять, что скорость сигнала в интервале между двумя событиями постоянна, то пройденное сигналом расстояние равно  $c(t_2 - t_1)$ ; это же расстояние, выраженное через пространственные координаты в пятимерном континууме равно  $[(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 + \gamma(m_2 - m_1)^2]^{1/2}$ , где  $\gamma$  — константа размерности. Уравнение движения сигнала выразится через зависимость между координатами обоих событий в системе  $K$ :

$$(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 + \gamma(m_2 - m_1)^2 - c^2(t_2 - t_1)^2 = 0. \quad (8,1)$$

Интервал ( $s_{12}$ ) между двумя событиями имеет следующую форму:

$$s_{12} = [c^2(t_2 - t_1)^2 - (x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2 - (z_2 - z_1)^2 - \gamma(m_2 - m_1)^2]^{1/2}. \quad (8,2)$$

Если скорость сигнала непостоянна, т. е. в момент времени  $t_1$  сигнал распространяется со скоростью  $c_1$ , а в момент времени  $t_2$  — со скоростью  $c_2$ , то пройденное сигналом расстояние равно  $(c_2 - c_1)^2(t_2 - t_1)^2$ . Интервал, следовательно, примет вид:

$$s_{12} = [(c_2 - c_1)^2(t_2 - t_1)^2 - (x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2 - (z_2 - z_1)^2 - \gamma(m_2 - m_1)^2]^{1/2}. \quad (8,3)$$

Совершенно то же самое можно сказать о двух событиях и интервале в системе  $K'$ .

\* Продолжение. Начало см. „Известия“ АН Армянской ССР (науки о Земле), № 1-2, 1966.

Как известно, из инвариантности (неизменности) скорости света следует, что интервал является инвариантом по отношению к преобразованию от одной инерциальной системы отсчета к любой другой. Тогда, из неинвариантности скорости света (сигнала) следует, что интервал неодинаков во всех инерциальных системах отсчета, он разнится на величину, пропорциональную изменению скорости сигнала:  $c_2 - c_1$ .

Интервал между бесконечно близкими событиями в пятимерном континууме при условии, что скорость света в пределах интервала постоянна, равен:

$$ds^2 = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2 - \gamma dm^2. \quad (8,4)$$

Если  $m_1 = m_2$ , то  $dm^2$  обратится в нуль и соотношение (8,4) примет обычный релятивистский вид:

$$ds^2 = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2.$$

Из соображений математического удобства можно принять:

$$\tau = ict,$$

тогда соотношения (8,2) и (8,4) запишутся:

$$s_{12}^2 = - [(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 + \gamma (m_2 - m_1) + (\tau_2 - \tau_1)^2],$$

$$ds^2 = - (dx^2 + dy^2 + dz^2 + \gamma dm^2 + d\tau^2), \quad (8,5)$$

где  $ds^2$  — квадрат элемента длины.

Если  $ds = 0$  в одной из инерциальных систем отсчета, то  $ds' \neq 0$  в другой инерциальной системе, если скорость сигнала ( $c$ ) в этих системах различна; следовательно,  $ds^2$  и  $ds'^2$  не будут пропорциональны друг другу:

$$ds^2 \neq ds'^2. \quad (8,6)$$

Из (8,6) следует, что при неравенстве бесконечно малых интервалов, не равны и конечные интервалы:  $s \neq s'$ .

Таким образом, интервал между событиями неодинаков во всех инерциальных системах отсчета, если скорость сигнала в них различна; относительно двух систем отсчета разность интервалов пропорциональна разности скоростей сигнала в этих системах.

12. Пусть в системе отсчета  $K$  произошли два события, характеризуемые вышеуказанными координатами. Зададимся вопросом, могут ли эти два события произойти в одном и том же месте пространства в системе  $K'$ .

Обозначим

$$c_2 - c_1 = c_{12}, \quad t_2 - t_1 = t_{12}, \quad m_2 - m_1 = m_{12},$$

$$(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 = l_{12}^2.$$

Допустим, что скорость сигнала постоянна в обеих системах. Интервал между событиями в системе  $K$  равен:

$$s_{12}^2 = c^2 t_{12}^2 - l_{12}^2 - \gamma m_{12}^2, \quad (9,1)$$

а в системе  $K'$ :

$$s_{12}'^2 = c^2 t_{12}'^2 - l_{12}'^2 - \gamma m_{12}'^2. \quad (9,2)$$

В силу инвариантности интервала из (9,1) и (9,2) имеем:

$$c^2 t_{12}^2 - l_{12}^2 - \gamma m_{12}^2 = c^2 t_{12}'^2 - l_{12}'^2 - \gamma m_{12}'^2.$$

Если два события происходят в одной и той же точке в системе  $K'$  (т. е.  $l_{12}' = 0$ ), то:

$$s_{12}^2 = c^2 t_{12}^2 - l_{12}^2 - \gamma m_{12}^2 = c^2 t_{12}'^2 - \gamma m_{12}'^2 > 0. \quad (9,3)$$

Таким образом, два события могут произойти в одном и том же месте пространства в системе  $K'$ , если интервал между событиями вещественный (времениподобный), т. е. если  $s_{12}^2 > 0$ .

В силу неинвариантности интервала имеем:

$$c_{12}^2 t_{12}^2 - l_{12}^2 - \gamma m_{12}^2 \neq c_{12}'^2 t_{12}'^2 - l_{12}'^2 - \gamma m_{12}'^2.$$

Если потребовать, чтобы события произошли в одной точке в системе  $K'$  ( $l_{12}' = 0$ ), то:

$$s_{12}^2 = c_{12}^2 t_{12}^2 - l_{12}^2 - \gamma m_{12}^2 \neq c_{12}'^2 t_{12}'^2 - \gamma m_{12}'^2. \quad (9,4)$$

Правая часть соотношения (9,4) может быть больше, меньше или равна нулю; важно то, что в силу неинвариантности интервала не существует такой системы отсчета, в которой оба события произошли бы в одной и той же точке пространства.

Два события могут произойти в одно и то же время в двух системах отсчета  $K$  и  $K'$ , если интервал инвариантен. В силу инвариантности интервала

$$c^2 t_{12}^2 - l_{12}^2 - \gamma m_{12}^2 = c^2 t_{12}'^2 - l_{12}'^2 - \gamma m_{12}'^2$$

и так как мы требуем, чтобы  $t_{12}' = 0$ , то

$$s_{12}^2 = -l_{12}'^2 - \gamma m_{12}'^2 = -(l_{12}'^2 + \gamma m_{12}'^2) < 0, \quad (9,5)$$

т. е. если интервал между двумя событиями мнимый (пространственноподобный), то можно найти такую систему отсчета, в которой оба события произошли в одно и то же время. Однако если интервал неинвариантен, то при  $t_{12}' = 0$

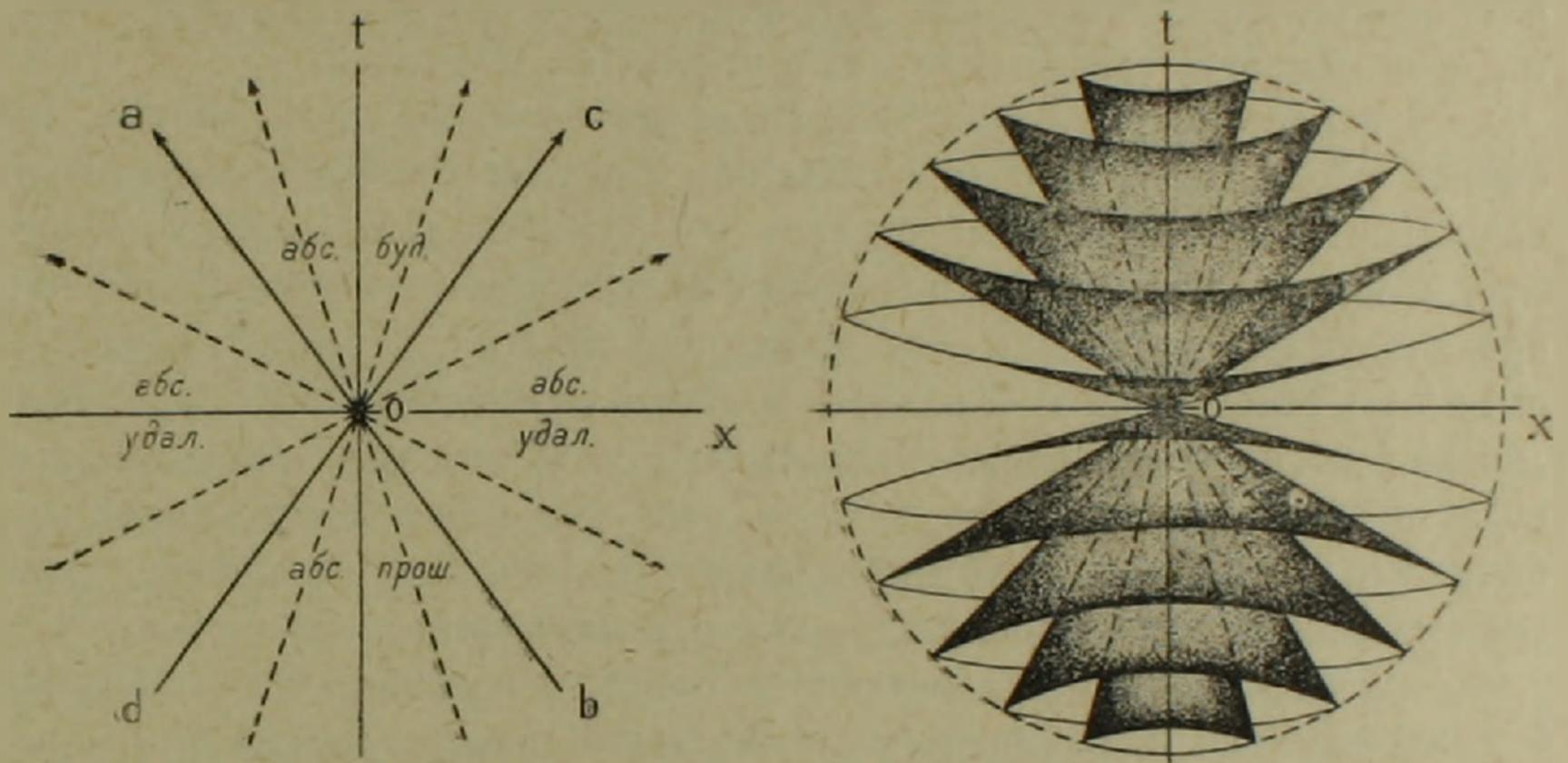
$$s_{12}^2 = c_{12}^2 t_{12}^2 - l_{12}^2 - \gamma m_{12}^2 \neq -(l_{12}'^2 + \gamma m_{12}'^2), \quad (9,6)$$

т. е. не существует такой системы отсчета, в которой два события произошли бы в одно и то же время.

Таким образом, свойство интервала быть времениподобным или пространственноподобным (вещественным или мнимым) всецело зависит от выбора систем отсчета и от изменения в них скорости сигнала. В силу неинвариантности интервалов, подразделение их на времениподобные и пространственноподобные не является понятием абсолютным.

13. Рассмотрим событие  $O$  в четырехмерной системе координат и отношение к нему других событий при условии, что скорость сигнала может бесконечно возрасти\*. В релятивистской механике мировые линии движущейся частицы образуют „световой конус“, внутренние полости которого изображают „абсолютно будущее“ и „абсолютно прошедшее“. При бесконечном возрастании скорости сигнала мировые линии событий примут конфигурацию „светового шара“.

Пусть событие  $O$  начало временной ( $t$ ) и одной из пространственных координат ( $x$ ) (фиг. 1). По отношению к этому событию все остальные события (при прямолинейном равномерном движении частицы) изображаются в виде прямой линии, проходящей через начало координат под определенным углом к оси  $t$ , тангенс которого равен скорости частицы. При постоянстве скорости двух сигналов, распространяющихся в противоположных направлениях, их мировые линии



Фиг. 1.

( $ab$  и  $dc$ ) образуют некоторый наибольший угол с осью  $t$ , соответствующий постулату о существовании наибольшей скорости движения материальной частицы — скорости света; в этом случае, как отмечалось, линии образуют „световой конус“.

Однако, в действительности скорость частицы (света) может возрасти неограниченно или, что то же, в природе не существует наибольшей возможной скорости распространения взаимодействий. Поэтому, мировая линия движения частицы образует в пределе прямой угол с осью  $t$ ; множество мировых линий с возрастающим углом к оси  $t$  (возрастающая скорость движения частицы) при „вращении“ вокруг начала координат образует круг.

При постоянной (максимально возможной) скорости распространения сигнала интервалы между событиями в области  $aOc$  и собы-

\* Такое событие должно рассматриваться, вообще то говоря, в пятимерном континууме.

тием  $O$  являются времениподобными, т. е. для всех мировых точек этой области справедливо  $c^2t^2 - x^2 > 0$  и, следовательно  $t > 0$  (все события этой области, как „абсолютно будущие“, происходят после  $O$ ). Два события, разделенных времениподобным интервалом, могут произойти в одном и том же месте в какой-либо из систем отсчета, но ни в одной системе отсчета не могут произойти одновременно. Поэтому, в пределах  $aOc$  нельзя выбрать такой системы отсчета, где бы событие произошло раньше, чем  $O$ .

При бесконечном возрастании скорости сигнала (отсутствии максимально возможной скорости распространения взаимодействий) наступит момент, когда линии  $Oa$  и  $Oc$  сольются с осью  $x$ , т. е. события, мировые точки которых лежат вдоль этих линий, произойдут одновременно с событием  $O$ .

Отсюда следует, что события, разделенные времениподобным интервалом, могут произойти одновременно в одной из систем отсчета, если скорость взаимодействий бесконечно возрастет.

При постоянстве скорости сигнала интервал между любым событием в области  $aOd$   $cOb$  и событием  $O$  является пространственно-подобным: в любой системе отсчета эти события происходят в разных местах пространства и можно найти такую систему отсчета, где они происходят одновременно. Эти области являются „абсолютно удаленными“ по отношению к  $O$  и здесь понятия „одновременно“, „раньше“, „позже“ носят абсолютный характер: „для всякого события этой области есть такие системы отсчета, где оно происходит позже события  $O$ , системы, где оно происходит раньше  $O$ , и, наконец, одна система отсчета, где оно происходит одновременно с  $O$ “ [1].

При бесконечном возрастании скорости сигнала,  $aOd$  и  $cOb$  будут сокращаться и, наконец, наступит такой момент, когда они ограничатся осью  $x$ . Тогда для всякого события этой области будет только одна система отсчета—именно та, где событие происходит одновременно с  $O$ . Следовательно, при сверхсветовых, неограниченно возрастающих скоростях исчезает различие между времениподобным и пространственноподобным интервалами, понятия „раньше“ и „позже“, также как и причинно-следственные понятия, не имеют абсолютного смысла.

14. Рассмотрим время пятимерного континуума в двух инерциальных системах отсчета при постоянной скорости сигнала.

Пусть одна из систем с наблюдателем и часами покоится, другая система—с часами—движется равномерно относительно первой. Судя по неподвижным часам, движущиеся часы за бесконечно малый промежуток времени  $dt$  пройдут расстояние  $\sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2 + \gamma d\bar{m}^2}$ . Определим промежуток времени  $dt'$ , показываемый движущимися часами.

Движущиеся часы в своей системе координат покоятся, т. е.  $dx' = dy' = dz' = \gamma dm' = 0$ . При постоянной скорости сигнала в пятимерном континууме интервал инвариантен, поэтому:

$$ds^2 = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2 - \gamma dm^2 = c^2 dt'^2. \quad (10,1)$$

$$dt' = \frac{ds}{c} = \frac{1}{c} \sqrt{c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2 - \gamma dm^2}. \quad (10,2)$$

Умножив и разделив подкоренное выражение на  $c^2 dt^2$ , получим:

$$dt' = dt \sqrt{1 - \frac{dx^2 + dy^2 + dz^2}{c^2 dt^2} - \frac{\gamma dm^2}{c^2 dt^2}} \quad (10,3)$$

Скорость движущихся часов обозначим через  $v$ ; тогда, имея  $c^2 dt'^2 = ds^2$  и  $\frac{dx^2 + dy^2 + dz^2}{dt^2} = v^2$ , получим:

$$dt' = \frac{ds}{c} = dt \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2} - \gamma \left(\frac{dm}{ds}\right)^2} \quad (10,4)$$

Проинтегрировав (10,4), найдем время, показываемое движущимися часами, если по неподвижным часам пройдет время  $t_2 - t_1$ :

$$t'_2 - t'_1 = \int_{t_1}^{t_2} dt \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2} - \gamma \left(\frac{dm}{ds}\right)^2}. \quad (10,5)$$

Таким образом, собственное время движущейся системы меньше соответствующего промежутка времени в неподвижной системе.  $\frac{dm}{ds}$  показывает изменение массы с расстоянием и ее влияние на время движущегося объекта.

15. Можно показать, что преобразования координат для пятимерного континуума инварианты по отношению к преобразованиям Лоренца при допущении, что скорость сигнала постоянна (невозможно установить какая из систем находится в абсолютном движении).

С этой целью рассмотрим две координатные системы (фиг. 2): нештрихованную  $XYZ$  и штрихованную  $X'Y'Z'$  соответственно условно неподвижную и подвижную. Оси систем параллельны,  $X'Y'Z'$  движется относительно  $XYZ$  вдоль оси  $OX$  со скоростью  $v$ .

Координаты  $y$  и  $z$  преобразуются (аналогично преобразованиям Галилея) соотношением:

$$y' = y \text{ и } z' = z.$$

Найдем преобразования координат  $x$  и  $t$ . С этой целью запишем координату точки в начале координат подвижной системы ( $t' = 0$ ):

$$x' + \gamma m' = 0. \quad (11,1)$$

Эта точка в неподвижной системе в момент времени  $t$  (отсчитанный в неподвижной системе) имеет координату:

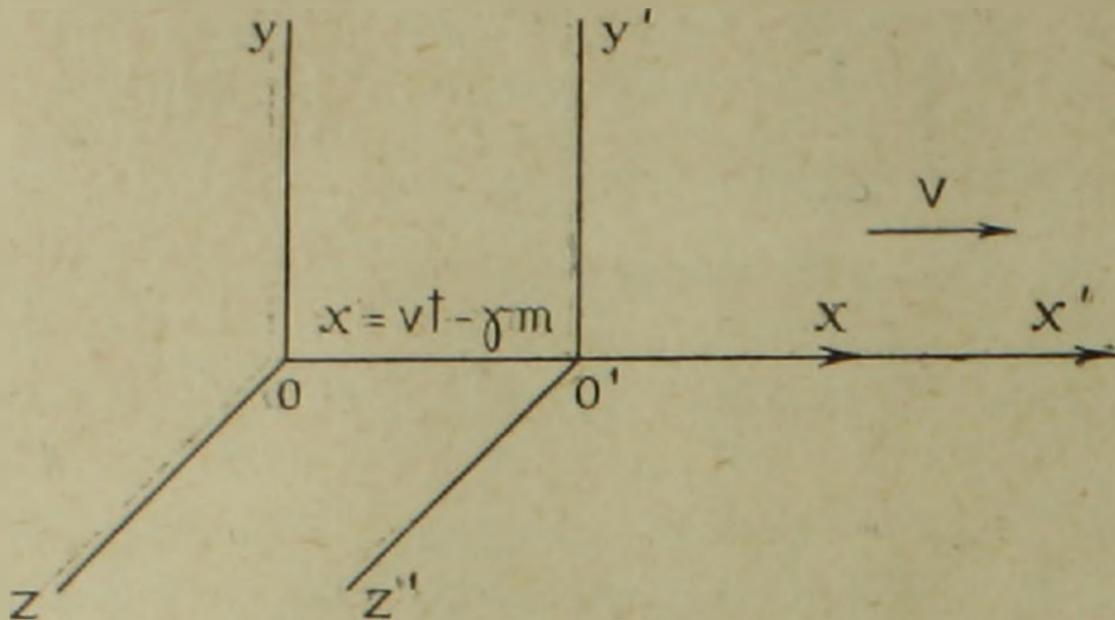
$$x = vt - \gamma m \quad \text{или} \\ x - vt + \gamma m = 0. \quad (11,2)$$

Из сравнения (11,1) и (11,2) следует, что оба соотношения отличаются для любых моментов времени постоянным множителем, т. е.:

$$x' + \gamma m' = \alpha (x - vt + \gamma m). \quad (11,3)$$

Соответственно, точка в начале координат неподвижной системы ( $t=0$ ) имеет координату:

$$x + \gamma m = 0, \quad (11,4)$$



Фиг. 2.

а координата этой же точки в подвижной системе в момент времени  $t'$  (отсчитанный в подвижной системе) равна:

$$\begin{aligned} x' &= -vt' - \gamma m' && \text{или} \\ x' + vt' + \gamma m' &= 0. \end{aligned} \quad (11,5)$$

Из сравнения (11,4) и (11,5) имеем:

$$x + \gamma m = \alpha (x' + vt' + \gamma m'). \quad (11,6)$$

Если постоянный световой сигнал отправляется от начала координат обеих систем в направлении осей  $Ox$  и  $O'x'$ , то координаты точек, до которых дойдет сигнал в произвольные моменты времени  $t$  и  $t'$ , запишутся:

$$x = ct - \gamma m; \quad x' = ct' - \gamma m'. \quad (11,7)$$

Перемножив (11,3) и (11,6), подставив значения  $x$  и  $x'$  по (11,7), получим:

$$c^2 = \alpha^2 (c^2 - v^2),$$

откуда, взяв для  $\alpha$  положительные значения корня, имеем:

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Подставив значение  $\alpha$  в (11,3) и (11,6), получим:

$$\begin{aligned} x' + \gamma m' &= \frac{x - vt + \gamma m}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \\ x' &= \frac{x - vt + \gamma m}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - \gamma m' \end{aligned} \quad (11,8)$$

Соответственно:

$$x + \gamma m = \frac{x' + vt' + \gamma m'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

$$x = \frac{x' + vt' + \gamma m'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - \gamma m. \quad (11,9)$$

Из (11,8) имеем:

$$x' = \frac{x - vt + \gamma m - \gamma m' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Если принять:

$$\gamma m' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \gamma m, \quad (11,10a)$$

(масса покоящегося тела меньше массы движущегося на  $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ ),

то:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \quad (11,10)$$

Таким образом, мы получили формулу преобразования координат Лоренца для  $x'$ .

Соответственно, из (11,9) имеем:

$$x = \frac{x' + vt' + \gamma m' - \gamma m \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Обозначим:

$$\gamma m \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \gamma m'. \quad (11,11a)$$

$$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \quad (11,11)$$

Решая (11,10) и (11,11) относительно  $t$  и  $t'$  получим преобразования Лоренца для  $t$  и  $t'$ :

$$t' = \frac{t - \frac{v}{c^2} x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad t = \frac{t' + \frac{v}{c^2} x'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \quad (11,12)$$

16. Приведенные ранее выражения для импульса (2,6) и энергии (2,9) частицы в пятимерном континууме позволяют записать зависи-

мость между энергией, импульсом, скоростью, массой и пройденным расстоянием свободной частицы. С этой целью возведем в квадрат и сравним выражения (2,6) и (2,9):

$$p^2 = \frac{m^2 v^2}{1 - \frac{v^2}{c^2} - \gamma \left( \frac{dm}{ds} \right)^2}; \quad E^2 = \frac{\left\{ mc^2 \left[ 1 - \gamma \left( \frac{dm}{ds} \right)^2 \right] \right\}^2}{1 - \frac{v^2}{c^2} - \gamma \left( \frac{dm}{ds} \right)^2}.$$

$$\frac{v}{p} = \frac{c^2 \left[ 1 - \gamma \left( \frac{dm}{ds} \right)^2 \right]}{E}. \quad (12,1a)$$

$$p = \frac{Ev}{c^2 \left[ 1 - \gamma \left( \frac{dm}{ds} \right)^2 \right]}. \quad (12,1)$$

Используя (12,1a) можно найти соотношение между энергией и импульсом частицы. Из соображений математического удобства заменим в (2,6) и (2,9) дифференциальную форму  $\frac{dm}{ds}$  через  $\frac{m}{s}$ :

$$E = \frac{pc^2 \left( 1 - \gamma \frac{m^2}{s^2} \right)}{v}. \quad (12,1b)$$

Определим значение  $v$  из (2,6):

$$v^2 = \frac{p^2 c^2 (s^2 - \gamma m^2)}{s^2 (m^2 c^2 + p^2)},$$

$$E = \frac{pc^2 \left( 1 - \gamma \frac{m^2}{s^2} \right)}{\sqrt{\frac{p^2 c^2 (s^2 - \gamma m^2)}{s^2 (m^2 c^2 + p^2)}}},$$

$$\frac{E^2}{c^2} = \frac{1}{s^2} (s^2 - \gamma m^2)(m^2 c^2 + p^2). \quad (12,2)$$

Выражения (12,1) и (12,2) показывают искомую зависимость.

Зависимость между энергией и импульсом — функция Гамильтона — примет вид:

$$H = \frac{c}{s} \sqrt{(s^2 - \gamma m^2)(m^2 c^2 + p^2)}. \quad (12,3)$$

Разложим  $H$  в ряд (по степеням) и опустим члены высших порядков:

$$H \approx \frac{c}{s} \left[ \left( s^2 - \frac{1}{2} \gamma m^2 \right) \left( m^2 c^2 + \frac{1}{2} p^2 \right) \right] \approx$$

$$\approx \left( s^2 - \frac{1}{2} \gamma m^2 \right) \left( \frac{m^2 c^3}{s} + \frac{cp^2}{2s} \right).$$

Полученное выражение умножим на  $s$  и разделим на  $mc$ :

$$H \approx \left( s^2 - \frac{1}{2} \gamma m^2 \right) \left( mc^2 + \frac{p^2}{2m} \right). \quad (12,4)$$

Таким образом, мы получили во второй скобке релятивистскую энергию покоя частицы и классическое выражение функции Гамильтона, а первая — указывает на зависимость энергии и импульса от расстояния и массы в пятимерном континууме.

17. *Пятимерной скоростью* (5-скоростью) частицы является вектор

$$u_i = \frac{dx_i}{ds}. \quad (13,1)$$

Компонента  $ds$  согласно (10,4) запишется

$$ds = cdt \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2} - \gamma \left( \frac{dm}{ds} \right)^2}.$$

Отсюда

$$\begin{aligned} u_1 = \frac{dx_1}{ds} &= \frac{dx}{cdt \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2} - \gamma \left( \frac{dm}{ds} \right)^2}} = \\ &= \frac{v_x}{c \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2} - \gamma \left( \frac{dm}{ds} \right)^2}}. \end{aligned} \quad (13,2)$$

Скорости  $u_2, u_3$  записываются подобно (13,2). Для  $u_4$  замечаем, что  $x_4 = ict$  ( $i = x_4/ct$ ):

$$u_4 = \frac{i}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2} - \gamma \left( \frac{dm}{ds} \right)^2}}. \quad (13,3)$$

Для  $u_5$  имеем:

$$u_5 = \frac{dx_5}{cdt \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2} - \gamma \left( \frac{dm}{ds} \right)^2}}. \quad (13,4)$$

Компонента  $dx_5$  характеризует массу частицы — пятую координату пятимерного континуума. Вторую производную пятимерной скорости

$$\frac{d^2 x_i}{ds^2} = \frac{du_i}{ds} \quad (13,5)$$

можно назвать 5-ускорением.

Поскольку  $dx_i^2 = -ds^2$  (согласно 8,5), то из (13,1) следует

$$u_i^2 = -1, \quad (13,6)$$

а продифференцировав это отношение по независимой переменной  $s$ , получим:

$$u_i \frac{du_i}{ds} = 0. \quad (13,7)$$

Из (13,7) следует, что пятимерные векторы скорости и ускорения „взаимно перпендикулярны“.

18. В соответствии с принципом наименьшего действия, для частицы, не находящейся под влиянием внешних сил (т. е. свободной материальной точки), действие есть интеграл ( $S$ ), минимальный вдоль мировой линии между заданными мировыми точками ( $a$  и  $b$ ) нахождения частицы.

Поскольку интеграл  $\int_a^b ds$  с положительным знаком не может иметь минимума, он должен быть взят с обратным знаком:

$$S = -mc \int_a^b ds. \quad (14,1)$$

Здесь  $ds$  — есть интервал между начальной и конечной точками расположения частицы; для принятого нами пятимерного континуума интервал имеет форму (8,4).  $mc$  — постоянная, характеризующая данную частицу.

Вариация интеграла действия ( $\delta S$ ) равна нулю:

$$\delta S = -mc \delta \int_a^b ds = 0. \quad (14,2)$$

Подставим сюда значение  $ds = \sqrt{-dx_i^2}$ :

$$\begin{aligned} \delta S &= -mc \delta \int_a^b \sqrt{-dx_i^2} = -mc \int_a^b \frac{1}{2\sqrt{-dx_i^2}} \delta(-dx_i^2) = \\ &= mc \int_a^b \frac{1}{2\sqrt{-dx_i^2}} 2dx_i \delta dx_i = mc \int_a^b \frac{dx_i}{ds} d\delta x_i = \\ &= mc \int_a^b u_i d\delta x_i = mc u_i \delta x_i \Big|_a^b - mc \int_a^b \delta x_i du_i = \\ &= mc u_i \delta x_i \Big|_a^b - mc \int_a^b \delta x_i \frac{du_i}{ds} ds. \end{aligned} \quad (14,3)$$

Если заданы два положения частицы в точках  $a$  и  $b$ , то  $(\delta x_i)_a = (\delta x_i)_b = 0$ , а траектория движения частицы определяется из условия равенства нулю вариации действия ( $\delta S = 0$ ). Тогда из (14,3) следует, что  $\frac{du_i}{ds} = 0$ , т. е. в этом случае скорость свободной частицы в пятимерном континууме будет постоянной.

Если же задано положение частицы лишь в одной точке  $a$   $[(\delta x_i)_a = 0]$ , а вторая точка  $b$  является переменной, то вариация действия есть функция от координат, поэтому интеграл в (14,3) равен нулю. Отсюда, приняв  $\delta x_i$  вместо  $(\delta x_i)_b$ , получим:

$$\delta S = m c u_i \delta x_i. \quad (14,4)$$

Таким образом, соотношения (14,3) и (14,4) показывают, что вариации действия частицы для четырех- и пятимерного континуума внешне совершенно аналогичны.

19. Пятимерный импульс ( $p_i$ ) для свободной материальной частицы является пятимерным вектором с составляющими  $\frac{\partial s}{\partial x_i}$ . Следовательно, из (14,4) значение импульса запишется:

$$p_i = m c u_i. \quad (15,1)$$

Пятимерный вектор ( $g_i$ ) есть производная импульса по  $ds$ :

$$g_i = \frac{dp_i}{ds} = m c \frac{du_i}{ds}. \quad (15,2)$$

Согласно (13,7)  $u_i \frac{du_i}{ds} = 0$ , поэтому компоненты пятимерной силы

$$g_i u_i = 0. \quad (15,3)$$

Из (13,6) и (15,1) следует:

$$p_i^2 = - m^2 c^2. \quad (15,4)$$

Подставив сюда значение пятимерного импульса  $p_i = \frac{\partial s}{\partial x_i}$ , получим:

$$\left( \frac{\partial s}{\partial x_i} \right)^2 = - m^2 c^2. \quad (15,5)$$

Это же выражение в развернутом виде для пятимерного континуума:

$$\left( \frac{\partial s}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial s}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial s}{\partial z} \right)^2 + \left( \frac{\partial s}{\partial t} \right)^2 - \frac{1}{c^2} \left( \frac{\partial s}{\partial t} \right)^2 + m^2 c^2 = 0. \quad (15,6)$$

Таким образом, в уравнение Гамильтона-Якоби релятивистской механики в случае пятимерного континуума вводится дополнительная компонента  $\partial s / \gamma \partial t$ , характеризующая состояние массы свободной частицы.

Институт геологических наук  
АН Армянской ССР

Поступила 29.V.1965.

Ս. Մ. ԱՅՎԱԶՅԱՆ

ԵՐԿՐԱՄԵՆԱՆԻԿԱՅԻ ՀԻՄՔԵՐԻ ՇՈՒՐՋԸ

(Երկրորդ հարստում)

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հողի և ջրի ռեսուրսների և առանձին հիմնական կոնստրուկտի մի շարք հիմնական առանձին հատկությունները:

Ընթացող համակարգերում ժամանակի հոսքը ավելի դանդաղ է, քան անշարժ համակարգերում և տարբերությունը հավասար է  $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} - \gamma \left( \frac{dm}{ds} \right)^2$ .

Հինգշափանի կոնտինուումում կոորդինատները կերպափոխվում են չորենցի կերպափոխություններին համաձայն, այսինքն նրանք ինվարիանտ են (անփոփոխ են) այդ կերպափոխությունների վերաբերյալ:

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Ландау Л. Д. и Лифшиц Е. М. Теория поля. Москва. 1962.

ГЕОМОРФОЛОГИЯ

С. М. ИСААКЯН

О МЕХАНИЗМЕ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Русловые процессы состоят из ряда сложнейших механических и геоморфологических явлений, связанных с перемещением жидкости, вернее дисперсного материала по размываемому руслу.

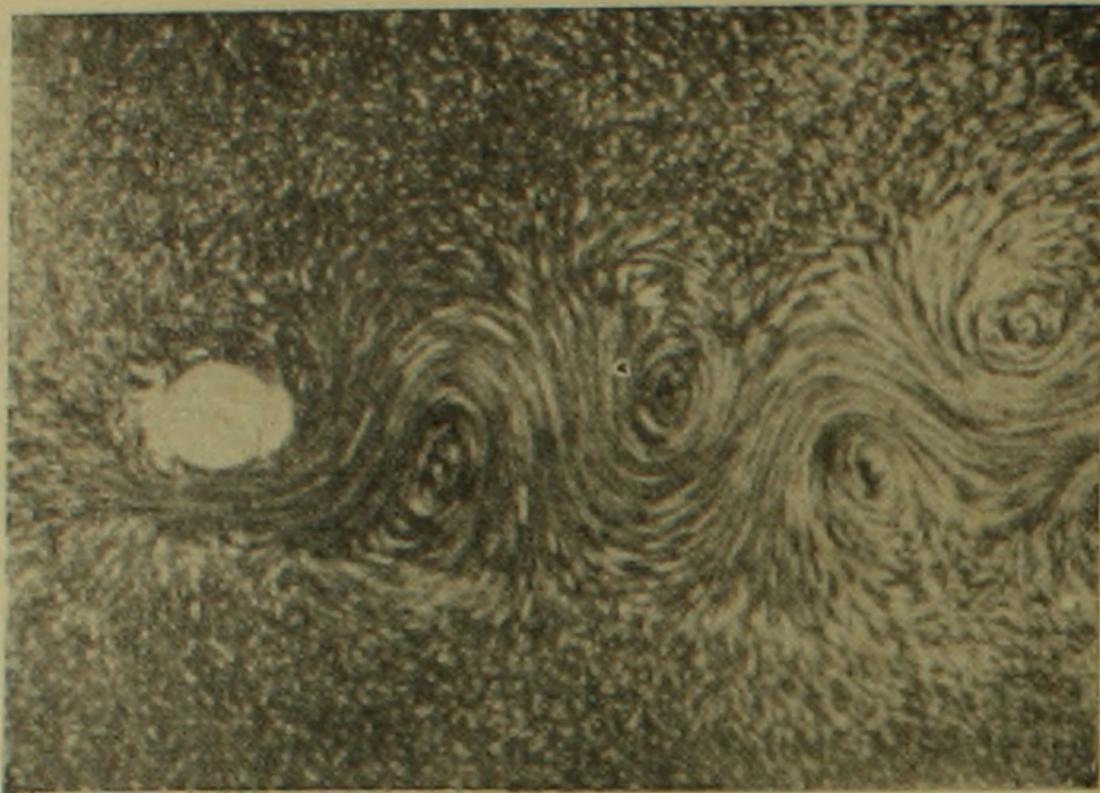
Как отмечает С. Лелявский, движение воды является основной двигательной пружиной русловых процессов. Поэтому, исследование процессов развития форм рельефа русла тесно связано с исследованиями структуры потока.

Так как русловые явления представляют собой скрещение процессов взаимодействия жидкости и размываемого русла, естественно появление в литературе богатого материала натуральных, лабораторных и теоретических исследований русловых процессов, отражающего разные стороны явления.

Как указал Гельмгольц, затрата энергии на преодоление сопротивлений движению жидкости проявляется образованием в потоке поверхностей разрыва скорости, или так называемых вихревых поверхностей [12]. Дальнейшее исследование вихрей привело к выявлению неустойчивости вихревых поверхностей [13], и, к указанию на устойчивую форму их существования в виде шахматно расположенных вихревых пар разного знака, что в честь автора этих исследований получило название — дорожка Кармана. Впоследствии Н. Е. Кочиным было теоретически установлено, что в общем и шахматная система вихрей неустойчива, но было показано, что среди всех параллельных вихревых цепочек наибольшей устойчивостью обладают такие, в которых отношение ширины дорожки  $h$  к расстоянию вихрей  $l$  равно 0,2806 (фиг. 4) [13].

Имеющиеся ранее данные экспериментов Кармана находятся в полном согласии с этими теоретическими выводами [13]. Согласно данным этих опытов вихревая дорожка, образуемая в следе движущегося тела сама медленно двигается в направлении движения этого тела со скоростью в 5—6 раз меньше его скорости, без нарушения своей структуры. На фиг. 1 приведена картина движения жидкости в следе бесконечного цилиндра, полученная Карманом фотографированием линий тока, визуализированных алюминиевым порошком. При этом он исходил из предположения идентичности этой картины с таковой при обтекании цилиндра.

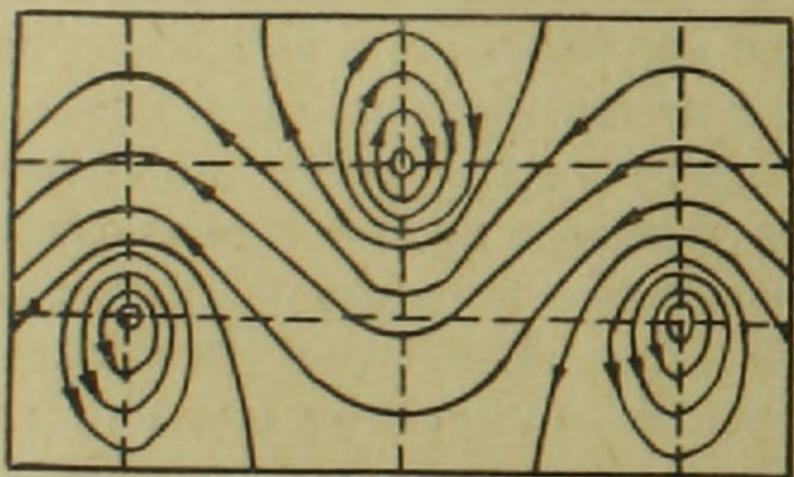
Линии тока, построенные теоретически по формуле (2) для шахматной дорожки вихрей, приведены на фиг. 2. Сходство этих движений очевидное. Как видно из фиг. 1 и 2, рассматриваемая вихревая система, в



Фиг. 1. Дорожка вихрей, полученная Карманом при обтекании бесконечного цилиндра.

свою очередь, обуславливает извилистое движение жидкости между вихревыми рядами.

Таким образом, как проявление гидродинамического сопротивления при относительном движении жидкости на поверхностях разрыва скорости



Фиг. 2.

образуется дорожка Кармана, которая развивает извилистое движение жидкости между вихревыми рядами, одновременно медленно перемещаясь по направлению основного движения жидкости.

Опыты показывают, что движение струи воды в неподвижной среде той же жидкости развивается извилистой траекторией между

явно сформированными шахматными вихрями, образованными на границах разрыва скоростей [14].

Вода, протекающая по лотку с неразмываемыми стенками и с размываемым дном, откладывает на дне лотка шахматно расположенные вращающиеся области песка, между которыми развивается извилистое движение двухфазной жидкости. Сами же, вращающиеся массы, медленно двигаются вниз по течению [2].

Движение струи воды в однородных песках приводит к тому же результату. Прямолинейный поток оказывается очень неустойчивым. Он быстро перерастает в извилистый, с периодическим размывом левого и правого берегов русла, с откладыванием размывого грунта ниже по течению, образуя волнистое русло с закономерными извилинами [1, 2 и др]. В

данном случае песок ведет себя как подвижная непрерывная среда, подчиняющаяся законам гидродинамики. Этот случай повторяет явления, имеющие место при распространении струи в спокойной жидкости.

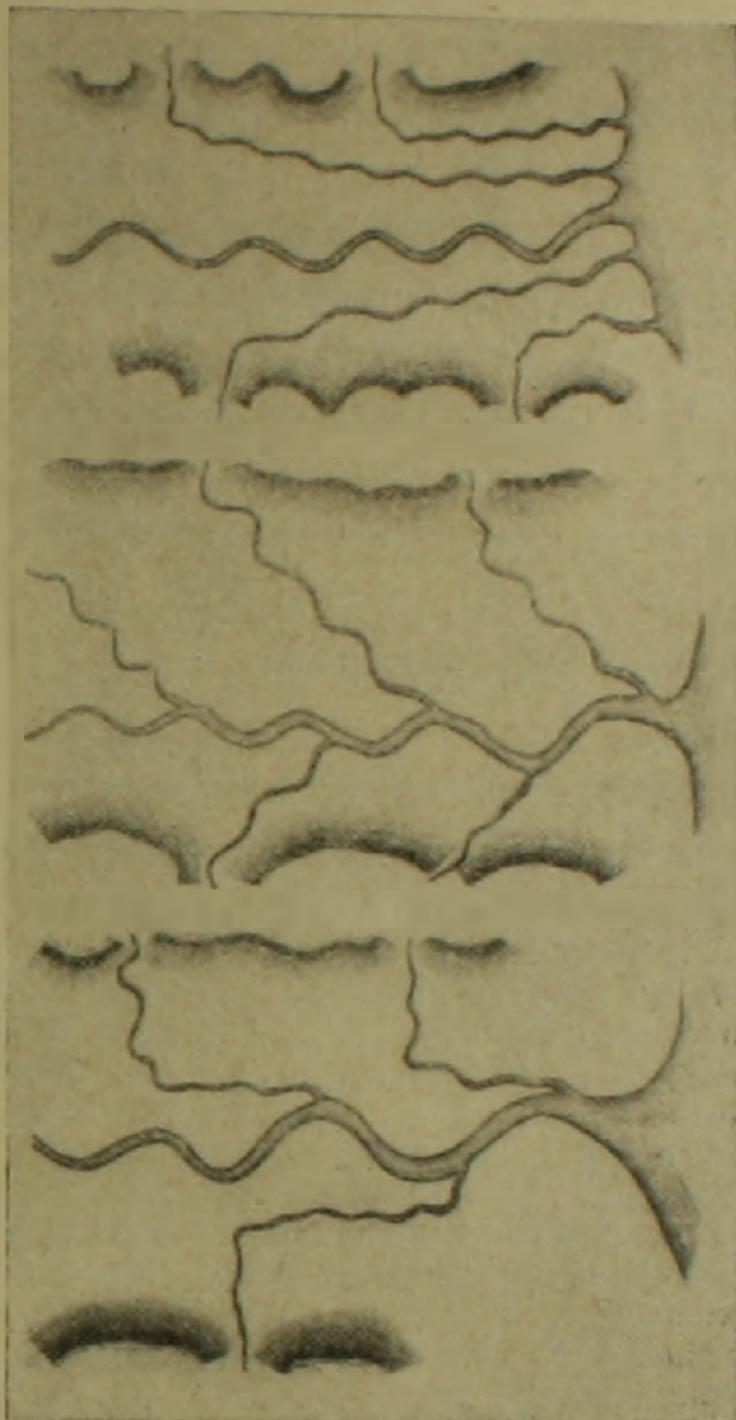
Натурные исследования меандрирующих рек, с образованием побочной извилины и ее перемещений вниз по течению [1, 2, 8, 11 и др.], показывают тождество этих явлений с таковыми, получаемыми в лабораториях на размываемых моделях.

О такой закономерности движения жидкости говорят также перерастания в извилистые русла предварительно выпрямленных рек и каналов [2].

Таким образом приходим к выводу, что дорожка Кармана, будучи носителем гидродинамического сопротивления при относительном движении жидкости, является одновременно причиной перестроения прямолинейного потока в извилистый, меандрирующий. Разница между дорожкой вихрей, полученной Карманом при обтекании тел и таковой, наблюдаемой нами при руслообразующих процессах заключается в том, что в первом случае двигалось твердое тело бесконечных размеров по глубине и конечных на

плане, в бесконечной жидкой среде, а в последнем — имеет место движение струи по сыпучей среде, ведущей себя примерно как жидкость. Размеры струи по глубине конечны, а на плане бесконечны в направлении движения. Эта разница приводит к большей устойчивости образовавшихся на границе разрыва вихрей вследствие их постоянного питания новыми вихрями. А ограниченность глубины потока превращает задачу в пространственную, повторяя явления, наблюдаемые как в горизонтальной плоскости, так и в вертикальной (образование гряд и их перемещение вниз по течению).

Извилистость линий тока в двух ортогональных плоскостях превращает движение жидкости в пространственное — винтовое, действие которого и наблюдаем при русловых процессах: извилистость рек на плане, ступенчатость дна и неровность свободной поверхности воды, которые



Фиг. 3. Реки с выраженными меандрами.  
(Индия, по Фергюсону).

повторяются с определенной частотой, согласованность их взаимного расположения, одновременное перемещение вниз по течению формы русла в обеих проекциях.

На основании вышесказанного становится вполне логичным переращение прямолинейного потока в извилистый, меандрирующий.

Имея ввиду неоднократные замечания исследователей [2 и др.] русловых процессов о том, что они происходят с периодичностью крупномасштабной турбулентности, приходим к логичному заключению, что крупномасштабные турбулентные пульсации в потоке являются следствием гидродинамического сопротивления среды движению жидкости.

Проверим вышеприведенное статистическим анализом имеющихся фактических данных (табл. 1), источники которых указаны в графе 9, табл. 1. В графе 3 указаны минимальные и максимальные ширины рек.

Таблица 1

№ п/п	Река и ее расположение	Ширина (в футах)	Длина меандр (фут)	Амплитуда (фут)	$h$ (фут)	$\frac{h}{l}$	$\frac{y_2 - y_0}{y_1 - y_0}$	Источни- ки фак- тически- го мате- риала
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Сакраменто у Чико, Калиф. . .	48—76	6700	2150	1830	0,273	1,48	Bull. of.
2	Ниннеска у Белла, Плайн . . .	80—160	1350	400	330	0,245	1,58	Geol.
3	Нью у Брау Лей, Калиф. . . .	70—90	1475	400	343	0,235	1,53	Soc. of.
4	Миссури у Букнер . . . . .	350—1550	14600	8850	7660	0,525	1,50	America
5	Миссури у Букнер . . . . .	550—1950	37100	7700	6560	0,177	1,39	v. 71, 6,
6	Канзас у Элдора . . . . .	220—800	12750	2850	2410	0,189	1,21	1960.
7	Киссиммее у Окехобе, ФЛ. . .	85—155	1050	1250	1090	0,038	1,91	стр.
8	Арканзас у Мульване, Канз. . .	220—360	5650	2150	1860	0,330	1,59	792—793
9	Колорадо у Блите, Калиф. . .	450—1650	25300	8900	7680	0,304	1,43	.
10	Сан Ягуин у Паттерсон, Калиф.	120—280	2400	1600	1385	0,577	1,70	.
11	Джеймс у Форесбург . . . . .	60—90	2220	1275	1125	0,508	1,51	.
12	Джеймс у Клейтон . . . . .	80—150	1550	900	780	0,504	1,70	.
13	Сурис . . . . .	30—60	1100	720	635	0,578	1,50	.
14	Миссури у Лексингтон . . . .	450—1150	24400	7100	6160	0,253	1,43	.
15	Сакраменто у Глен, Калиф . .	250—450	7600	3200	2790	0,367	1,54	.
16	Ред у Кампти . . . . .	400—1200	11400	7000	6070	0,532	—	.
17	Приток Генри у Менон . . . .	180—300	2700	2300	2010	0,745	—	.
18	Приток Генри у Менон . . . .	110—200	1950	1200	1040	0,535	—	.
19	Кедар у Белграда . . . . .	60—130	3050	1450	1275	0,418	.	.
20	Кедар у Белграда . . . . .	90—150	2300	820	710	0,308	.	.
21	Миссури у Винзбук . . . . .	2132—5460	38580	27400	23600	0,610	.	.
22	Винд и Дюбуа . . . . .	22—48	205	94	75,5	0,368	.	.
23	Литл Пайп у Вестминстера . .	10—18	145	58	48,5	0,334	.	.
24	Балдвин у Ландер . . . . .	10—18	185	72	60,0	0,325	.	.
25	Литл Санди у Элхорн . . . . .	10—16	248	55	46,7	0,188	.	.
26	Приток Буфало у Блак Р. . . .	70—115	990	310	258,0	0,261	.	.
27	Балдвин у Ландер . . . . .	12—24	165	48	38,5	0,233	.	.
28	Миссипи у Провиденс . . . . .	2200—5800	53500	11400	9200	0,172	.	.
29	Миссипи у Смитланд . . . . .	4900—2180	65000	19850	17400	0,268	.	.
30	Миссипи у Розедал . . . . .	4300—2440	40300	11760	10100	0,251	.	.
31	Нью Форк у Пинедал . . . . .	48—76	745	225	187	0,251	.	.
32	Лабораторные исследования . .	2—4,8	34	13	10,75	0,316	.	.
33	" . . . . .	1,2—3,2	28,2	9,5	6,20	0,220	.	.
34	" . . . . .	2,3—3,0	29,5	8,5	7,10	0,240	.	.
35	Мойен у Кастер., Франс. . . .	627—1120	9040	3760	3140	0,334	.	.
36	Кооса . . . . .	650—400	8976	6700	5900	0,657	.	.
37	Канзас . . . . .	850—1700	16400	8550	7500	0,457	.	.
38	Ред . . . . .	500—1000	10000	5000	4310	0,431	.	.

Продолж. табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
39	Приток Генри у Менон . . . . .	350—150	2700	2000	1735	0,640		Buul. of.
40	Сакраменто . . . . .	600—220	6100	3700	3210	0,526		Geol.
41	Миссиммее . . . . .	130—110	1100	600	515	0,468		Soc. of.
42	Сакраменто . . . . .	700—350	8340	3600	3100	0,372		America
43	Джеймс . . . . .	110	2220	600	—	0,270		v. 71, 6,
44	Сури . . . . .	140	1800	1040	—	0,578		1960, стр.
45	. . . . .	140	1840	1240	—	0,673		792—793
46	. . . . .	120	840	500	—	0,959		.
47	. . . . .	100	1140	800	—	0,702		.
48	Ред . . . . .	600	7400	2100	—	0,283		.
49	Опыт 70В (18 точек) . . . . .	0,735— 0,625	2	0,15	—	0,075		Geological Survey
50	Опыт 70С (10 точек) . . . . .	.	1,93	0,27	—	0,140		Prof. pa- per. 282-D.,
51	Опыт 71А (14 точек) . . . . .	.	1,06	0,15	—	0,141		стр. 118,
52	Опыт 71В (4 точки) . . . . .	.	1,15	0,27	—	0,235		119, 133,
53	Опыт 72—78 (7 точек) . . . . .	—	2,0	0,57	—	0,285		134
54	Карадзи, пр. Аргичи, Арм. . . . .	—	175 м	95,3	—	0,545		Аэрофо-
55	Гельские родники, Арм. . . . .	—	78,1 м	32,8	—	0,420		тосъем-
56	Варденик, Арм. . . . .	—	165 м	32,6	—	0,198		ки Се-
57	Родник № 26, Арм. . . . .	—	6,5 м	2,37	—	0,365		ванского
58	Родники №№ 27—28, Арм. . . . .	—	6,5 м	3,85	—	0,593		бюро,
59	Куручай, Арм. . . . .	—	62,7 м	26,1	—	0,416		1930 г.
60	Дзкнагет, Арм. . . . .	—	175 м	51,7	—	0,295		м. 1:5000
61	Макенис (Карчахпюр), Арм. . . . .	—	62 м	—	—	0,405		.
62	Ганга и притоки . . . . .	—	—	—	—	0,250		Fergn-
63	. . . . .	—	—	—	—	0,200		son J.
64	. . . . .	—	—	—	—	0,210		Quart. J.
65	. . . . .	—	—	—	—	0,300		Geol
66	. . . . .	—	—	—	—	0,283		Soc.
67	. . . . .	—	—	—	—	0,271		London,
68	. . . . .	—	—	—	—	0,300		1863
69	. . . . .	—	—	—	—	0,300		.
70	. . . . .	—	—	—	—	0,280		.
71	. . . . .	—	—	—	—	0,292		.
72	. . . . .	—	—	—	—	0,375		.
73	. . . . .	—	—	—	—	—		.

в графе 4—длина шага  $l$ , соответствующая полному периоду колебания русел,  $A$ —амплитуда колебания, измеренная между геометрическими осями реки в самом широком сечении.

Рассматривалась 121 точка, в основном, по американским, индийским и армянским рекам.

#### а) Определение вихревой характеристики меандр

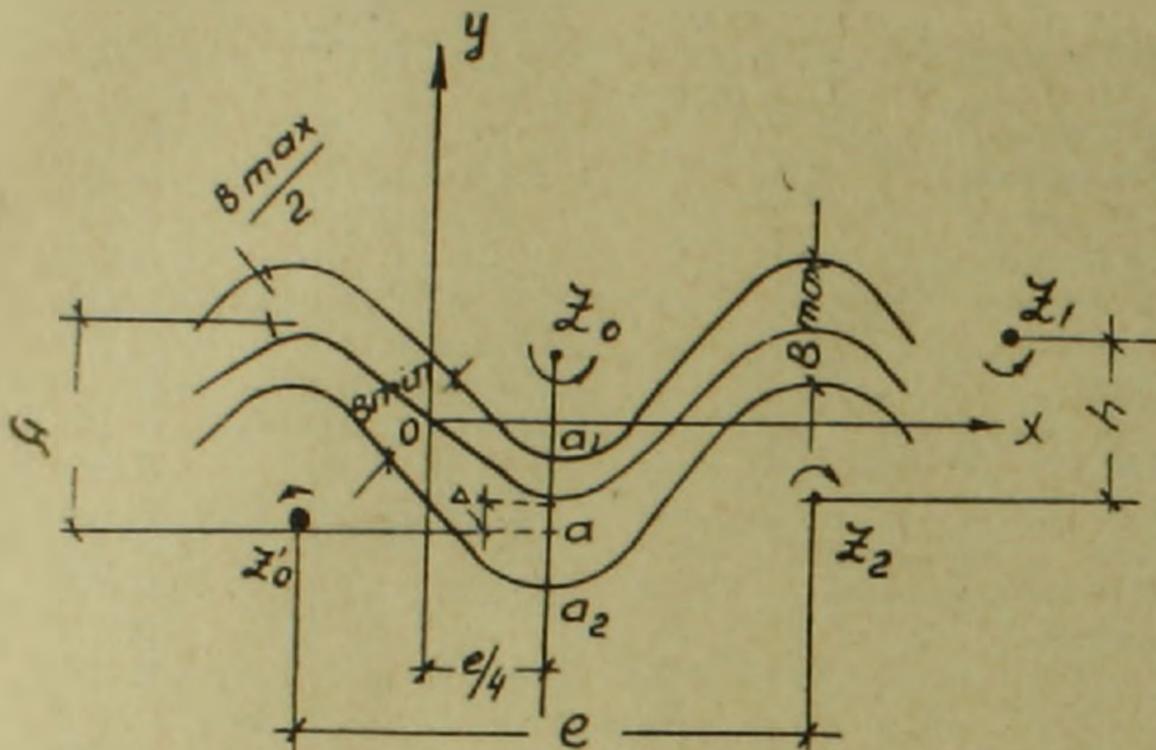
Пусть вихри расположены в комплексной плоскости  $z = x + iy$  в точках  $z_0, z_1, z_2, \dots$  с положительной интенсивностью  $\Gamma$  и  $z_0, z_2, z_4, \dots$  с отрицательной интенсивностью  $-\Gamma$ , тогда комплексный потенциал вихревого поля будет

$$\omega = \varphi(x, y) + i\psi(x, y) = \frac{\Gamma}{2\pi i} \ln \frac{\sin \frac{\pi}{l} (z + z_0)}{\sin \frac{\pi}{l} (z - z_0)}, \quad (1)$$

где  $z_0 = \frac{l}{4} + i \frac{h}{2}$ ,  $l$  — расстояние вихрей в ряду,  $h$  — расстояние между рядами (фиг. 4).

Выделив функцию тока  $\psi(x, y)$ , получим:

$$\psi(x, y) = -\frac{\Gamma}{4\pi} \ln \frac{\operatorname{ch} \frac{2\pi}{l} \left( y + \frac{h}{2} \right) + \sin \frac{2\pi x}{l}}{\operatorname{ch} \frac{2\pi}{l} \left( y - \frac{h}{2} \right) - \sin \frac{2\pi x}{l}}. \quad (2)$$



Фиг. 4.

Для построения линий тока приравняем  $\psi$  постоянной  $C_i$ , откуда получается уравнение линий тока в виде

$$\frac{\operatorname{ch} \frac{2\pi}{l} \left( y + \frac{h}{2} \right) + \sin \frac{2\pi x}{l}}{\operatorname{ch} \frac{2\pi}{l} \left( y - \frac{h}{2} \right) - \sin \frac{2\pi x}{l}} = e^{-\frac{4\pi C_i}{\Gamma}}. \quad (3)$$

Уравнение осевой линии тока, проходящей через точку  $x=0$ ,  $y=0$ , запишется:

$$\frac{\operatorname{ch} \frac{2\pi}{l} \left( y + \frac{h}{2} \right) + \sin \frac{2\pi x}{l}}{\operatorname{ch} \frac{2\pi}{l} \left( y - \frac{h}{2} \right) - \sin \frac{2\pi x}{l}} = 1. \quad (4)$$

Подставив в (4)  $x = \frac{l}{4}$ , найдем  $y_0$  в точке „а“, которая с учетом  $\frac{h}{l} = 0,28$  для устойчивой дорожки Кармана, будет

$$\frac{y_0}{h} = 0,557, \text{ или } \frac{y_0}{l} = -0,156, \quad (5)$$

$$\frac{2y_0}{h} = -1,114, \text{ или } \frac{2y_0}{l} = -0,312, \quad (5')$$

т. е. амплитуда колебания гидравлической оси извилистого потока в дорожке Кармана  $\frac{2y_0}{h}$  на 11,4% больше ее ширины  $h$ .

Учитывая, что разность постоянных ( $C_1 - C_2$ ) линий тока определяется расходом жидкости  $Q$ , проходящим между этими линиями, определим точки пересечения  $a_1$  и  $a_2$  предельных линий тока извилистого потока в сечении  $x = \frac{l}{4}$ . С этой целью подставим в (3)

$x = \frac{l}{4}$ ,  $c_2 = \frac{Q}{2}$ ,  $c_1 = \frac{3Q}{2}$ , получим:

$$\frac{y_2}{l} = \frac{1}{2\pi} \ln \operatorname{cth} \frac{\pi Q}{2\Gamma}, \quad (6)$$

$$\frac{y_1}{l} = \frac{1}{2\pi} \ln \operatorname{cth} \frac{3\pi Q}{2\Gamma}. \quad (6')$$

Здесь неизвестно значение  $\Gamma$ , которое определяется из следующих соображений.

Из (1) определяем функцию комплексной скорости, которая на осевой линии получает следующее значение:

$$\left| \frac{dw}{dz} \right| = \frac{\Gamma}{l} \frac{\operatorname{ch} \frac{2\pi y_0}{l}}{\left[ \left( \cos \frac{2\pi x}{l} \operatorname{ch} \frac{2\pi y_0}{l} \right)^2 + \left( \sin \frac{2\pi x}{l} \operatorname{sh} \frac{2\pi y}{l} + \operatorname{sh} \frac{2\pi y_0}{l} \right)^2 \right]^{1/2}}. \quad (7)$$

Максимальное значение скорости, которое имеет место в самом узком сечении потока, т. е. в точке  $x = 0$ ,  $y = 0$ , равно:

$$\left| \frac{dw}{dz} \right|_{x=0, y=0} = \frac{\Gamma}{l} = v_{\max}. \quad (8)$$

Учитывая двумерность задачи, напишем условие неразрывности в виде

$$Q = B_{\min} \cdot v_{\max}. \quad (9)$$

Из (8) и (9) получаем:

$$\frac{Q}{\Gamma} = \frac{B_{\min}}{l}. \quad (10)$$

Тогда, согласно (5), (6), (6') и (10) получаем:

$$\frac{y_1 - y_0}{y_2 - y_0} = \frac{\ln \operatorname{th} 4,71 \frac{B_{\min}}{l} - 0,156}{\ln \operatorname{th} 1,57 \frac{B_{\min}}{l} - 0,156}. \quad (11)$$

Расчеты по (11) для ряда рек дают:

$$\frac{y_2 - y_0}{y_1 - y_0} \approx 1,5 \text{ (см. гр. 8 табл. 1).}$$

Сдвиг  $\Delta$  гидравлической оси извилистого потока в сечении  $x = \frac{l}{4}$  получает следующее значение:

$$\Delta = \frac{B_{\max}}{2} - \frac{B_{\max}}{2,5} = 0,1 B_{\max}.$$

(Пусть  $y_1 - y_0 = B_1$ ,  $y_2 - y_0 = B_2$ ,  $\frac{B_2}{B_1} = 1,5$ , тогда  $B_1 + B_2 = 2,5 B_1 = B_{\max}$ ).

Поправка

$$\frac{A}{2} - \Delta = y_0 = 0,557h,$$

откуда

$$h = \frac{A - 0,2 B_{\max}}{1,114}. \quad (12)$$

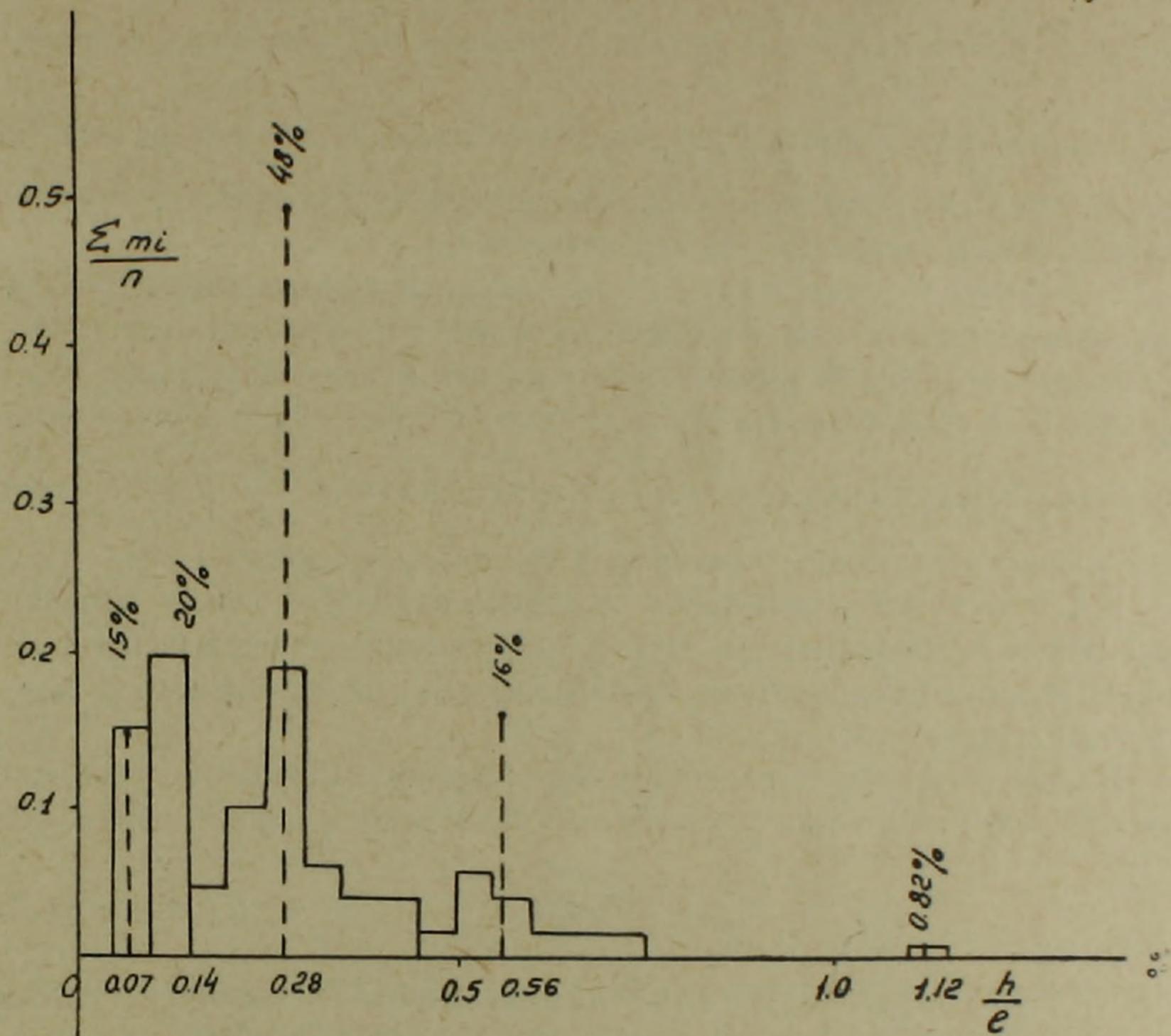
#### б) Статистический анализ вихревой характеристики меандр

В соответствии с выражением (12) были вычислены  $\frac{h}{l}$  для имеющихся рек. Там, где отсутствовали данные о максимальной ширине реки, ее величина была заменена  $\frac{A}{l}$ , что для малых рек несущественно больше  $\frac{h}{l}$ . Удельный вес таких точек в ряду небольшой. Эти данные приведены в графе 7, табл. 1.

Среднеарифметическое значение  $\frac{h}{l}$  для всех 121 точек получается 0,281, точностью равной таковой для устойчивости вихревой дорожки. Однако, разброс этих значений охватывает область  $\frac{h}{l} = 0,07 - 0,56$  (кроме одной точки), что заставляет глубже вникать в их значение.

Стараясь оценить вероятность получения  $\frac{h}{l} = 0,281$ , пользуемся существующими методами статистического анализа. Переписываем табл. 1 в убывающем порядке величины  $\frac{h}{l}$ . Разбиваем ее на группы с интервалом изменения  $\frac{h}{l}$ , равным 0,05. Определяем вероятность появления значений  $\frac{h}{l}$  в каждом интервале  $\frac{\sum m_i}{n}$ , где  $\sum m_i$  количество точек, входящих в данный интервал,  $n$ —общее количество точек, равное 121. По этим данным строим гистограмму, представленную на фиг. 5 жирными линиями. Наблюдается концентрация точек вок-

руг пиков со значениями  $\frac{h}{l} = 0,07, 0,14, 0,28, 0,56$  и  $1,12$ . Концентрация точек вокруг каждого пика в процентном отношении приведена на той же фиг. 5 пунктирными линиями. Почти 50% точек



Фиг. 5.

находится в области  $\frac{h}{l} = 0,28$ , 35% — в области  $\frac{h}{l} < 0,28$  и 17% — в  $\frac{h}{l} > 0,28$ , т. е. наиболее массивная вероятность получается у пика  $\frac{h}{l} = 0,28$ .

Заметим, что значение  $\frac{h}{l}$  в каждом следующем пике представляет удвоенную величину его значения в предыдущем пике.

Рассмотрение распределения точек вокруг пиков  $\frac{h}{l} = 0,28$  и  $0,56$  показывает, что они подчиняются нормальной кривой Гаусса с коэффициентом асимметрии для этих областей, равными 0,0098 и 0,0513, и с коэффициентами эксцесса, отличающимися от 3 на 0,42 и 0,62. Так как

для областей пиков  $\frac{h}{l} = 0,07$  и  $0,14$  не имеется данных о распределении точек, мы не пытались строить общую кривую распределения вероятностей. Но, исходя из предыдущего анализа, где наибольшая вероятность попадает на область  $\frac{h}{l} = 0,28$ , а также учитывая, что среднеарифметическая ряда величин  $\frac{h}{l}$  равна  $0,281$ , приходим к выводу, что распределение вероятностей для всего ряда также симметричное. Это свойство симметричных кривых распределения вероятностей.

Таким образом, результаты статистического анализа характеристик меандрирующих рек и каналов количественно оправдывают теоретическое предположение о вихревом происхождении меандр, вследствие гидравлического сопротивления русла движению жидкости. А именно, наиболее устойчивая вихревая система с характеристикой  $\frac{h}{l} = 0,2806$  имеет наибольшую вероятность появления в русловых процессах (48%).

В п. 3 настоящего сообщения проведена параллель между крупномасштабной турбулентностью, руслообразующими процессами и гидродинамическим сопротивлением. Здесь приводим сравнительный количественный анализ этих явлений

Исходя из теории пограничного слоя Кармана, Латцко получил следующую зависимость для турбулентных пульсаций в прямой трубе [14]

$$\frac{l}{d} = 0,693 Re^{0,25}. \quad (13)$$

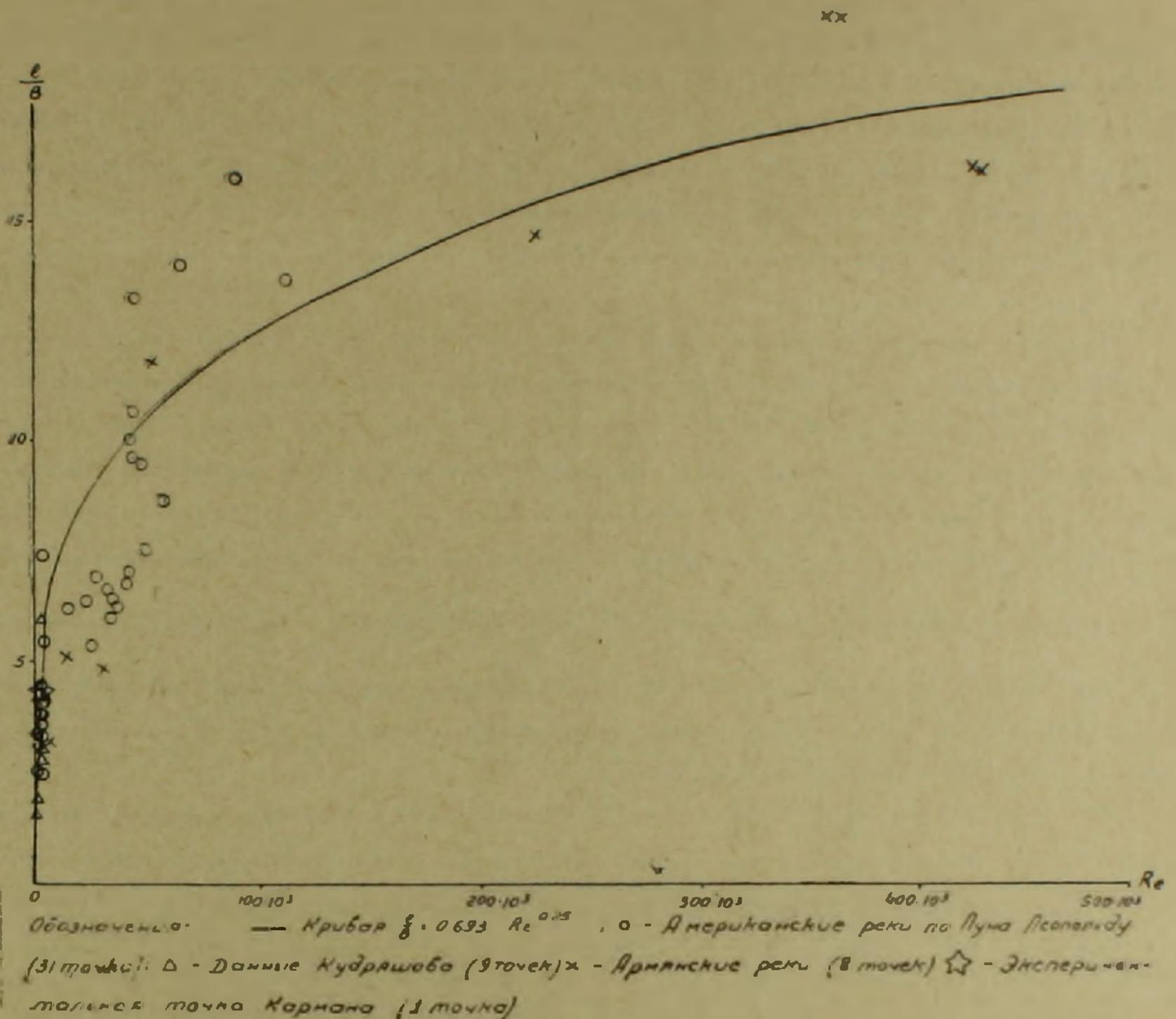
Здесь  $l$  — длина шага турбулентных пульсаций,  $d$  — диаметр трубы,  $Re$  — число Рейнольдса, отнесенное к диаметру трубы.

Если учесть, что  $l = \frac{v}{n}$ , где  $v$  — скорость потока,  $n$  — частота пульсации, то  $\frac{l}{B} = \frac{v}{nB} = \frac{1}{St}$ , где  $St$  — число Струхала, тогда (13) можно написать в следующем виде:

$$St = 1,443 Re^{-0,25} \quad (14)$$

Предполагая, что форма поперечного сечения естественных русел должна подчиняться гидравлически наивыгодным условиям, принимаем площадь поперечного сечения равной площади полукруга с диаметром, равным ширине русла— $B$ . Тогда, выбирая реки, данные о которых позволяют определение величины  $\frac{l}{B}$  и  $Re = \frac{8Q}{\pi B^2 v} = \frac{2,55Q}{vB}$  для них, наносим эти величины на кривую (13) фиг. 6. (Кинематический коэффициент вязкости принят  $0,015 \text{ см}^2/\text{сек}$  для моделей и родников, а для рек— $0,018$ )

Точки эти, в количестве 58, сопровождают кривую (13) на фиг. 6. Точка Кармана, полученная при обтекании цилиндра в условиях  $Re = 2320$ , имеет  $\frac{l}{B} = 4,3$  и также хорошо ложится на кривой (13).



Фиг. 6.

### В ы в о д ы

1. Гидродинамическое сопротивление, выраженное в форме вихревой дорожки Кармана, является причиной образования речных меандр.

2. Явления крупномасштабной турбулентности также возникают вследствие гидродинамического сопротивления и образования шахматных вихрей.

3. Все русловые процессы обусловлены гидродинамическим сопротивлением русла движению жидкости.

Автор глубоко признателен академику АН Армянской ССР И. В. Егиазарову, за проявленный интерес к данной работе и ценные советы.

## Ս. Մ. ԻՍԱԿՅԱՆ

## ՀՈՒՆԱԿԱԳՄՈՒԹՅԱՆ ԵՐԵՆՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

## Ս. մ. փ. ո. փ. ո. ո. մ.

Հունակագմության երևույթները, որոնք ըստ էության ներկայացնում են հեղուկի շարժման օրինաչափությունների անորոշարձումը հունի ձևի վրա, ուսումնասիրված են երկար տարիների ընթացքում շատ հեղինակների կողմից: Սակայն այնպիսի երևույթներ, որպիսիք են բնական հունների ոլորապտույտ բնույթը, նրանց հատակների աստիճանաձևությունը, այս ձևերի տեղափոխությունը հոսանքի ուղղությամբ, դեռևս մնացել են առանց գիտական բացատրության և հիմնավորման:

Այստեղ առաջ է քաշվում այն տեսակետը, որ հունակագմության երևույթները հետևանք են հեղուկի շարժման նկատմամբ հունի դիմադրության:

Հիմքում դրված է Հելմհոլցի սկզբունքն այն մասին, որ որպես միջավայրի դիմադրության արտահայտություն հեղուկի հարաբերական շարժման ժամանակ առաջանում են մրրկային մսկերևույթներ: Համաձայն կայունության տեսության այսպիսի մակերևույթներն անկայուն են և արագ վերստիվում են  $\frac{h}{l} = 0,280$  բնութագրով շախմատային դասավորության մրրկային սիստեմի:

Այն իր հերթին պայմանավորում է սինուսոիդալ հոսքի գծերի առաջացումն իր ազդեցության տիրույթում, որոնք մրրկային սիստեմի հետ միասին դանդաղ սահում են հոսանքի ուղղությամբ:

121 գետերի ու լաբորատոր մոդելների տվյալների վիճակագրական հետազոտությամբ ապացուցված է, որ ամենամեծ հավանականություն ունեն գետերի այն ոլորապտույտները, որոնց համասպատասխան մրրկային սիստեմների համար  $\frac{h}{l} = 0,281$ :

Առաջադրված սկզբունքի այսպիսի բանական արգարացումը միանգամայն բավարար ենք համարում այն հաստատված ճանաչելու համար:

Նկատի ունենալով վերոհիշյալը, ինչպես նաև հունակագմության առնչությունը ցածր հաճախականության տուրբուլենտականության հետ, համեմատական քննությամբ ցույց է տրված, որ ըստ երևույթին տուրբուլենտականությունը հունակագմության երևույթները հետ միասին ունեն մի ընդհանուր պատճառ՝ հեղուկի շարժման նկատմամբ միջավայրի դիմադրությունը, որի վերը նկարագրված մեխանիզմը պայմանավորում է դիտված երևույթներն երկու ասպարեզներում էլ:

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Leliavsky S. An Introduction to fluvial Hydraulics, 1955.
2. Великанов М. А. Динамика русловых потоков, т. 1, 2, 1954—1955.
3. Попов И. В. Тр. ГГИ, в. 44 (98), в. 49 (103), 1955; в. 56 (110), 1956.
4. Ляпин А. Н. Тр. ГГИ, в. 44 (98), 1954; в. 56 (110), 1956.
5. Коновалов И. Н., Баланин В. В. Доклад на 3-м Всесоюзном съезде гидрологов в. 4, 1957.
6. Ferguson J. Quart. J. Geol. Soc., London, 1863.

7. Rke Sunborge. *Geografiska Ann., Arg.*, 38, h., 2—3, Stockholm, 1956.
8. Макнавеев Н. И. Русло реки и эрозия в ее бассейне, 1955.
9. Федоров Н. Н. *Тр. ГГИ*, 44 (98), 1954.
10. Werner P. W. *Trans. Am. Geol. U.*, v. 32—6, pp. 898—902, 1951.
11. Егiazаров И. В., Кондратьев Н. Е. Доклад на 10-м конгрессе МАГИ, 1965.
12. Гельмгольц Г. Два исследования по гидродинамике. 1902.
13. Кочин Н. Е., Кибель И. А., Розе Н. В. Теоретическая гидродинамика, 1948.
14. Линчевский И. Н. Влияние ширины нижнего бьефа на сопряжение бьефов, 1934.
15. Leopold Luna B. и др. *Am. Geoph. Union*, 34, 6, 1953; *Geological Survey Prof. Paper*, 282—A, 1956; 282—B, 1957; 282—C, 1957; 282—D, 1960; 282—E, 1960; *Bull. Geol. Soc. Am.*, 71, 6, 1960.

## НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

А. А. АДАМЯН

## ЯГДАНСКОЕ ЖЕЛЕЗО-ОЛОВЯННОЕ ПРОЯВЛЕНИЕ

В настоящей заметке описывается единственный в Армянской ССР и редкий в природе случай присутствия олова в железной слюдке.

Случай нахождения в гидротермально измененных породах олова заслуживает особого внимания для Армении, так как по оловоносности пород и руд Армении имеются весьма скудные данные.

Оловянные минералы (касситерит и станнин) в малом количестве известны в рудах пирит-теннантит-энаргитовой формации месторождения Мецдзор: в рудах Алаверды обнаружен только станнин. На северо-восточном побережье оз. Севан, в бассейне р. Марц и среди эффузивов Памбакского хребта обнаружено самородное олово.

Летом 1950 г. автором настоящей заметки были исследованы гидротермально-измененные породы северо-восточной части Степанаванского района (уч. с.с. Ягдан, Овандара, Когес) с целью выявления рудных проявлений.

В исследованном районе больше распространение имеют породы вулканогенной толщи нижнего и среднего эоцена.

Средний эоцен сложен разнообразными порфиритами, их туфами, и туфобрекчиями, в разной степени измененными гидротермальными процессами.

В 2 км к северу от с. Ягдан и в 1,5—2 км восточнее с. Овандара, среди гидротермально измененных порфиритов среднего эоцена выделяются интенсивно ожелезненные, нацело пропитанные окислами железа порфириты (?), которые занимают площадь примерно 0,01 км<sup>2</sup>.

Указанные породы среди окружающих серо-зеленоватых порфиритов резко выделяются мясо-красной окраской, местами переходящей в фиолетовый цвет.

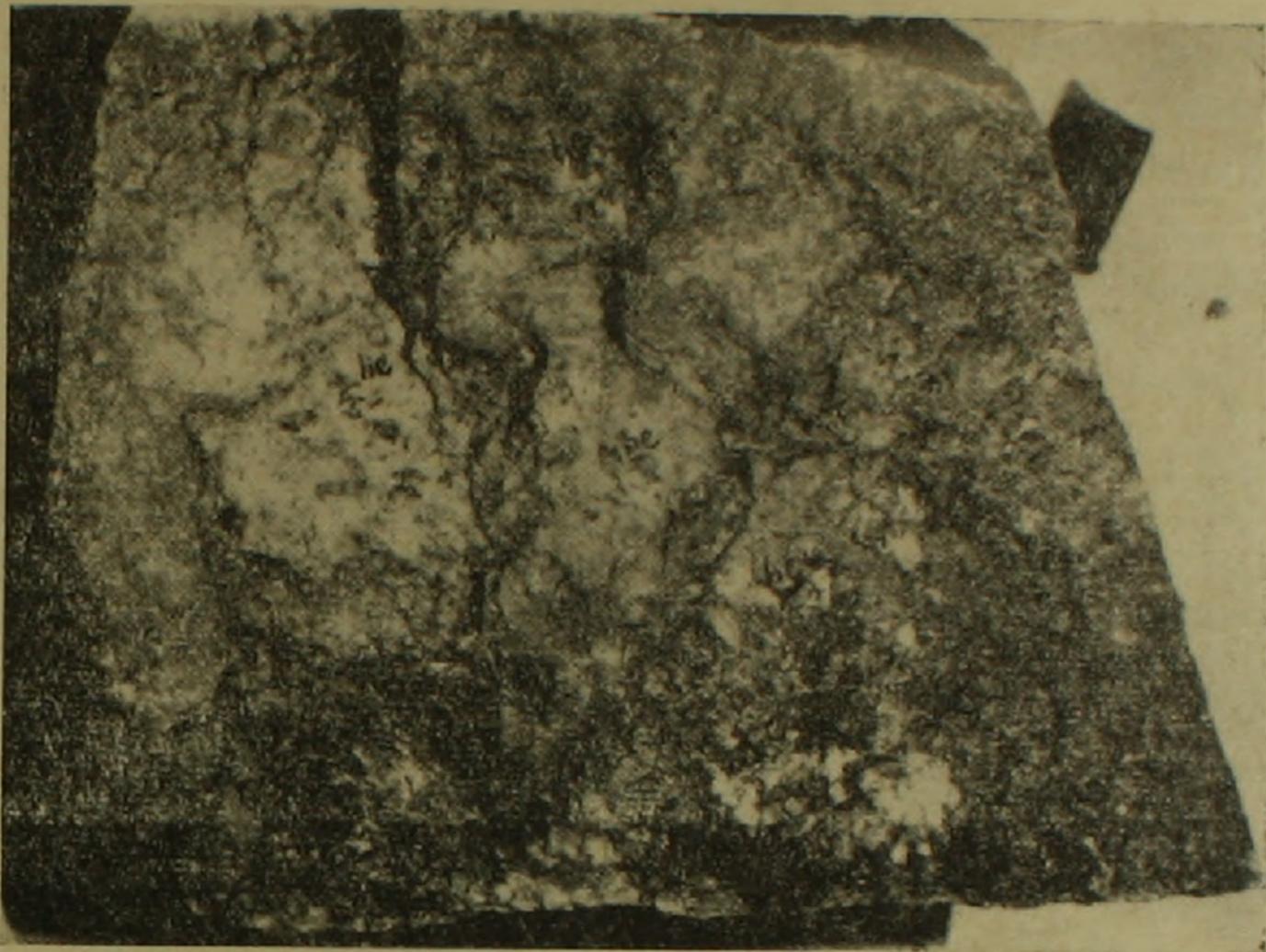
В породе часты мелкие—от 0,1—0,5 мм, реже до 2 мм кристаллы плагиоклаза, преимущественно ориентированные в одном направлении, как бы придавая флюидальную текстуру породе.

В породе в большом количестве (~10%) обнаружен гематит-железный блеск\* с пластинчатым габитусом, пластинки изогнуты, образуют розеткоподобное скопление (фиг. 1) площадью 1×1 см и реже 2×3 см; размеры отдельных пластинок до 4 мм при толщине 0,1—0,2 мм. Цвет

\* Обнаружен впервые.

гематита стально-серый с металлическим блеском и с характерной сложной штриховкой на гранях; черта вишнево-красная.

Под микроскопом структура породы явно порфировая, основная масса нацело пропитана рудными минералами вплоть до того, что не удается определить первичный характер основной массы.



Фиг. 1.

Благодаря пропитанности рудным минералом, основная масса непрозрачная, местами лишь просвечивают мелкие кристаллики кварца.

Порфировые выделения представлены плагиоклазом, который сильно серицитизирован, в более свежих зернах удается определить олигоклаз-андезин. Из рудных минералов встречаются пластинки гематита, занимающие примерно 10—12% поля зрения.

Химический состав\* ожелезненных порфиритов в % %. (Обр. № 14):

SiO <sub>2</sub> — 46,71	CaO — 4,99
TiO <sub>2</sub> — 0,70	MgO — 4,15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> — 16,60	K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O — 5,95
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> — 16,40	% вл. — 0,36
MnO — 0,1	
	Сумма 100,87

Спектральными анализами\*\* трех образцов гематита установлено наличие олова около 1%, что подтверждается и химическим анализом\*\*\*, показавшим 1,1%.

\* Анализ проведен в ИГН АН АрмССР.

\*\* Проведены в спектральной лаборатории ИГН АН АрмССР, в спектр. лаб. Арм. Геол. управления.

\*\*\* Анализ проведен в ИГН АрмССР, аналитик А. К. Иванян.

Тщательный просмотр искусственных шлихов и аншлифов с целью нахождения оловянного минерала дали отрицательные результаты.

Олово является примесью в гематите; гидротермальные растворы, обогащенные железом и оловом, проникали по трещинкам в породы, и отлагали гематит.

Вероятно гидротермальные растворы, выносящие олово, связаны с гранитондным интрузивным телом, который вскрыт лишь частично; в исследованном районе встречаются выходы лейкократовых гранитов, аплитов и гранит-порфиров.

Институт геологических наук  
АН Армянской ССР

Поступила 14.XI.1964.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Гаспарян И. Г. О находке некоторых самородных минералов в аллювии и искусственных шлихах бассейна оз. Севан. «Известия» АН АрмССР, том IX, № 6, 1956.
2. Магакьян И. Г., Карапетян О. Т. Менц-дзорское месторождение медно-мышьяково-оловянных руд. «Известия» АН АрмССР, № 1—2, 1944.

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

С. А. ДЕХТРИКЯН

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕРМАНИЯ  
 В ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ И КВАРЦ-СУЛЬФИДНЫХ РУДАХ  
 БЕЗ ЭКСТРАКЦИИ

Этот метод был разработан в Уральском Научно-исследовательском и в Проектном институте медной промышленности В. А. Ошманом и В. М. Вольковым, и внедрен в производство на медеплавильных и свинцово-цинковых заводах. Нами этот метод был разработан для определения германия в некоторых сульфидных минералах, кварц-сульфидах и пылях.

Фенилфлуорон в кислом растворе образует с германием малорастворимое комплексное соединение красного цвета. При малом содержании элемента образуется суспензия, которая стабилизируется добавлением защитного коллоида. Окраска раствора при этом изменяется от чисто желтой, при отсутствии германия, через оранжевую до розово-красной, при значительном содержании германия [1].

Скорость распространения окраски зависит от концентрации кислоты и реактива. При обычно принятой кислотности 1—1,5-н соляной кислоте, при содержании фенилфлуорона 0,05% и германия 1—40 мкг, окраска раствора развивается в течение 20—30 мин. При увеличении концентрации соляной кислоты до 2—2,5-н, окраска развивается медленнее и при малых количествах германия требует 30—60 мин.

В кислых растворах с фенилфлуороном, подобно германию, реагируют многие элементы: титан, цирконий, гафний, олово (IV), сурьма (III), висмут (III), молибден, вольфрам, причем для них допустимая кислотность значительно ниже, чем для германия, например, для титана 0,05—0,5-н, сурьмы 0,2—1-н, молибдена 0,05—0,5 м, вольфрама 0,05—0,4-н [2, 3].

При наличии в растворе фосфорной кислоты, образуются довольно прочные комплексы, с большинством перечисленных ионов, которые резко снижают их влияние при определении германия и становятся малозаметными при их обычных содержаниях в сфалеритах, полиметаллических рудах, пылях (ватержакетной печи), кварцитах, кварц сульфидных минералах и т. д.

Таблица 1

№ пп	№ проб	Название минералов и руд	Фотометрическое определение германия после экстрагирования четыреххлористым	Фотометрическое определение германия без экстрагирования четыреххлористым	Относительная ошибка, %
1	3/58	Полиметаллическая руда . .	0,0029	0,0027	+ 5,17
2	8	„ . . . . .	0,0040	0,0043	+ 7,50
3	1	„ . . . . .	0,0040	0,0050	+ 11,00
4	2626	„ . . . . .	0,0023	0,0024	+ 4,30
5	28,70	„ . . . . .	0,0023	0,00275	+ 19,00
6	638a	Сфалерит . . . . .	0,0014	0,00125	+ 6,17
7	108	„ . . . . .	0,00115	0,00130	+ 13,00
8	123/56	„ . . . . .	0,0019	0,00170	- 10,50
9	1a	Кварц-сульфидная руда . . .	0,0130	0,01300	+ 0,00
10	2a	„ . . . . .	0,0160	0,01600	+ 0,00
11	205	„ . . . . .	0,0120	0,01280	+ 6,60
12	9a	„ . . . . .	0,0110	0,01060	- 3,66
13	5	Пыль ватержетной печи . . .	0,0162	0,01575	- 2,75
14	5a	„ . . . . .	0,0520	0,05200	+ 0,00

Необходимые реактивы.

1. Азотная кислота (уд. в. 1,14).
2. Серная кислота 10%-ная
3. Плавиковая кислота 40%-ная
4. Соляная кислота 2%-ная
5. Смесь кислот для колориметрирования: 5 объемов соляной кислоты (2:1) и 2 объема фосфорной кислоты (орто), уд. в. 1,7.
6. Желатин 1%-ный, свежеприготовленный раствор.
7. Фенилфлуорон 0,05%-ный спиртовой раствор: 50 мг фенилфлуорона растворяют при слабом нагревании в 100 мл 96%-ного этилового спирта, содержащего 0,5 мл соляной кислоты (уд. в. 1,19).

**Стандартные растворы германия.** Раствор А 0,144 г сухой двуокиси германия растворяют при нагревании в дистиллированной воде. Раствор переводят в мерную колбу, емкостью 100 мл, и доводят водой до метки, 1 мл раствора А содержит 1 мг германия. Раствор Б—10 мл раствора А разбавляют водой до 100 мл. 1 мл раствора Б содержит 100 мкг германия. Раствор В—5 мл раствора Б разбавляют водой до 100 мл. 1 мл раствора В содержит 5 мкг германия.

**Ход анализа.** Силикаты, руды или минералы 0,1—1 г. (в зависимости от содержания германия) тонкорастертой пробы помещают в платиновую чашку, смачивают водой, приливают 5 мл азотной кислоты (уд. в. 1,4) и упаривают на водяной бане досуха. Процесс повторяют два раза. Затем прибавляют 5—10 мл 10%-ной серной кислоты, 10—15 мл 40%-ной фтористоводородной кислоты и, изредко перемешивая, нагревают на некипящей водяной бане. Если материал разложился неполностью, до-

бавляют еще 5 мл фтористоводородной кислоты и повторяют упаривание до влажных солей. После этого платиновую чашку ставят на электроплитку с умеренным нагревом до получения сернистого ангидрида, время от времени платиновым шпателем, изредка перемешивая раствор. Охлаждают чашку, смывают стенки холодной водой и вновь упаривают до белых паров. Процесс повторяют два раза. К охлажденным сульфатным солям в чашку приливают 10—15 мл воды, нагревают до растворения основных сульфатов и переводят в мерную колбу на 50 мл, доводят до метки водой и перемешивают, фильтруют в мерной колбе на 25 мл, отбрасывая первые порции фильтрата, и берут необходимую аликвотную часть 5—10 мл и, если нужно, прибавляют воды до объема 10 мл, перемешивают, добавляют 7 мл смеси соляной и фосфорной кислот, 1 мл 1%-ного свежеприготовленного раствора желатина и 2 мл 0,05%-ного раствора фенилфлуорона. Каждый раз хорошо перемешивая после прибавления реактива доводят до метки 2% соляной кислотой, перемешивают и оставляют на один час. Оптическую плотность раствора измеряют на фотометре Пульфрика со светофильтром № 4 (длина волны 530 мкм) в кюветах, толщиной слоя 50 мм по сравнению с нулевым раствором, содержащим воды до объема 10 мл, прибавляют смеси соляной и фосфорной кислот, 1 мл раствора желатина, 2 мл раствора фенилфлуорона, каждый раз хорошо перемешивая после прибавления реактива, доводят до метки 2% соляной кислотой.

Расчет ведется по калибровочному графику, который строят в таких же условиях, т. е. окрашивая флуороном различные количества стандартного раствора германия в мерных колбах на 25 мл, содержащих воду, смесь кислот, желатина и 2% соляную кислоту.

### В ы в о д ы

Описанный новый вариант определения германия без его предварительного отделения отгонкой или экстрагированием при увеличении концентрации соляной кислоты и введении в раствор фосфорной кислоты, ускоряет анализ, повышает производительность труда на 50%. Облегчает условия работы аналитика. Не требует делительных воронок и четыреххлористого углерода. Точность метода—3—20% относительных.

Институт геологических наук  
АН Армянской ССР

Поступила 5.VIII.1965.

### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Назаренко В. А., Лебедева Н. В., Равицкая Р. В. Методы определения германия в рудах, углях и промышленных отходах. «Зав. лабор.», 1958, т. 24, № 1.
2. Назаренко В. А., Лебедева Н. В. Применение замещенных триоксилфлуорона. Определение германия. Сб. науч. тр. Гиредмета, 1959, № 2.
3. Назаренко В. А. Современное состояние аналитической химии германия. Методы определения и анализа редких элементов. Институт геохимии и аналитической химии им. В. А. Вернадского АН СССР. Изд. АН СССР, М., 1961.

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

Э. А. КЮРЕГЯН, Ц. О. ЭКСУЗЯН

ЭКСПРЕСС—МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИТИЯ В ВОДАХ

В настоящее время основным методом определения лития в водах считается спектральный метод и метод определения пламенным фотометром.

Кроме того существует весовой метод, основанный на отделении лития от солей кальция и магния экстрагированием хлорида лития амилловым спиртом или ацетоном.

Для определения в водах лития любым методом, необходимо несколько литров воды выпарить до 100—200 мл, отделить сульфаты и выделить кальций, магний и барий спиртовым раствором Шафготта. После вторичного осаждения щелочно-земельных металлов и повторного удаления аммонийных солей, отфильтровывают от загрязнений, раствор выпаривают до 5-ти мл, и в этом объеме ведут определение [2].

Таким образом, определение лития длится от 4-х до 5-ти дней, и сопровождается многочисленными аналитическими операциями, что часто приводит к потерям.

В виду малых содержаний лития в водах, к последним следует применять колориметрический метод определения; из этих методов заслуживает внимания метод определения с помощью реактива Кузнецова—«Торон» [1, 2]. Метод основан на образовании в щелочной среде комплексного соединения лития, окрашивающего раствор в желтый цвет.

В прописи метода, «Торон» образует соединения желтого цвета также с кальцием, магнием, стронцием, барием, никелем и кобальтом; окраска этих элементов разрушается добавлением спиртового раствора стеарата или олеата натрия, но раствор мутнеет, что мешает дальнейшему определению. Поэтому эти элементы отделяют описанным выше способом—осаждением реактивом Шафготта.

В предлагаемом нами методе, определение лития заканчивается в течение 20—30 минут.

Для отделения солей кальция и магния мы применили предварительное отделение их 10% раствором фосфорнокислого натрия. Отделение солей кальция и магния проводилось следующим образом: для того чтобы проследить, как проходит определение лития в природных водах, были отобраны пробы воды с некоторых родников Талинского района Армянской ССР. После количественного определения в пробах содержания кальция и магния, в другой порции воды литий определялся спектральным и весовым методами. Во всех пробах литий не был обнаружен.

Эти пробы воды послужили нам как бы холостыми пробами (в виду отсутствия в них лития).

К этим пробам добавлялись различные количества стандартного раствора  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  с определенным содержанием литий-иона в 1-м мл.

Влияние различных количеств солей кальция и магния на содержание лития в водах приводится в табл. 1.

Таблица 1

Результат определения лития в водах с различным содержанием в них солей кальция и магния

Содержание в мг/л							
кальций-ион	магний-ион	Литий-ион		кальций-ион	магний-ион	Литий-ион	
		взято	получено			взято	получено
7,68	2,35	0,5	0,5	23,0	6,7	3,0	3,5
7,68	2,35	1,0	1,0	23,0	6,7	5,0	5,0
7,68	2,35	2,0	2,0	67,20	9,70	10,0	10,0
7,68	2,35	2,5	2,5	67,20	9,70	0,5	0,5
7,68	2,35	3,0	3,0	67,20	9,70	1,0	1,0
7,68	2,35	3,5	3,5	67,20	9,70	2,0	2,0
7,68	2,35	5,0	5,0	67,20	9,70	2,5	2,5
7,68	2,35	10,0	10,0	67,20	9,70	3,0	3,0
15,36	4,60	0,5	0,5	67,20	9,70	3,5	3,5
15,36	4,60	1,0	1,0	67,20	9,70	5,0	5,0
15,36	4,60	2,0	2,0	100,0	15,0	10,0	10,0
15,36	4,60	2,5	2,5	100,0	15,0	0,5	0,5
15,36	4,60	3,0	3,0	100,0	15,0	1,0	1,0
15,36	4,60	3,5	3,5	100,0	15,0	2,0	2,0
15,36	4,60	5,0	5,0	100,0	15,0	2,5	2,5
15,36	4,60	10,0	10,0	100,0	15,0	3,0	3,0
23,0	6,7	0,5	0,5	100,0	15,0	3,5	3,5
23,0	6,7	1,0	1,0	100,0	15,0	5,0	5,0
23,0	6,7	2,0	2,0	100,0	15,0	10,0	10,0
23,0	6,7	2,5	2,5				
23,0	6,7	3,0	3,0				

Как показывают данные таблицы, если в водах содержится кальций от 7 до 100 мг/л, и магния—от 2-х до 15-ти мг/л, то они полностью осаждаются прибавлением 5-ти мл. 10% раствора натрия фосфорнокислого. При более высоком содержании кальция и магния—количество осадителя соответственно увеличивается.

Аналитическая пропись определения лития: к 50—200 мл испытуемой воды (в зависимости от ожидаемого количества лития), приливают 1—2 капли 20% раствора гидроокиси натрия, нагревают и при помешивании прибавляют 5 мл 10% раствора фосфорнокислого натрия (двухзамещенного). После выпадения осадка (фосфаты Ca и Mg) раствор фильтруют в пробирки, прибавляют 3 мл 20% гидроокиси натрия, перемешивают, прибавляют 1 мл 0,1% водного раствора «Торона». Снова перемешивают и приступают к колориметрированию, методом шкалы стандартных растворов.

Одновременно готовится холостая проба с соблюдением тех же условий.

**В ы в о д ы**

1. Предложен быстрый, простой метод определения лития в водах.
2. Полностью отпадает необходимость применения чистого спирта.
3. Определение возможно производить в полевых условиях.

Институт геологических наук  
АН Армянской ССР

Поступила 26.XI.1964.

**Л И Т Е Р А Т У Р А**

1. Книпович Ю. Н., Морачевский Ю. В. Анализ минерального сырья. Л., 1956.
2. Резников А. А., Муликовская Е. П., Соколов И. Ю. Методы анализа природных вод. М., 1963.

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

Г. О. СВАДЖЯН

О НАХОЖДЕНИИ РОДА АТОПОДОНТА COSSMANN  
(MOLLUSCA BIVALVIA)  
В ВЕРХНЕЭОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ АРМЕНИИ

Род *Atopodonta* был выделен Коссманном [3] для раковин, описанных Деге [6, табл. XXVIII, фиг. 14—16] как *Venus conformis* Desh., а позже Байаном [2, табл. XV, фиг. 5—6] как *Venus helicoceras* Bayan.

В 1913 г. Коссманн [3] расширил первоначальный диагноз рода *Atopodonta*. Он дает следующую характеристику замочного аппарата. «В правой створке зуб «1» изолированный треугольный, отделенный дугообразным, непрерывным желобком от зуба «3а», который, образуя изогнутый, вокруг этой ямочки, гребень, сливается с зубом «3б». Спереди зуб «3а» имеет выступ против зуба «1». Зуб «3б» удаленный, широкий, неравномерно раздвоенный. В левой створке зуб «2а» в виде тонкой пластинки соединяется с передней лопастью очень широкого зуба «2б», задняя лопасть которого расположена почти горизонтально. Зуб «4б» тонкий, изогнутый вдоль нимфы. Зуб «АП» очень близко к зубу «2а». Ему соответствует еле заметная ямочка на правой створке».

У округлых, довольно выпуклых, венусообразных раковин этого рода мантийный синус отсутствует.

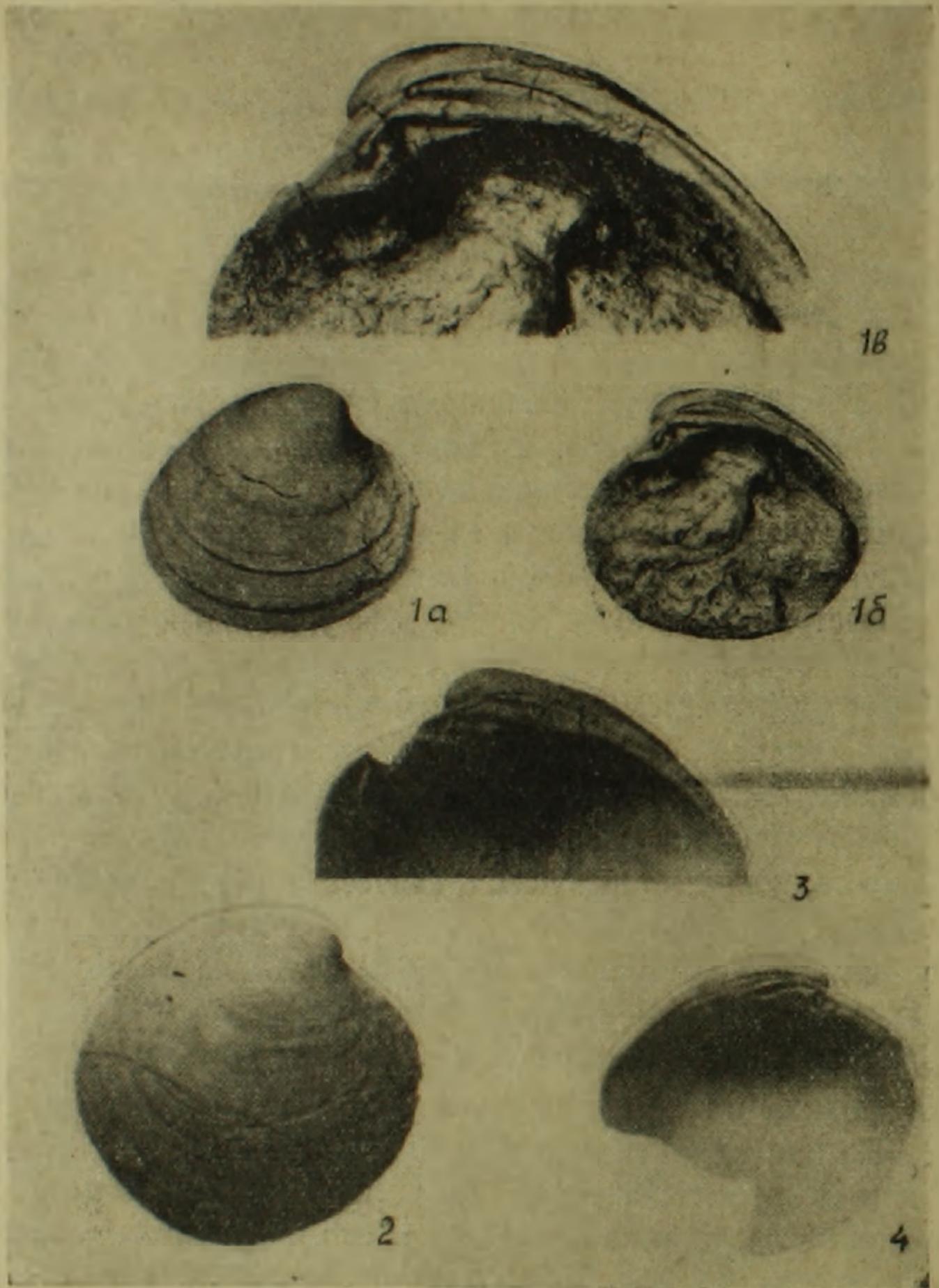
Благодаря отсутствию синуса и своеобразного строения замочного аппарата, изолированность зуба «1» от верхнего края, форма и расположение зуба «3а», соединяющего с зубом «3б», этот род отчетливо обособляется от близких по форме раковин родов *Venus*, *Chione*, *Marcia*, *Cardiopsis*, *Dosinia* и других.

Типичными представителями рода *Atopodonta* являются среднеэоценовые виды *Atopodonta conformis* (Desh.), *A. tapina* Cossmann из парижского бассейна [табл. VI, фиг. 3—9, табл. VII, фиг. 3—4] и *A. pamnetensis* Cossm. из нижней Луары [4, табл. XVI, фиг. 6—7].

На территории Советского Союза этот род был впервые отмечен в 1962 году И. А. Коробковым, описавшим *A. conformis* (Desh.) из нижней части киевской свиты южной Украины [1, табл. III, фиг. 1—4]. По заключению И. А. Коробкова, породы, в которых найдены раковины *A. conformis* (Desh.), относятся к нижней части верхнеэоценовых отложений.

Найденные в Армении (Западный Айоцдзор, между сс. Элпин и Чива) раковины также принадлежат к виду *A. conformis* (Desh.). По общей

форме раковины и строению замочного аппарата они ничем не отличаются от типичных экземпляров Парижского бассейна. При непосредственном сравнении с раковинами из киевской свиты Украины, хранящихся в Музее кафедры исторической геологии Ленинградского университета (колл. № 242), никаких существенных отличий не обнаружено (см. таблицу).



Фиг. 1а, 1б, 1в — *Atopodonta conformis* Desh. Экз. № 1/9474\* из верхнеэоценовых отложений Армении (Зап. Айоцзор, между с.с. Элпин и Чива); фиг. 1а — правая створка, вид со спинной стороны ( $\times 1$ ); фиг. 1б — та же створка, вид с внутренней стороны ( $\times 1$ ); фиг. 1в — та же створка с внутренней стороны ( $\times 2$ ). Фиг. 2, 3, 4 — *Atopodonta conformis* Desh. Створки из верхне-эоценовых отложений Украины (репродукции из работы И. А. Коробкова, 1962, табл. III, фиг. 1, 2а, 3); фиг. 2 — правая створка, вид со спинной стороны ( $\times 1$ ); фиг. 3 — правая створка, вид с внутренней стороны ( $\times 2$ ); фиг. 4 — левая створка, вид с внутренней стороны ( $\times 1$ ).

\* Хранится в Центральном геологическом музее им. Чернышева в Ленинграде.

Важно отметить, что и в Армении *A. conformis* (Desh.) как на Украине встречается в низах верхнего эоцена в сообществе со следующими видами моллюсков: *Lucina sulcata* Lamk., *Cardita hortensis* Vinassa, *Callista ovalina* (Desh.), *Marcia texta* (Lamk.), *Arca biangula* Lamk., *Pectunculus jacquoti* Tourn., *Chlamys biarritzensis* (d'Arch.), *Corbula aulocophora* Morlet, *Tectus lucasianus vapincana* (Bouss), *Ampullina sigaretina* (Lamk.), *A. patula* (Lamk.), *Cepatia cepacea* (Lamk.), *Cypraea elegans* Defr., *Rimella fissurella* Coq. et Brongn., *Phalium thesei* Brongn., и крупных фораминифер: *Nummulites fabianii* Prev., *Pelatispira douvillei* Bouss., *Discocyclina pratti* Mich., *D. sella* d'Arch. и др.

Факт нахождения *Atopodonta* в верхнеэоценовых отложениях Армении значительно расширяет ареал географического распространения этого рода и уточняет его стратиграфическое положение.

ВСЕГЕИ, Ленинград

Поступила 20.I.1966.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Коробков И. А. Моллюски бучагской и киевской свит южной Украины. Изд. Ленинградского университета. Л., 1962.
2. Bayan F. Etudes faites dans la collection de l'Ecole des Mines sur des fossiles nouveaux ou mal connus. t. II, Paris, 1873.
3. Cossmann M. Catalogue illustré des coquilles fossiles de l'Eocène des environs de Paris. Ann. Soc. Roy. Mal. Belg., t. XXI, fasc. 1. Bruxelles, 1886.
4. Cossmann M. Mollusques éocéniques de la Loire inférieure. Bull. Soc. sc. nat. Ouest, sér. 2, t. VI. Nantes, 1906.
5. Cossmann M. Catalogue illustré des coquilles-fossiles de l'Eocène des environs de Paris. Ann. Soc. Roy. Mal. Belg., t. XLIX, append. 5. Bruxelles, 1913.
6. Deshayes G. P. Description des animaux sans vertèbres découverts dans le bassin de Paris. t. I. Paris, 1856—1860.

ХРОНИКА

ИТОГИ ТРЕТЬЕГО ВСЕСОЮЗНОГО СОВЕЩАНИЯ ПО  
РЕНТГЕНОГРАФИИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Очередное, Третье, совещание по рентгенографии минерального сырья, созванное секцией рентгенографии минерального сырья при Ученом Совете «Образование, рост и структуры кристаллов» Академии наук СССР совместно с Институтом геологических наук АН Армянской ССР, происходило в Ереване с 20 по 26 ноября 1965 г.

Для организации и успешного проведения совещания был организован оргкомитет в составе 11 человек под председательством доктора-профессора В. А. Франка-Каменецкого, в который от ИГН АН Армянской ССР вошли: Б. М. Меликсетян (зам. председателя), А. А. Авакян, А. И. Карапетян, А. С. Фарамазян, Э. Х. Хуршудян.

Общее число зарегистрированных участников совещания составило 230 человек, среди которых крупнейшие исследователи в области кристаллохимии и рентгеноструктурного анализа: академик Белов Н. В., профессора М. М. Уманский и В. А. Франк-Каменецкий, доктор Б. Б. Звягин, а также С. И. Берхин, В. А. Дриц, Е. Е. Куковский, М. Д. Дорфман, И. В. Михеева, Г. А. Сидоренко, Е. П. Соколова и другие.

Совещание собрало основной коллектив — работающих в области кристаллохимии и структурного анализа из научно-исследовательских институтов, ВУЗов и производственных организаций 40 городов Советского Союза. Было заслушано и обсуждено 86 докладов, в целом охвативших весьма широкий круг вопросов.

На совещании в день открытия с вступительным словом выступил академик АН Армянской ССР И. Г. Магакьян, приветствовавший от Президиума АН Армянской ССР участников совещания и пожелавший плодотворной творческой работы.

На пленарном заседании были заслушаны и вызвали большой интерес обобщающие доклады академика Н. В. Белова, В. А. Франка-Каменецкого, Б. Б. Звягина, Е. К. Васильева, А. И. Комкова и Ю. А. Пятенко.

На очередных заседаниях совещания обсуждались следующие аспекты: 1) Рентгенография слоистых силикатов; 2) Рентгеновское исследование силикатов; 3) Рентгеновские исследования сульфидов, тантало-ниобатов, боратов и сульфатов. Кроме того специальные семинары были посвящены: 1) Методам рентгеновского исследования минералов; 2) Методам рентгеновского исследования глинистых минералов и 3) Обмену опытом работы рентгеновских лабораторий.

Одновременно с работой совещания происходили заседания комиссий.

Совещание прошло при высокой активности участников, определило наиболее перспективные направления, методики исследования, необходимость совершенствования аппаратуры и установило наиболее важные задачи на ближайшее будущее.

Совещание вызвало большой интерес среди работников ИГН АН Армянской ССР, НИГМИ, АИСМ, Госуниверситета, Управления геологии при СМ Армянской ССР и ряда организаций республики. Работа совещания постоянно освещалась в республиканской печати.

В свободные дни состоялись экскурсии, во время которых участники совещания ознакомились с лабораториями института, достопримечательностями г. Еревана и посетили исторические памятники Армении—Гарни, Гегард, Звартноц, Эчмиадзин, а также Матенадаран и музеи столицы республики.

На заключительном заседании после общей дискуссии было принято Решение (публикуется в настоящем номере журнала) и рекомендации об опубликовании наиболее интересных докладов в сборнике «Рентгенография минерального сырья».

На закрытии совещания выступил президент Академии наук Армянской ССР академик В. А. Амбарцумян. Он отметил большое значение проведения рентгенометрического совещания в Армении — на родине выдающегося кристаллографа прошлого столетия А. Е. Арцруни. Это бесспорно будет содействовать углублению кристаллохимических и рентгеноструктурных исследований при металлогенических и геохимических работах на территории республики, богатых разнообразными минеральными полезными ископаемыми, а также внедрению в эти исследования машинной вычислительной техники. В заключение В. А. Амбарцумян поздравил гостей с успешным завершением работы совещания и пожелал всем его участникам новых больших творческих достижений.

Выступившие затем академик Н. В. Белов и В. А. Франк-Каменецкий от имени всех участников III-го Всесоюзного совещания по рентгенографии минерального сырья поблагодарили Президиум АН Армянской ССР, академиков В. А. Амбарцумяна, С. С. Мкртчяна, И. Г. Магакьяна и Оргкомитет за безупречную организацию совещания и гостеприимство.

Б. М. МЕЛИКСЕТЯН, А. С. ФАРАМАЗЯН, Э. Х. ХУРШУДЯН

## Р Е Ш Е Н И Е

третьего Всесоюзного совещания по рентгенографии минерального сырья (Ереван, 20—26 ноября, 1965 г.)

С 20 по 26 ноября 1965 г. в гор. Ереване проходило III-е Всесоюзное совещание, организованное секцией рентгенографии минерального сырья при Ученом Совете «Образование, рост и структуры кристаллов Академии Наук СССР» совместно с Геологическим институтом АН Армянской ССР. В совещании приняло участие 230 представителей научно-исследовательских институтов, ВУЗов и производственных организаций 40 городов Советского Союза. На совещании было заслушано 86 докладов, охватывающих весьма широкий круг вопросов и отражающих состояние и уровень исследовательской работы в области рентгенографии минералов в соответствующих лабораториях учреждений Министерства Геологии СССР, в лабораториях Академии наук СССР и Академиях союзных республик, а также в ВУЗах и ряда других исследовательских и производственных организациях.

Совещание отмечает, что по сравнению с предыдущими I-ым и II-м совещаниями (Киев, 1959; Иркутск, 1963) существенно возросли научный уровень и практическая значимость докладов, увеличилось количество участников и возросла активность последних, выразившаяся в весьма полезных обсуждениях большинства сообщений. Анализ состояния работ по рентгенографии минерального сырья в СССР, который был проведен на основе критического рассмотрения итогов III-го совещания, показывает, что в этой области достигнуты значительные успехи, способствующие решению задач, стоящих перед Геологической службой Советского Союза. Сотрудниками рентгеновских лабораторий выполнены многочисленные исследования по установлению и уточнению кристаллических структур минералов, по изучению явлений изоморфизма, полиморфизма и полиптизии, а также исследованию характера и степени упоря-

лочности и разупорядоченности в минералах. Существенное значение для минералогической практики представляют работы по установлению связи между кристаллографическими характеристиками минералов и их химическим составом, а также исследования, связанные с разработкой новых рентгеновских методов идентификации минералогических объектов. Для выявления кристаллохимических и генетических особенностей минералов, всё чаще используются синтетические продукты, являющиеся результатом моделирования природных процессов.

Совещание констатирует, что в последние годы резко возросла техника рентгеновского эксперимента. Это, в первую очередь касается решительного перехода к более точным и производительным дифрактометрическим методам с использованием сцинтилляционных счетчиков.

В связи с этим научно-исследовательские и производственные лаборатории все больше переходят от качественного фазового анализа к количественной оценке фазового состава минеральных смесей. Большинство рентгеновских лабораторий особое внимание уделяется изучению минералов, содержащих важные в практическом отношении, элементы (бериллий, бор, ниобий, тантал и т. д.). Отмечены существенные сдвиги в разработке и использовании специальных приставок для исследования кристаллических веществ при высоких температурах и давлениях, совершенствуются методы и техника обработки экспериментального материала; в первую очередь, здесь должно быть отмечено значительно расширившееся использование электронных вычислительных машин в повседневной работе рентгеновских лабораторий. Развиваются комплексные исследования, при которых рентгеновские результаты дополняются результатами анализа электроннографического, ИК-спектров, радиоспектроскопией и другими современными методами.

Из недостатков, которые не позволяют в полной мере использовать возможности рентгеновского анализа и препятствуют его дальнейшему развитию, совещание, в первую очередь, отмечает следующие:

1. Из-за недостаточного выпуска современного рентгеновского оборудования многие лаборатории вынуждены использовать морально устаревшие установки, а выпускаемые серийно рентгеновские аппараты до сих пор не снабжаются приспособлениями, повышающими эффективность исследований. До настоящего времени еще не закончена разработка конструкции приставок для съемки под малыми углами, приставок к рентгеновскому дифрактометру для исследования поли- и монокристаллов при высоких и низких температурах и давлениях в разных средах; до сих пор не выпускается вспомогательная аппаратура для промера и расчета рентгенограмм.

2. В ряде лабораторий еще ощущается недостаток в кадрах хорошо подготовленных специалистов, а привлекаемые к проведению рентгеновского анализа специалисты других квалификаций не имеют возможности пройти систематическую стажировку, необходимую для их переквалификации. Недостаточно практикуется кураторская работа.

3. В ряде научно-исследовательских институтов и других организа-

ций Министерства Геологии не уделяется должного внимания научно-тематическим рентгеновским исследованиям и рентгеновским лабораториям часто не представляется возможность исследования тех минеральных объектов, в изучении которых эти лаборатории имеют большой опыт и значительные научные успехи.

4. Недостаточен обмен опытом и координационные связи между рентгеновскими лабораториями различных ведомств.

При постановке и проведении научно-исследовательских и производственных работ ближайшего будущего третье Всесоюзное совещание по рентгенографии минерального сырья предлагает учитывать следующие рекомендации:

I. Наряду с детальным структурным изучением природных минеральных образований, расширять исследования искусственных продуктов, создаваемых при моделировании природных процессов.

II. Обращать особое внимание на такие важные кристалло-химические явления как изоморфизм и связанные с ним явления порядка-беспорядка, а также полиморфизм и политипию, привлекая для соответствующих исследований наиболее совершенные современные методы рентгеноструктурного анализа.

III. Одновременно с дальнейшим пополнением и усовершенствованием существующих рентгенометрических определителей создавать детализированные определители для отдельных групп минералов, включающих указания о наиболее рациональных приемах расшифровки фазового состава по рентгенограммам и дифрактограммам.

IV. Разрабатывать новые прогрессивные типы рентгеновских определителей, предполагающих использование перфокарт и машинной техники.

V. Разрабатывать и совершенствовать методы количественного фазового анализа минеральных смесей, эффективней используя для этого дифрактометрию.

VI. Внедрять в практику рентгеновского анализа методы математической статистики в целях выявления корреляционных связей между составом и рентгеновскими характеристиками минералов.

Для обеспечения успешного выполнения работ в намеченных направлениях необходимо:

1. Увеличить выпуск и повысить качество рентгеновской аппаратуры, производимой отечественной промышленностью, а также резко улучшить снабжение рентгеновских лабораторий необходимыми приборами и материалами.

2. Продолжать работы по модернизации рентгеновской аппаратуры. В связи с этим просить Министерство приборостроения поручить СКБ РА завершить доработку дифрактометра общего назначения (ДРОН-1) с тем, чтобы со II-ой половины 1966 года выпускать этот прибор в полном соответствии с утвержденными техническими условиями. В комплект дифрактометра ДРОН-1 должны входить: а) приставка для исследования образцов при температурах до 1200—1400°C; б) приставка

для исследования образцов при низких температурах: до  $-190^{\circ}\text{C}$ , в) приставка для термостатирования образцов; г) двухкристальная приставка; д) пропорциональный счетчик; е) малоугловая приставка, приспособленная для изучения глинистых минералов и рентгеноаморфных веществ; ж) дополнительно разработать приставку для съемки в гидротермальных условиях до 20 атм. насыщенного пара.

Просить заинтересованные организации, в частности, Министерств Геологии, ходатайствовать перед Министерством приборостроения, Советом Министров СССР о включении в план 1966—1967 гг. разработку и выпуск следующих приборов:

а) автоматического дифрактометра для исследования монокристаллов;

б) автоматического дифрактометра для количественного и качественного фазового анализа;

в) рентгеновского микроскопа;

г) фокусирующей камеры для съемки минералов глины (конструкции М. Ф. Соколовой, СНИИГИМС, Новосибирск);

д) Приставки к дифрактометру для локального фазового анализа (изучения включений);

е) набора микрокамер к аппарату с микрофокусной трубкой;

ж) однокоординатного компаратора для промера рентгенограмм размером до 400 мм;

з) двухкоординатного компаратора для промера рентгенограмм размером до  $200 \times 200$  мм;

и) рентгеновской камеры для исследования неограниченных кристаллов--КРОН-2 (конструкции ЛГУ).

3. Шире практиковать стажировку и семинары по повышению квалификации работников, занимающихся рентгенографическим исследованием минерального сырья. Продолжать подготовку высококвалифицированных специалистов в области рентгенографии минералов на геологических и физико-математических факультетах ЛГУ, МГУ и в некоторых других ВУЗ-ах, а также просить МВ и ССО СССР использовать специалистов рассматриваемого профиля строго в соответствии с их квалификацией.

4. Помимо аналитических работ, обеспечивающих повседневную деятельность геологической службы, планировать в рентгеновских лабораториях тематические научно-исследовательские работы с учетом сложившейся специализации этих лабораторий и накопившегося опыта.

Так, в частности, совещание считает, что работы по составлению рентгенометрического определителя боросиликатов, проводимые в Казахском институте минерального сырья, а также исследования Кольского филиала АН СССР по составлению рентгенометрического определителя минералов Кольского п-ва должны быть продолжены, завершены и подготовлены к печати.

Необходимо также продолжать исследования, ведущиеся во

ВСЕГЕИ по рентгеновскому изучению трудноидентифицируемых и слабо изученных радиоактивных минералов.

5. Продолжать издание ежегодника «Рентгенография минерального сырья», информирующего широкий круг специалистов о проводимых в Советском Союзе работах в области рентгенографического исследования минералов и осуществляющего активный обмен опытом между рентгеновскими лабораториями СССР.

6. Продолжать в ИГЕМ АН СССР издание таблиц эталонных рентгенограмм с использованием как данных полученных в лаборатории ИГЕМ, так и опубликованных в литературе.

7. Через Бюро секции рентгенографии минерального сырья способствовать разумному кооперированию тематики лабораторий при разработке отдельных научно-исследовательских тем.

8. Считать целесообразным осуществлять кураторскую работу, для чего необходимо шире практиковать поездки ведущих специалистов в лаборатории, нуждающиеся в квалифицированном руководстве и помощи.

Третье Всесоюзное совещание по рентгенографии минерального сырья отмечает большую плодотворность проведенного обмена мнениями, одобряет инициативу Оргкомитета и организаций, созвавших Совещание, и считает необходимым впредь проводить подобные совещания, подводящие итоги проделанной работы и намечающие задачи на ближайшее будущее. Совещание благодарит Академию наук Армянской ССР за хорошую организацию работы III-го Всесоюзного Совещания.

Совещание надеется, что проведенная в Ереване работа будет содействовать серьезному улучшению и расширению исследований в области рентгенографии минерального сырья, выполняемых в геологических учреждениях Армянской ССР.

Наметить проведение IV-го Совещания по рентгенографии минерального сырья в 1968 году в городе Душанбе.

#### Совещание рекомендует:

а) бюро секции опубликовать итоги совещания в журнале «Записки Всесоюзного минералогического общества», сборнике «Рентгенография минерального сырья», а также «Известиях АН Армянской ССР;

б) участникам Совещания обсудить его итоги и данное решение на местах.

Совещание обращается с призывом ко всем специалистам, работающим в области исследования минерального сырья, в соответствии с задачами, поставленными перед советской наукой Программой Коммунистической партии Советского Союза в деле создания материальной базы коммунистического общества, усилить изучение всех видов полезных ископаемых с целью скорейшего использования их в народном хозяйстве.

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

էջ

Պալեոբուլոգիա

Ս. Ա. Բուրիկյան. Հայաստանի պլիոցենի նստվածքների օստրակոզները. (Երկրորդ հաղորդում) 3

Լիթոլոգիա

Ս. Գ. Սարգսյան, Վ. Պ. Հասրաթյան, Հ. Ա. Սաղոյան. Շորազբյուրի շերտախմբի (ստորին-միջին օլիգոցեն) գեղաձև, ձվաձիրաձև և ներնակաձև կոնկրեցիանների մասին 12

Տեկտոնիկա

Է. Վ. Անանյան. Ղափանի բրախիանտիկլինորիումի ապարների ճեղքավորվածության մի քանի գծերը 21

Պետրոգրաֆիա

Ճ. Խ. Ղուլյան. Բարգուշատի լեռնաշղթայի հյուսիսային լանջի մագմատիկ ապարների գեոքիմիական մի քանի առանձնահատկությունները 32

Ջրաերկրաբանություն

Յու. Վ. Սալյանյան. Լենինականի գոգավորության լճային նստվածքների սեղիմենտացիոն ջրերը 45

Ռ. Գ. Հաբությունյան. Արարատյան գոգավորության ևրրորդական նստվածքների ստորերկրյա ջրերի զարգացման պատմությունը 52

Հիդրոլոգիա

Հ. Կ. Գաբրիելյան. Հայկական ԱՄՄ հրաբխային բարձրավանդակի գետերի կոշտ հոսքը և զենուղաղիան 60

Երկրաֆիզիկա

Ս. Մ. Այվազյան. Երկրամեխանիկայի հիմքերի շուրջը. (Երկրորդ հաղորդում) 68

Երկրամորֆոլոգիա

Ս. Մ. Իսանակյան. Հունակազմության երևույթների մեխանիզմի մասին 81

Գիտական նոթեր

Ա. Ա. Աղամյան. Յաղղանի երկաթ-անագային երևակումը 94

Ս. Հ. Գեղամիսիկյան. Գերմանիումի որոշումը ֆոտոմետրիկ եղանակով բազմամետաղ, կվարց-սուլֆիդային հանքանյութերում առանց էքստրագրման 97

Է. Ա. Կյուրեղյան, Ս. Հ. Էֆսուզյան. Լիտյումի որոշումը ջրերի մեջ էքսպրես մեթոդով 100

Գ. Օ. Ավառյան. Հայաստանի վերին էոցենի նստվածքներում Atopodonta Cossmann (Mollusca Bivalvia) սեռի հայտնաբերման մասին 103

Խրոնիկա

Հանձնախմբի հոսմի օբեկտները և իրենց ներքին Համամիությունական խորհրդակցության արդյունքները 106

# СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

## Палеонтология

- С. А. Бубикян.* Остракоды из плиоценовых отложений Армении. (Сообщение второе) . . . . . 3

## Литология

- С. Г. Саркисян, В. П. Асратян, А. А. Садоян.* О шаровидных, эллипсоидальных и матрацевидных конкрециях шорахбюрской свиты (нижнего-среднего олигоцена) . . . . . 12

## Тектоника

- Э. В. Ананян.* Некоторые черты трещиноватости пород Кафанского брахиантиклинория . . . . . 21

## Петрография

- Э. Х. Гулян.* Некоторые петрохимические особенности магматических пород северного склона Баргушатского хребта . . . . . 2  
3

## Гидрогеология

- Ю. В. Саядян.* Седиментационные воды в озерных отложениях Ленинаканской котловины . . . . . 45  
*Р. Г. Арутюнян.* История развития подземных вод третичных отложений Араратской котловины . . . . . 52

## Гидрология

- Г. К. Габриелян.* Твердый сток рек и денудация вулканического нагорья Армянской ССР . . . . . 60

## Геофизика

- С. М. Айвазян.* К основам геомеханики. (Сообщение второе) . . . . . 68

## Геоморфология

- С. М. Исаакян.* О механизме русловых процессов . . . . . 81

## Научные заметки

- А. А. Адамян.* Ягданское железо-оловянное проявление . . . . . 94  
*С. А. Дехтрикян.* Фотометрический метод определения германия в полиметаллических и кварц-сульфидных рудах без экстракции . . . . . 97  
*Э. А. Кюрегян, Ц. О. Эксузян.* Экспресс-метод определения лития в водах . 100  
*Г. О. Свиджян.* О нахождении рода *Atorodonta* Cossmann (Mollusca Bivalvia) в верхнеэоценовых отложениях Армении . . . . . 103

## Хроника

- Итоги Третьего Всесоюзного совещания по рентгенографии минерального сырья . 106

