ра, Калифорния. — В кн.: Вопросы минералогии глин. Изд. ИЛ, 1962, с. 235—239.

14. *Петросов И. Х., Цамерян П. П.* Вещественный состав и условия образования бентонитовых глин Саригюхского и Ноемберянского месторождений Армянской ССР. Изд. АН АрмССР, 1971, 136 с.
15. *Ратеев М. А., Градусов Б. П.* Парагенетический ряд слоистых силикатов, связанных с преобразованием витрокластов в зоне гидротермального оруденения. — ДАН СССР, т. 193, № 2, 1970, с. 429—432.
16. *Ратеев М. А., Муравьев В. И.* Международная конференция по изучению глин, Токио, 1969.—Литология и полезные ископаемые. № 3, 1971, с. 148—152.
17. *Ратеев М. А., Градусов Б. П., Ильинская М. И.* Глинообразование при постмагматических изменениях андезито-базальтов силура Южного Урала. — Литология и полезные ископаемые, № 4, 1972, с. 93—109.
18. *Ратеев М. А., Градусов Б. П., Ильинская М. И.* Гидротермальная аргиллизация верхнесантонских вулканогенных пород и ее роль в формировании бентонитов Саригюх (Армянская ССР) — Изв. АН СССР, сер. геол., № 12, 1973, с. 41—56.
19. *Ратеев М. А., Градусов Б. П., Ильинская М. И.* О генезисе бентонитов Даш-Салахлы Азербайджанской ССР. Бюлл. МОИП, отд. геол., № 5, 1974, с. 72—89.
20. *Сеидов А. Г., Ализаде Х. А.* Геолого-минералогическая характеристика бентонитовых глин Даш-Салахлинского месторождения (Азербайджанская ССР). — В кн.: Сырьевая база бентонитов СССР и их использование в народном хозяйстве. М.: Недра, 1972, с. 153—157.
21. *Холодкевич И. В., Гептнер А. Р.* Экспериментальное исследование гидротермального преобразования базальтов Исландии. — Литол. и полезн. ископ., 1982, № 4, с. 68—78.
22. *Эймс Л. Л., Санд Л. Б., Голдич С. С.* Бентонитовое месторождение Гектор, Калифорния. — В кн.: Вопросы минералогии глин. М.: Изд. ИЛ, 1962, с. 212—234.

Известия АН Армении, Науки о Земле. XLIII, 1990, № 2, 25—38.

УДК:551.78/.79:621.039.86(479.25)

БАЛОГ КАДОША*, Г. П. БАГДАСАРЯН**, К. И. КАРАПЕТЯН**,
ПЕЧКАИ ЗОЛТАН*, АРВА-ШОШ ЕРЖЕБЕТ*, Р. Х. ГУКАСЯН**

ПЕРВЫЕ K/Ar ИЗОТОПНЫЕ ДАТИРОВКИ ВЕРХНЕПЛИОЦЕН—ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ПОРОД РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

Обобщены результаты первого этапа (1987—1988 гг.) тематических изотопно-геохронологических исследований по научному сотрудничеству лабораторий изотопной геологии Института геологических наук АН Армении и Института ядерных исследований АН Венгрии. Впервые по K/Ar методу определены (серийно) возрасты ряда верхнеплиоцен-четвертичных вулканических пород Республики Армения.

Общие данные

В статье подводится итог первого этапа (1987—1988 гг.) совместных радиолого геохронологических исследований широко распространенных на территории Республики Армения позднеплиоцен-четвертичных вулканических пород. Работы проводились лабораторией калий-аргоновой изотопии Института ядерных исследований (Атомки) Академии наук Венгерской республики (г. Дебрецен) в тесном научном сотрудничестве с лабораторией изотопных исследований Инс-

* Институт ядерных исследований Венгерской АН.
** Институт геологических наук АН Армении

титута геологических наук (ИГН) Академии наук Армении (г. Ереван).

Исследование новейшего вулканизма территории Армении, сыгравшего важную роль в развитии этой области, имеет большое теоретическое и прикладное значение и, надо подчеркнуть, что многие его аспекты изучены и изучаются на достаточно высоком уровне. Однако разработка многих вопросов (в том числе и такого кардинального, как история развития вулканизма), связанных с надежными стратиграфическими и возрастными определениями, во многом затруднена рядом объективных причин, главными из которых являются следующие.

1. Продукты новейшей вулканической деятельности, покрывающие свыше 9000 $км^2$, представлены в основном сотнями потоков и небольших покровов, и те из них, которые могут служить опорными даже для отдельных районов, составляют исключение.

2. Прослаивающие вулканиты осадки, как правило, лишены фауны, в особенности руководящей. Добавим, что обычно потоки и покровы налегают друг на друга непосредственно, создавая единый верхнеплиоцен-четвертичный разрез.

3. Извержения главной массы вулканов происходили в плейстоцене, в пределах которого определения абсолютного возраста даже относительно хорошо разработанными, проверенными методами остаются пока недостаточно эффективными.

Возрасту и стратиграфии посвящены работы, нередко комплексные, с использованием данных геологии, геоморфологии, палеонтологии, палеомагнетизма, абсолютного возраста, археологии [12, 8, 3, 1, 2, 11, 4, 10, 6, 7 и др.]. Однако, в охарактеризованных условиях очевидно, что в комплексе исследований должна возрасти роль изотопно-геохронологических определений. Представляется, что первостепенная роль будет отведена K/Ar методу, о чем говорят успехи, полученные при разработке этого метода за последние годы.

Однако, применение этого наиболее подходящего для серийных изотопных датировок плейстоценовых пород K/Ar метода наталкивается (и по сей день) на непригодность и без того редко выпускаемых в СССР масс-спектрометров для измерения присущих столь молодым породам незначительных содержаний радиогенного ^{40}Ar. Более того, не налажен выпуск также низкофоновых высоковакуумных установок для экстракции из пород малых количеств ^{40}Ar (рад), их очищения и разделения. Самодельное же конструирование таковых часто не отвечает указанным требованиям.

И все же в лаборатории ИГН были предприняты тщательные попытки определения K/Ar возраста плиоценовых образований, которые увенчались успехом лишь в отношении пород допозднеплиоценового возраста. Этим путем датирован ряд вулканических образований [6]. Кроме того, ранее временно используемым в лаборатории трековым методом, несмотря на ограниченные возможности, были определены четвертичные возрасты ряда риолитовых куполов Армении [7].

Если по степени изотопно-геохронологической изученности (на единицу площади) территория Армении занимает первое место среди регионов СССР, то, наоборот, слабо охарактеризованы в этом аспекте ее верхнеплиоцен-четвертичные вулканические формации.

Решению этой не менее актуальной проблемы геологии Армении во многом содействует плодотворное научное сотрудничество ИГН и Атомки, основанное на совместной разработке темы «Геохронологические исследования» (1987—1990 гг.).

В соответствии с этой темой в лаборатории Атомки проводится систематическое изотопно-геохронологическое изучение образцов верхнеплиоцен-четвертичных вулканитов K/Ar методом. Осуществляются они благодаря специально сконструированному в этой лаборатории масс-спектрометру и экстракционному прибору, которые поз-

воляют измерять ультрамалые содержания радиогенного ^{40}Ar [13]. Как увидим ниже, уже получены возрастные значения более чем двадцати образцов новейших вулканитов Армении (1987—1988 гг.). Здесь кстати отметить, что в соответствии с темой научного сотрудничества за это же время в лаборатории ИГН подверглись тщательной K/Ar геохронометрии (по 2—3 серии на каждой пробе) 36 образцов пород*, отобранных преимущественно из палеогеновых, отчасти мезозойских и реже позднепалеозойских формаций области Веленсе (Венгрия). Результаты доложены Г. П. Багдасаряном на совместном заседании ученых Венгерского геологического института и Центрального геологического управления Венгрии (в июле 1989 г.) с участием представителей института Атомки.

Следует с особой признательностью подчеркнуть ту большую роль, которую сыграл видный ученый и зам. руководителя Центрального геологического управления Венгрии Морваи Густав в создании плодотворного научного сотрудничества между обеими лабораториями.

Охарактеризованные в настоящей работе образцы вулканических пород отбирались Г. П. Багдасаряном и К. И. Карапетяном путем многократного выезда в поле в 1987—1988 гг.; отбор проводился целенаправленно из различных стратиграфических уровней верхнеплиоцен-четвертичных разрезов по схеме, взаимно согласованной и намеченной К. И. Карапетяном. Им же проводилось микроскопическое описание отобранных образцов вулканических пород.

Краткие данные о местонахождении и петрографической характеристике исследованных пород (образцов)

Объектом исследования послужили вулканиты Приереванского района, в котором стыкуются все основные магматические формации (комплексы) верхнеплиоцен-четвертичного возраста двух крупнейших вулканических зон—Северной вулканической дуги Армянского нагорья и Транскавказского вулканического ареала [9]. Выбор конкретных объектов диктовался их: а) маркирующим положением в развитии новейшего вулканизма на площади до 5000 км^2 и б) относительно хорошей, комплексной, стратиграфо-возрастной изученностью. Характеристика вулканитов приводится в общепринятой стратиграфической последовательности. Групповое выделение образцов условное, определяемое ходом постановки опытов.

Базальтовая формация, верхний плиоцен. Группа I—обр. 7069 и 7070, долеритовые базальты. Структура полнокристаллическая, долеритовая, частично микродолеритовая. Порода состоит из плагиоклаза, оливина, клинопироксена, рудного минерала. В обр. 7069 по оливину развиваются гидроокислы железа.

Город Ереван, правый берег р. Раздан, Цицернакаберд, напротив детской ж/дороги, на высоте 120 м над рекой, лавовый поток.

Андезито-базальтовая формация, четвертичная. Группа II—обр. 7001, 7002, 7003, 7004, андезито-базальты—базальты Котайкской группы вулканов. Структура пород порфировая, по плагиоклазу—серийная. Основная масса микролитовая, местами полнокристаллическая, микродолеритовая, состоит из плагиоклаза, клинопироксена, рудного минерала, стекла. Фенокристаллы—плагиоклаз, оливин, клинопироксен.

Город Ереван, левый берег р. Гедар, у зоопарка, ошлакованный лавовый поток мощностью 13—15 м.

Группа III—обр. 7063, 7064, 7067, 899**, андезито-базальты Раздапского потока. Структура пород порфировая, по плагиоклазу—серийная. Основная масса микролитовая, участками интерсертальная, состоит из плагиоклаза, клинопироксена,

---

* В этой же лаборатории подверглись тщательному микроскопическому исследованию 36 образцов, с уточнением их петрографического состава.

** Обр. 899, отобранный из низов потока, был передан в лабораторию Атомки на определение изохронного возраста еще раньше—в 1982 г. ученым Венгрии Борш.

рудного минерала, стекла. Фенокристаллы темноцветов (до 5%)—клинопироксен, оливин.

Город Ереван, левый и правый берега р. Раздан, район детской ж/дороги. Низы потока мощностью 20—25 *м*, на террасе +24÷25 *м*.

Группа IV—обр. 6994, 6995, 6996, 6997, андезито-базальты Ереванского (Аргаванского) потока. Структура пород порфировая, основной массы—микролитовая и гиалопилитовая. Фенокристаллы (до 8%)—плагиоклаз, клинопироксен, очень редко оливин; основная масса состоит из плагиоклаза, клинопироксена, рудного минерала, стекла.

Город Ереван, правый берег р. Раздан, у искусственного водохранилища. Поток мощностью 10—12 *м*, на террасе +14÷15 *м*.

Группа V—обр. 7066, 7068, андезито-базальты того же потока; структура и состав те же.

Город Ереван, правый берег р. Раздан, у стадиона «Раздан». Мощность потока 10—15 *м*, на надпойменной террасе.

Группа VI—обр. 7005, 7006, андезиты Гегардского потока. Структура пород порфировая, основной массы—гиалопилитовая. Фенокристаллы (до 5%)—плагиоклаз, клинопироксен; основная масса состоит из плагиоклаза, клинопироксена, рудного минерала, стекла; встречаются единичные зерна ксеногенного (?) кварца.

Правый борт ущелья р. Азат, у шоссе Ереван-Гегард, в 2,5 *км* от последнего. Поток мощностью 10÷12 *м*.

Группа VII—обр. 7065, долеритовый базальт, гальки из террасы, подстилающей Раздански поток (см. гр. III). Порода является полным аналогом обр. 7069 (гр. I).

Методика исследования

Измерение K/Ar возраста выполнено в Институте ядерных исследований (Атомки) Венгерской Академии наук в г. Дебрецене. Для датировки использовались валовые пробы пород или их фракций, различающихся по минеральному или химическому составу.

Образцы измельчались до величины 0,1—0,5 *мм*, а при необходимости выделения различных фракций—до 0,1—0,15 *мм*. Образец № 899 был разделен на фракции с различной магнитной чувствительностью зерен. Часть измельченных образцов была превращена в порошок для определения содержания калия.

Для измерения Ar использовался прибор (установка) экстракции Ar и масс-спектрометр. Оба сконструированы в Атомки.

Образцы плавились при помощи высокочастотного индукционного нагревания. Для очистки Ar применялись обычные геттерные материалы (титановая губка, CuO, цеолит и охлаждающие ловушки). Дозированное количество эталонного ^{38}Ar вводилось в систему с помощью газовой пипетки до начала плавки образца. Очищенный аргон непосредственно вводился в масс-спектрометр.

Масс-спектрометр с однородным магнитным полем с углом отклонения ионов 90° и радиусом центральной траектории ионного пучка 150 *мм*. Работал он в статическом режиме. Запись и расчет аргонового спектра контролировались микрокомпьютером.

0,1 *г* протертого в порошок образца разлагался в HF с добавлением небольшого количества серной и перхлорной кислоты. Разложенный образец растворялся в 100 *мл* 0,25 n HCl и после пятикратного разбавления добавлялись 100 ppm Na и 100 ppm Li как буфер и внутренний стандарт. Содержание калия измерялось при помощи пламенного фотометра типа OE-75 венгерского производства. Для контроля измерений использовались внутрилабораторные стандарты «Азия 1/65» и Gl-O.

Детали оборудования использованных методов и результаты колибровки описаны ранее (Balogh, 1985: Odin, 1982).

Фактический материал

Результаты K/Ar изотопного датирования изложены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

	№№ п п	№№ обр.	% калия	% рад. ^{40}Ar	^{40}Ar $см^3/г$ 10^{-5}	$^{40}Ar/^{40}K$ 10^{-3}	$^{40}Ar/^{36}Ar$	$K/^{36}Ar$ $м^3 \cdot 10^{-9}$	Возраст в млн. лет
Гр. I	17 1	7069	0.745	15.1	8.79	17.705	—	—	3.03±0.23
	1792	7070	0.802	22.9	7.77	14.535	—	—	2.47±0.17
Группа II	1589	7001	1.191	26	12.37	15.540	399.3	1.002	2.66±0.15
	1590	7002	1.357	42.9	16.51	17.856	517.5	1.865	3.06±0.15
	1591	7003	1.921	19.9	17.42	13.603	368.9	1.020	2.33±0.17
	1592	7001	1.400	47.8	13.82	14.817	566.1	2.740	2.54±0.11
Гр. III	1788	7063	2.094	23.5	4.74	3.396	386.3	4.010	0.583±0.038
	1789	7064	2.149	18.1	5.31	3.710	360.8	2.642	0.635±0.051
	1790	7067	1.952	10.5	3.65	2.801	330.2	1.854	0.481±0.065

см. изохрону на рис. 5 и табл. 2

Группа IV	1585	6991	1.871	11.8	3.71	2.972	335.0	1.996	0.510±0.060
	1596	6995	1.913	8.20	2.97	2.330	321.9	1.699	0.410±0.068
	1587	6996	1.863	4.80	3.08	2.483	310.7	0.916	0.423±0.123
	1588	6997	1.815	7.00	4.11	3.423	317.7	0.975	0.587±0.110
Гр. V	1795	7066	1.842	10.1	2.22	1.808	—	—	0.310±0.043
	1794	7068	1.590	10.7	1.77	1.676	—	—	0.285±0.037
Гр. VI	1593	7005	2.394	4.0	1.53	0.961	—	—	0.156±0.037
	1591	7005	2.377	8.0	1.58	0.997	—	—	0.171±0.030
Гр. VII	1973	7065	0.923	30.5	8.64	14.01	—	—	2.41 ±0.15

Таблица 2

K/Ar датирование андезито-базальта № 899
(см. гр. III и рис. 5)

	K, %	^{40}Ar(рад), %	^{40}Ar (рад) $см^3/г \cdot 10^{-3}$	$^{40}Ar/^{36}Ar$
Валовая проба	2.10	13.0	3.[illegible]5	349.7
Минер. фракция I	1.[illegible]9	9.0	3.512	3[illegible]4.7
—"— II	1.895	10.[illegible]	3.8[illegible]6	3[illegible]0.5
—"— III	2.204	11.3	4.281	333.1
—"— IV	2.222	11.8	4.040	335.0

Оценка K/Ar возрастов

Наиболее критическим фактором, мешающим правильному K/Ar датированию плиоцен-плейстоценовых базальтов, является часто присутствующий в них избыточный аргон. Для обнаружения последнего широко применяются изохронные методы [15, 16], основанные на анализе различных образцов базальтового тела (лавовый поток, дайка и т. д.) или же различных фракций единичного образца породы,

как это было предложено Фитчем и др. [14]. Последний метод считается лучшим, так как в случае отдельного куска породы более вероятна гомогенизация изотопного состава аргона во время охлаждения. Кроме того, тщательно приготовленные фракции обычно отличаются большими колебаниями содержания калия, чем различные образцы базальтового тела. Фракции чаще всего различаются минеральным составом и только в исключительных случаях бывают мономинеральными. Выделяют их, главным образом, согласно магнитной восприимчивости и/или плотности. Если содержание калия в различных фракциях примерно одинаково, то можно использовать лишь $^{40}Ar/^{36}Ar—K/^{36}Ar$ изохронный метод (заметим, что $^{40}Ar/^{36}Ar—K/^{36}Ar$—метод по существу тот же самый, что и $^{40}Ar/^{36}Ar—^{40}K/^{36}Ar$ метод, однако в первом случае вводимые данные, используемые для вычисления наклона изохроны независимыми от $^{40}K/K$ отношения, которое используется только для вычисления возраста по наклону прямой). С помощью этого метода можно получить реальные значения возраста в том случае, если первичное $^{40}Ar/^{36}Ar$ отношение было однородным и если концентрация Ar в отдельных фракциях различна. Сплошная линия, проведенная через полные (заливные) кружки, представляет этот случай на рис. 1. Однако, если к образцам, содержащим избыточный аргон, добавляется различное количество атмосферного аргона, то точки, представляющие эти образцы, будут располагаться вдоль прямой линии (линия смешения), определяющей ошибочно древний «кажущийся возраст» (пунктирная линия образцов 1 и 2, проведенная через полные и пустые кружки на рис. 1). Если к образцам, содержащим избыточный аргон и первоначально располагающимся вдоль прямой линии, добавляется различное количество воздушного аргона, то точки на $^{40}Ar/^{36}Ar—K/^{36}Ar$ диаграмме будут распределяться беспорядочно (точки, отмеченные треугольниками на рис. 1). Для этих образцов могут быть вычислены «эрохроны» (эрохронные возрасты), которые могут быть как древнее, так и моложе истинного геологического возраста. Однако, если образцы не содержат избыточного аргона, то добавки атмосферного аргона не будут перемещать точки образцов от прямой линии и, следовательно, возраст останется не измененным. Таким образом, беспорядочное распределение точек образцов указывает на присутствие избыточного аргона и, поэтому, минимальный K/Ar возраст может рассматриваться как наиболее близкий к истинному геологическому, если исключить возможность потери Ar. Колебания содержания воздушного аргона обычно связаны с нестабильными условиями экстракционной системы или процессов выделения аргона и его очистки, как это, например, было показано Г. Д. Афанасьевым и С. И. Зыковым [5]. Таким образом, если в образцах присутствует избыточный аргон, то весьма важным требованием является высокая воспроизводимость процессов, происходящих в системе экстракции.

В настоящем исследовании главным образом датированы валовые пробы пород и только одного лавового потока, применен изохронный метод по фракциям единичного образца. Это приводит к некоторой неопределенности хронологических выводов, но делает возможным датировку базальтов из других районов Армении и, несмотря на ограниченное число возрастных определений, получить общую информацию о пригодности их для K/Ar датировки.

Исходя из неизмененного характера датированных образцов, потеря радиогенного аргона представляется весьма маловероятной, поэтому K/Ar возрасты равны или древнее, чем возрасты, основанные на геологических данных.

• Для более детального ознакомления с изохронными методами интересующегося читателя отсылаем к [18].

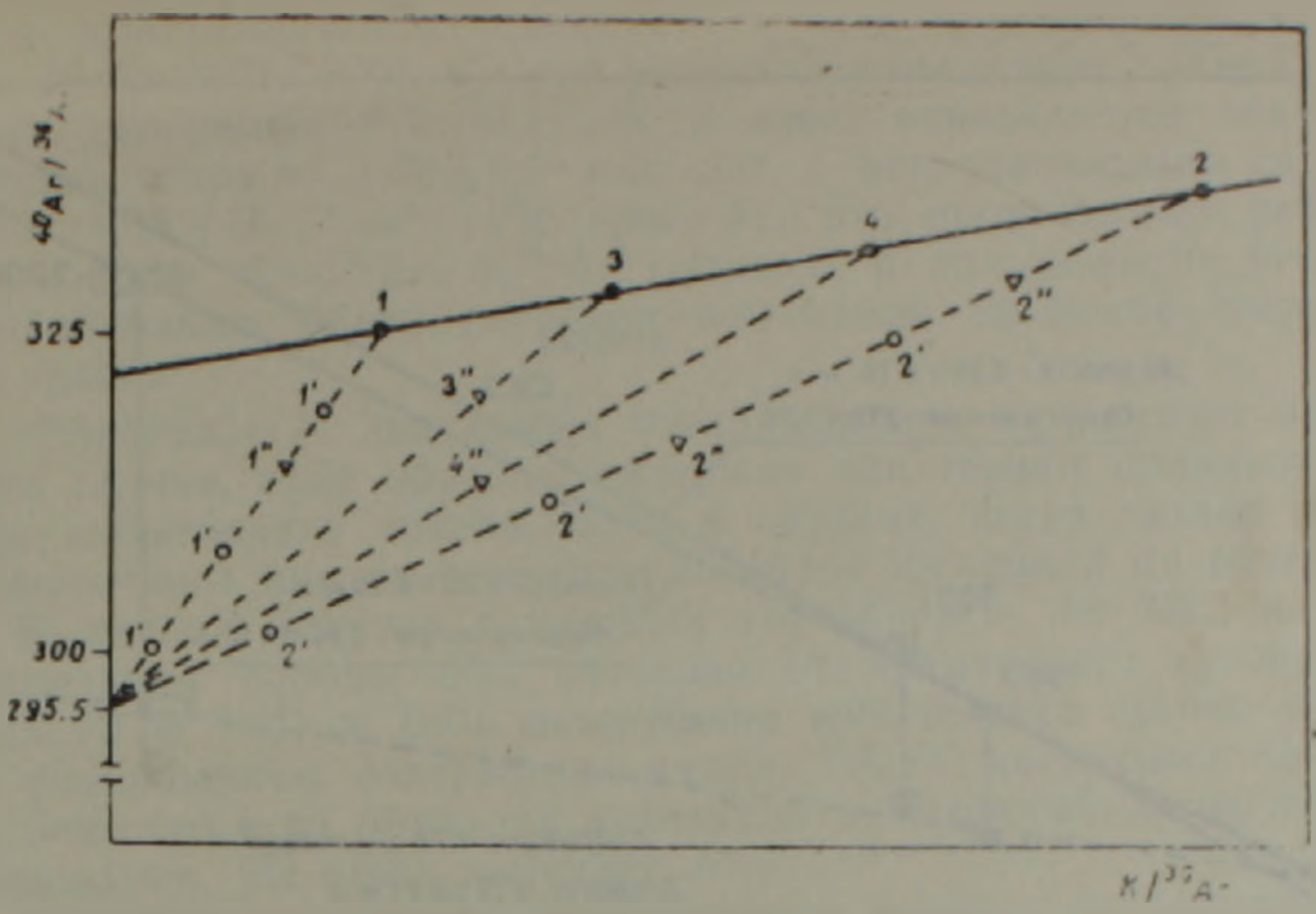

Рис. 1. Диаграмма эффекта добавления атмосферного аргона к образцам с содержанием избыточного аргона и однородным первичным $^{40}Ar/^{36}Ar$ отношением.

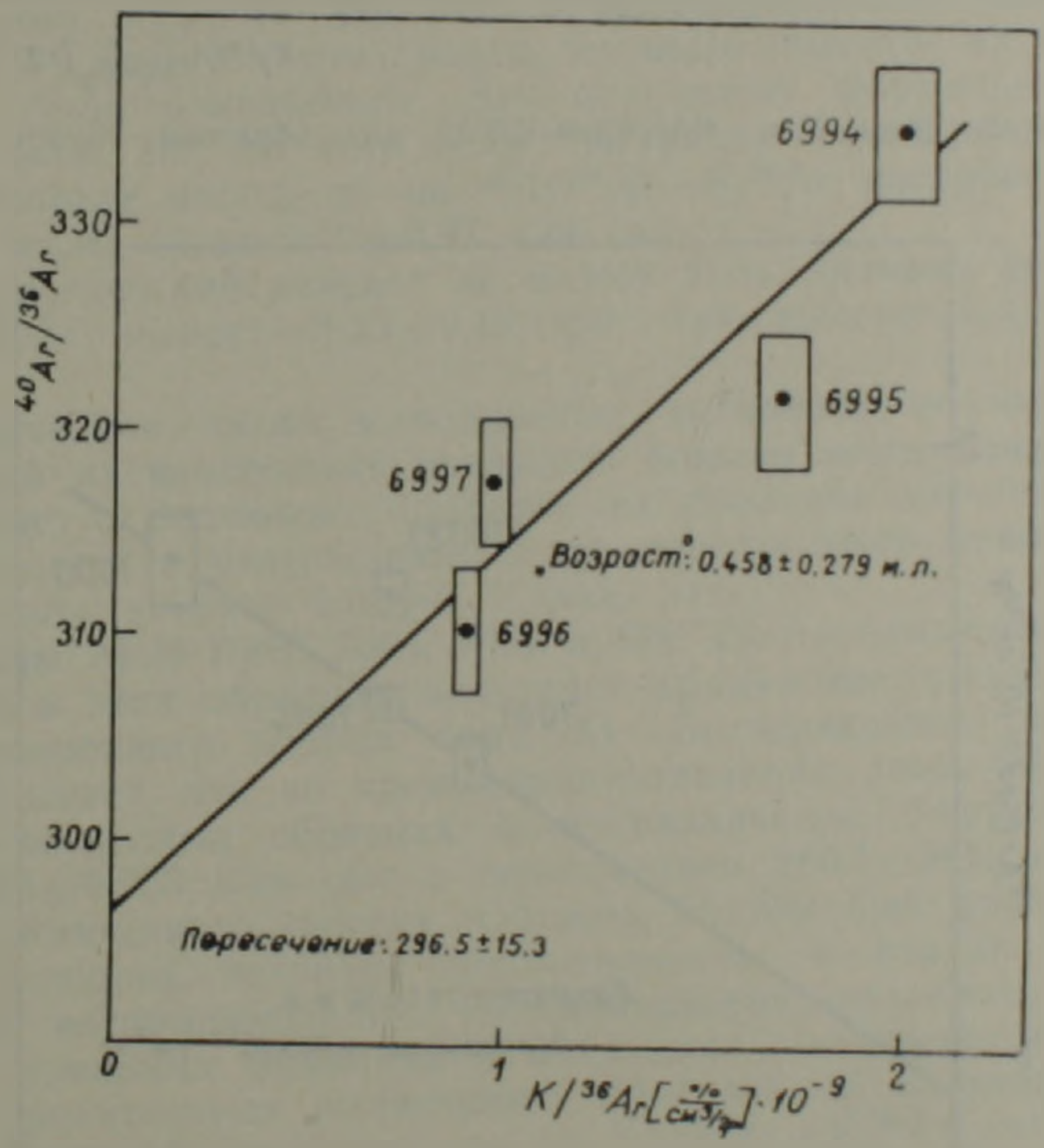

Рис. 2. Диаграмма $^{40}Ar/^{36}Ar$—$K/^{36}Ar$ для образцов группы IV

Образцы №№ 7069 и 7070. Различие измеренных возрастов превышает экспериментальную погрешность. Ввиду схожего содержания калия и обогащения радиогенным аргоном применение изохронных методов не представляется возможным. Более молодое значение возраста 2,47±0,17 *млн лет* можно рассматривать как наиболее близкое к истинному геологическому возрасту вулканической активности.

Образцы №№ 7001, 7002, 7003 и 7004. Точки, которые показаны на $^{40}Ar/^{36}Ar$—$K/^{36}Ar$ диаграмме, на рис. 3 не ложатся на прямую линию. Точка пересечения с осью ординат 279,4±28,7, несмотря на

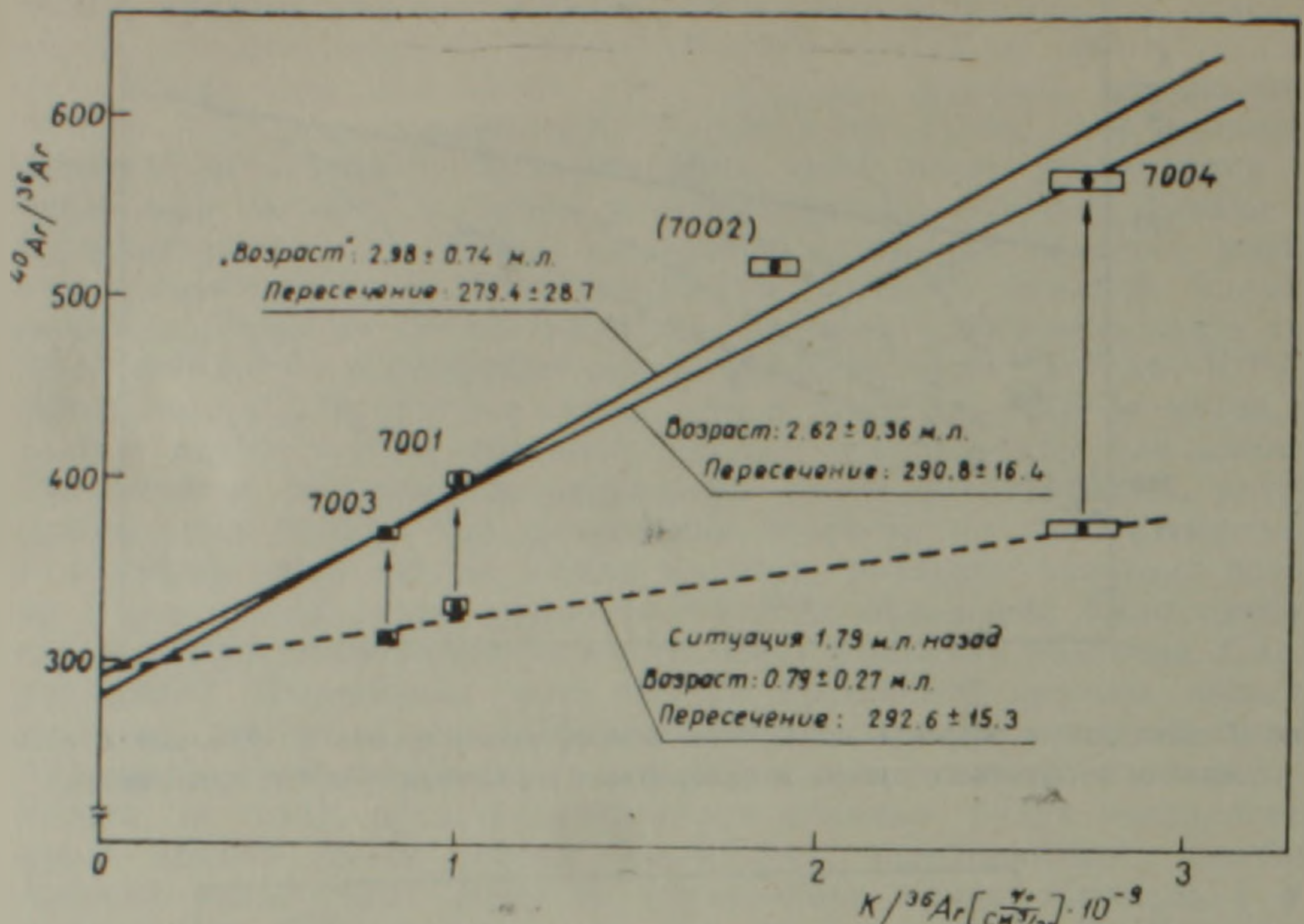

Рис. 3. Диаграмма $^{40}Ar/^{36}Ar$—$K/^{36}Ar$ для образцов группы II

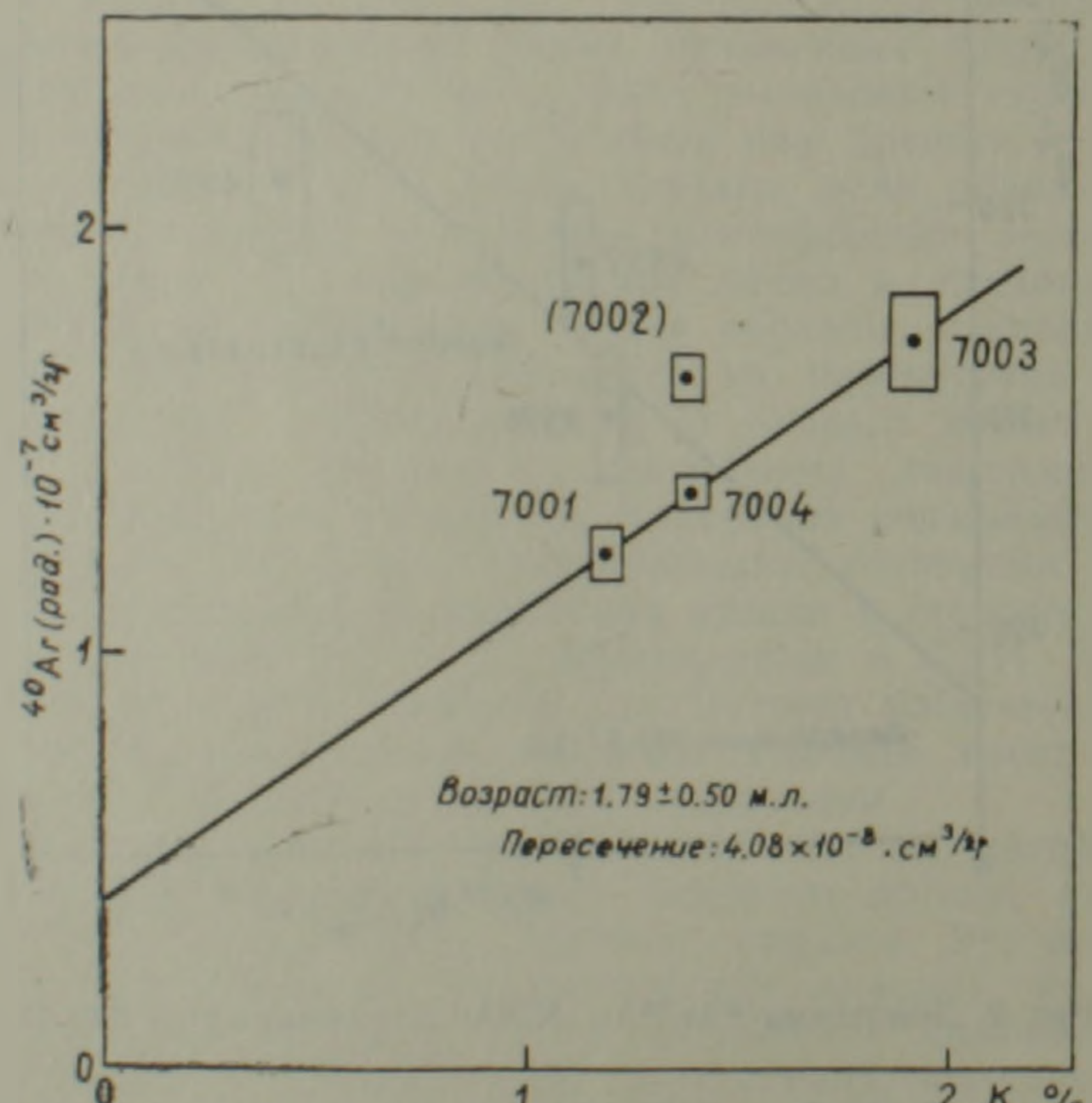

Рис. 4. Диаграмма ^{40}Ar(рад)—K для образцов группы II.

большую ошибку, показывает, что формально вычисленный «эрохронный возраст» 2,98±0,74 *млн лет* не имеет геологического смысла и что реальный возраст может быть моложе. Следует отметить, что точки образцов №№ 7001, 7003 и 7004 ближе к прямой линии и по ее наклону может быть вычислен изохронный возраст 2,62±0,36 *млн*

лет с пересечением 290,8±16,4, который указывает, что захваченный во время кристаллизации пород аргон был атмосферным Однако, образцы №№ 7001, 7003 и 7004 располагаются вдоль прямой линии также на диаграмме ^{40}Ar(рад)—K и здесь определяется значительно молодой возраст—1,79±0,5 *млн лет* с первоначальным содержанием ^{40}Ar $4{,}08\times10^{-5}$ см³ TP/г (рис. 4). Это противоречит результату, полученному $^{40}Ar/^{36}Ar$—$K/^{36}Ar$ методом, и для решения этого вопроса необходимо более глубокое понимание эволюции изотопного состава аргона.

На ^{40}Ar(рад)—K диаграмме точки ложатся на прямую не только в том случае, если образцы содержат или теряют одинаковые количества избыточного аргона, но и в случаях, когда захват или потеря избыточного аргона является линейной функцией от содержания калия. В данном случае возможно, что образец № 7003 во время кристаллизации породы был свободен от избыточного аргона, но в образцах №№ 7001 и 7004 содержание избыточного аргона увеличилось с уменьшением содержания калия. $^{40}Ar/K$ диаграмма показывает, что некоторые из образцов захватили избыточный аргон во время их образования. Из этого вытекает, что:

1) Выравнивание точек вдоль прямой линии, определяющей возраст 2,62±0,36 *млн. лет*, без первоначального избыточного аргона является недействительным и вызвано случайным распределением атмосферного аргона в образцах, следовательно, этот возраст древнее геологического возраста. На рис. 3 иллюстрировано также положение точек 1,79 *млн. лет* тому назад, когда содержание их радиогенного аргона было одинаковым. Это определяет формальный возраст 0,79±0,27 *млн. лет*, то есть если ^{40}Ar(рад)—K изохрона дает правильный возраст пород, то по $^{40}Ar/^{36}Ar$—$K/^{36}Ar$ изохроне время образования пород будет 0,79±0,27 *млн. лет*.

2) Геологический возраст не может быть древнее, чем наиболее молодой K/Ar возраст—2,33±0,17 *млн. лет*, измеренный по образцу № 7003.

Ограниченное число выполненных датировок не позволяет решить, какой из изохронных возрастов больше всего ближе к реальному возрасту. Возможно принятие их среднего значения 2,21±0,5 *млн. лет* вместе с утверждением, что породы этого лавового потока не могут быть древнее 2.33±0.17 *млн. лет*.

Образцы №№ 7063, 7064, 7067 и 899. Почти одинаковое содержание калия в этих образцах позволяет применение только $^{40}Ar/^{36}Ar$—$K/^{36}Ar$ изохронного метода (рис. 5). Беспорядочное расположение точек указывает, что во время кристаллизации лавы $^{40}Ar/^{36}Ar$ отношение в изученных образцах было различным. Формальный «возраст» 0,699±0,253 *млн. лет* с пересечением 280,2±26,3, очевидно, не имеет геологического смысла. Образец № 899 был разделен на отдельные фракции, которые пронумеровались в порядке увеличения магнитной восприимчивости. Незначительные различия содержания калия в отдельных фракциях и небольшое обогащение радиогенным аргоном препятствуют вычислению ^{40}Ar(рад)—K изохронного возраста с приемлемой точностью, но на $^{40}Ar/^{36}Ar$—$K/^{36}Ar$ диаграмме точки определяют изохрону, соответствующую возрасту 0,323±0,053 *млн. лет*, который рассматривается как геологически приемлемый. Пересечение 307,7±7,7 показывает величину $^{40}Ar/^{36}Ar$ отношения во время остывания образца № 899.

Образцы №№ 6994, 6995, 6996 и 6997. Так как содержание калия в этих образцах почти одинаковое, то для представления образцов использована только $^{40}Ar/^{36}Ar$—$K/^{36}Ar$ диаграмма (рис. 2). Однако, как это видно из диаграммы, точки не располагаются вдоль прямой линии и ошибка формально вычисленного «изохронного возраста» слишком велика (0,458±0,279 *млн. лет*).

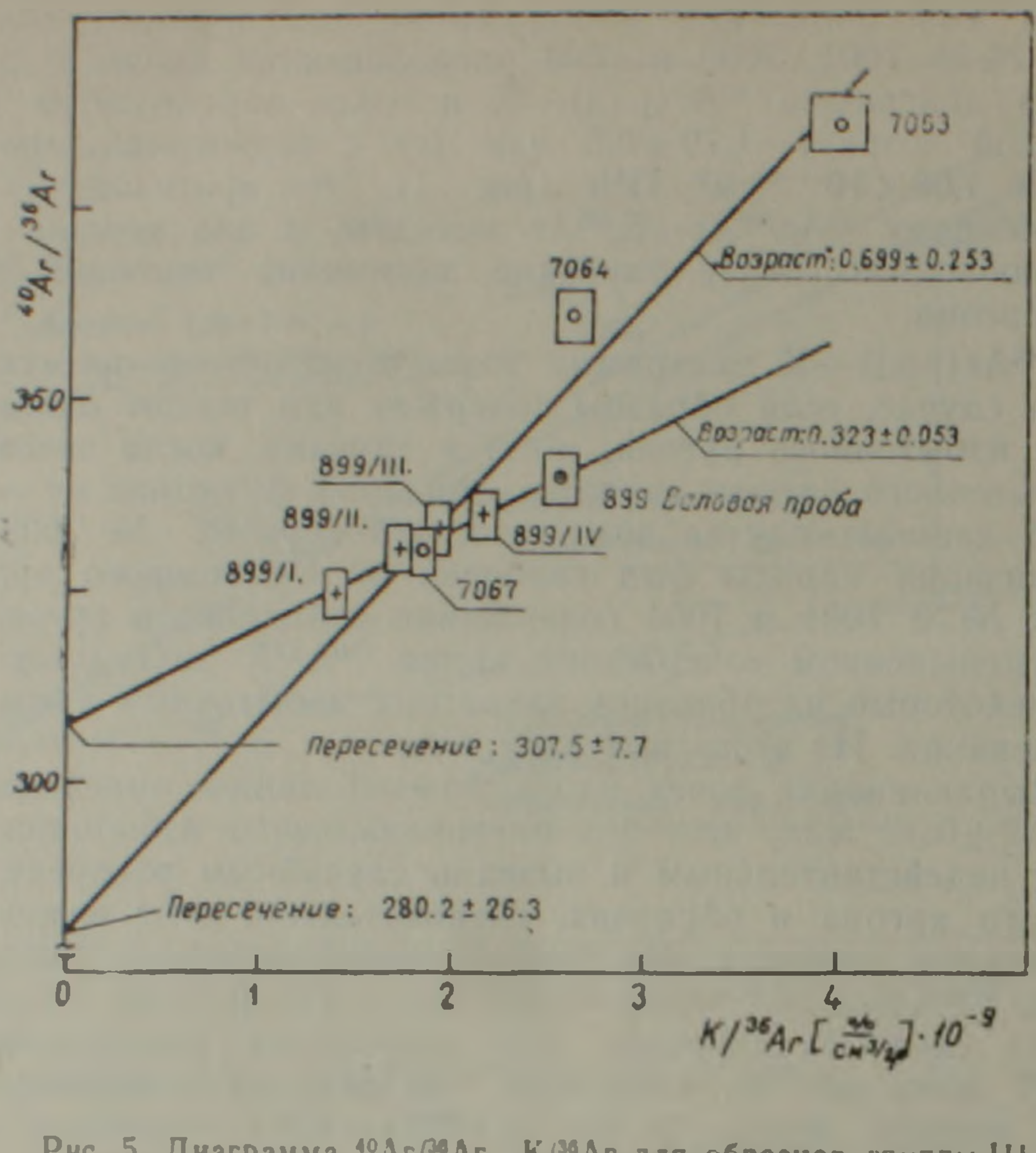

Рис. 5. Диаграмма $^{40}Ar/^{36}Ar$—$K/^{36}Ar$ для образцов группы III.

Это показывает, что в образцах присутствует избыточный аргон и взвешенное среднее значение возрастов (0,494±0,087 *млн. лет*) определенно древнее, чем геологический возраст. В этом случае среднее значение наиболее молодых возрастов (0,413±0,059 *млн. лет* для образцов № 6995 и 6996) можно считать наилучшим приближением геологического возраста, но следует подчеркнуть, что данная величина все еще может быть заметно древней для этих пород.

Образцы № 7066 и 7068. Различие в измеренных возрастах находится в пределах экспериментальной погрешности и, таким образом, взвешенное среднее значение 0,297±0,028 *млн. лет* может быть использовано как максимальный возраст.

Образцы №№ 7005 и 7006. Содержания калия и K/Ar возрасты очень близки, различие в обогащении радиогенным аргоном, возможно, вызвано добавлением воздушного аргона к образцу № 7005. Вычисленное среднее значение возраста равно 0,170±0,027 *млн. лет*, которое может рассматриваться как максимальный возраст. Реальный возраст может быть моложе, если в обоих образцах присутствует одно и то же количество избыточного аргона.

Обсуждение результатов

Рекомендуемые в предыдущем разделе наиболее надежные, близкие к истинным датировки подтверждают последовательность образования вулканитов, установленную другими, уже упомянутыми методами. Что касается возраста вулканитов, то здесь дело по понятным, разобранным выше причинам обстоит менее «благополучно» (табл. 3). Это закономерно, так как следует еще учесть, что геологические определения в наших условиях, да еще при произвольности выбора границы между плиоценом и четвертичным периодом, остаются весьма условными.

Таблица 3

Данные о геологическом и K/Ar возрасте

Вулканиты	Возраст	
	Геологически определения (по авторам)	Рекомендуемые K Ar опред. (в млн лет)
Долеритовые базальты Лавы вулканов Котайкской группы	Верхний плиоцен Верхний плиоцен Нижний плейстоцен	2.47±0.17 2.21±0.6
Разданский поток	Средний плейстоцен	0.323±0.053
Ереванский поток	Верхний плейстоцен	0.297±0.028 (менее вероятен возраст 0.113±0.059)
Гегардский поток	Верхний плейстоцен	0.170±0.027

Интересно, что K/Ar возраст базальтов, с извержением которых начался верхнеплиоцен-четвертичный вулканический цикл, близок значению 2,48 *млн. лет*, отмечающему нижнюю границу эпохи Матуяма; может быть излияния завершающих единый базальтовый комплекс прямо намагниченных потоков в отдельных районах (басс. р. Ахурян) были приурочены к субхронам Реюньон или Олдувай? Сближенным оказался возраст лав Котайкских вулканов, которые по геологическим данным извергались (после небольшого перерыва) вслед за долеритовыми базальтами.

Несколько завышенными, с геологической точки зрения, представляются датировки Гегардского потока, извержение которого было одним из самых последних в вулканизме Северной дуги и немного более раннего Ереванского потока. «Разнобой» в датировках последнего (см. табл. 3) и тот факт, что он, по всем данным, значительно моложе Разданского потока, диктуют необходимость дополнительного исследования. Важность специального исследования лав Ереванского потока определяется и тем обстоятельством, что если максимально надежней окажется датировка, даже близкая к самому «молодому» (0,297±0,28 *млн. лет*) из полученных значений, то и в этом случае новейшая геологическая история Араратской котловины и ее горного окаймления должна быть пересмотрена.

Выводы

1. Плиоцен-плейстоценовые базальт-андезитовые породы Армении в известном смысле являются весьма подходящими для K/Ar датирования. Благодаря удивительно низкому содержанию газа, выделенный аргон может быть легко очищен и, несмотря на молодой возраст, обогащение радиогенным аргоном весьма заметно.

2. В породах часто присутствует избыточный аргон, который может вызвать увеличение возраста для некоторых образцов более чем 0,5 *млн лет*. однако разница K/Ar и геологического возраста обычно только 0—0,2 *млн. лет*, причем последний относится к более молодым. Увеличение возраста может быть различным в образцах одного и того же лавового потока.

3. Наилучшим и обязательным методом получения геологических возрастов является выполнение серии определений на тщательно отобранных фракциях отдельных образцов.

4. Изложенный в статье фактический материал, отражающий первую попытку K/Ar изотопной геохронологии позднеплиоцен-четвертичных вулканических образований Армении, вселяет уверенность в целесообразности продолжения начатых в 1987 г. совместных работ

по творческому научному сотрудничеству лабораторий изотопных исследований ИГН и Атомки в 1990 и последующие годы.

Институт ядерных исследований АН ВР,
АН Армении

Поступила 22 XII.1989

Կ. ԲԱԼՈԳ, Գ. Պ. ԲԱՂԴԱՍԱՐՅԱՆ, Կ. Ի. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Զ. ՊԵՉԿԱՐ,
Է. ԱՐՎԱ-ՇՈՇ, Ռ. Խ. ՂՈՒԿԱՍՅԱՆ

Հ Հ ՏԱՐԱԾՔԻ ՎԵՐԻՆ ՊԼԻՈՑԵՆ—ՉՈՐՐՈՐԴԱԿԱՆԻ ՀՐԱԲԽԱՅԻՆ ԱՊԱՐՆԵՐԻ ԿԱԼԻՈՒՄ-ԱՐԳՈՆԱՅԻՆ ԱՌԱՋԻՆ ԻԶՈՏՈՊԱՅԻՆ ԺԱՄԱՆԱԿԱԳՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ամփոփում

ՀՀ տարածքը կազմող մինչքեմբրիից մինչև միջին պլիոցենի հասակի բազմաթիվ երկրաբանական ֆորմացիաների իզոտոպային երկրաժամանակագրական ընդարձակ ուսումնասիրությունների հետ մեկտեղ, մինչ այժմ բացակա էին տարածքի մեկ երրորդը ծածկող վերին պլիոցեն—չորրորդական ժամանակահատվածի հրաբխային ապարների բացարձակ հասակների որոշումները գիտական լայն ճանաչում գտած կալիում-արգոնային մեթոդով։

Հանրահայտ է այդ ապարների իզոտոպային հետազոտությունների խոշոր նշանակությունը թե՛ գիտական, և թե՛ կիրառական տեսանկյուններից, նամանավանդ ՀՀ համար, որի երկրաբանական գլխավոր առանձնահատկություններից մեկն էլ պլեյստոցենի հրաբխային պրոցեսների բուռն արտահայտությունն է։ Հիմնական խոչընդոտը՝ ապարներում ռադիոգեն արգոնի նվազագույն կուտակումներն են։ Ճշգրիտ իզոտոպային չափումները տարիներ շարունակ բացառված էին ԽՍՀՄ-ում և եվրոպական մի շարք այլ երկրներում՝ համապատասխան մասս-սպեկտրամետրերի բացակայության պատճառով։

Հոդվածում բերված ՀՀ տարածքի վերին պլիոցեն—չորրորդական հրաբխային ապարների իզոտոպային հասակների սիստեմատիկ որոշումների առաջին փուլի (1987—1988 թթ.) արդյունքները հնարավոր դարձան ՀՀ ԳԱ Երկրաբանական գիտությունների և Հունգարիայի ԳԱ Միջուկային հետազոտությունների ինստիտուտների խիստ արդյունավետ գիտական համագործակցության շնորհիվ։ Հունգարական ինստիտուտում ստեղծված հատուկ կոնստրուկցիայի մասս-սպեկտրամետրը հնարավորություն ընձեռնեց, առաջին անգամ լինելով ՀՀ երկրաբանության համար, վերին պլիոցեն—չորրորդական ապարների համար իզոտոպային հասակների լիարժեք որոշումներ կատարել։

Այսպիսով, նշված ինստիտուտի երկրաժամանակագրական լաբորատորիաների համատեղ հետազոտությունների շնորհիվ (1987—1988 թթ.) որոշվեցին Մերձերևանյան տարածքի մի քանի տարբեր հրաբխային ֆորմացիաներին բնորոշ քսանից ավելի ապարների հասակները՝ սկսած 3,06 միլիոն տարուց մինչև 166000 տարի առաջ ձևավորված գոյացումները։

Հոդվածում առաջին անգամ լինելով ցույց է տրվում հետազոտությունների մեթոդական շատ արժեքավոր նշանակության մի փաստ։ Դա հետազոտված ապարների որոշ մասի մեջ հայտնաբերված մնացորդային ռադիոգեն արգոնի առկայությունն է։ Վերջինիս քանակական ճիշտ որոշումը հնարավորություն է ստեղծում հրաբխային ֆորմացիաների ապարների հասակների որոշման ճշգրտումներ կատարել։

K. BALOG, G. P. BAGHDASARIAN, K. I. KARAPETIAN,
Z. PECHKAI, E. ARVA-SHOSH, R. KH. GHUKASIAN

THE FIRST K-Ar ISOTOPE DATING OF THE ARMENIAN UPPER PLIOCENE-QUATERNARY VOLCANIC ROCKS

A b s t r a c t

The results of the first stage (1987—1988) of themes isotope-geochronological investigations are brought according to the scientific collaboration between the laboratories of isotope geology of the Armenian Academy of sciences Institute of geological sciences and Hungarian Academy of sciences Institute of nuclear investigations. For the first time the K-Ar ages of the Armenian territory some Upper Pliocene-Quaternary volcanic rocks are serially determined.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Акопян Ц. Г.* Магнитное поле и палеомагнетизм кайнозойских эффузивных пород Армянской ССР. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1963, 171 с.
2. *Амарян В. М.* Стратиграфическая схема неогеновых и четвертичных вулканических образований района г. Арагац. ДАН АрмССР, 1963, XXXVI, № 5, с. 293—297.
3. *Асланян А. Т.* Региональная геология Армении. Ереван: Айпетрат, 1958, 430 с.
4. *Асланян А. Т., Саядян Ю. В., Харитонов В. М., Якимов В. П.* Открытие черепа древнего человека в Ереване. — В кн.: Вопросы геологии четв. периода Армении. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1983, с. 11—24.
5. *Афанасьев Г. Д., Зыков С. Н.* Итоги сверки эталонной пробы 1/65 в геохронологических лабораториях СССР. — Труды XV Сессии по определению абсолютного возраста геологических формаций М.: Изд. Наука, 1970, с. 316—321.
6. *Багдасарян Г. П., Гукасян Р. Х.* Верхнеплиоцен четвертичные магматические формации.— В кн.: Геохронология магматических, метаморфических и рудных формаций Армянской ССР. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1985, с. 266—270.
7. *Багдасарян Г. П., Гукасян Р. Х.* Результаты определения возраста молодых вулканитов Армянской ССР методом треков осколков деления ядер урана. — В кн.: Геохронология магматических, метаморфических и рудных формаций Армянской ССР. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1985, с. 271—272.
8. *Великовская Е. М., Леонтьев Л. Н., Милановский Е. Е.* К вопросу о стратиграфии четвертичных лав Малого Кавказа. — Сб. памяти А. Н. Мазаровича. М.: Изд. МОИП, 1952, с. 138—154.
9. *Карапетян К. И.* Верхнеплиоцен-четвертичные магматические формации и вулканизм Армении. — Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1969, № 3, с. 3—14.
10. *Карапетян К. И.* Об использовании данных археологии при стратиграфическом расчленении четвертичных вулканитов Армянской ССР. — В кн.: Вопросы геологии четвертичного периода Армении. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1983, с. 75—84.
11. *Карапетян С. Г.* Особенности строения и состава новейших липаритовых вулканов Армянской ССР. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1974, 196 с.
12. *Паффенгольц К. Н.* Стратиграфия четвертичных лав Восточной Армении. Зап. МО, ч. 60, в. 11, 1931.
13. *Balogh K.* (1985): K/Ar dating of Neogene volcanic activity in Hungary: Experimental technique, experiences and methods of chronological studies. ATOMKI Rep. E/1. (Debrecen), pp. 277—288.
14. *Fitch F. J., Miller J. A., Hooker P. J.* (1976): Single whole rock K—Ar isochrons. Geol. Mag. 111 pp. 1—10.
15. *Harper C. T.* (1970); Graphical solution to the problem of radiogenic argon—40 loss from metamorphic minerals. Ecl. Geol Helv 63, pp. 119—140.
16. *McDougall I. Pollack H. A. Stipp J. J.* (1969). Excess radiogenic argon in young subbaerial basalts from Auckland volcanic field, New Zealand. Geochim. Cosmochim Acta, 33 pp. 1485—1520.
17. *Odin G. S.* ed. (1982): Numerical Dating in Stratigraphy. Wiley and Sons, Shichester, New York. Brisbane, pp. 142—143.
18. *Shafiqullah, M., Damon, P. E.* (1974): Evaluation of K—Ar isochlon methods. Geochim. Cosmochim. Acta 38 pp. 1341—1358.

17. *Odin G. S. ed.* (1982) Numerical Dating in Stratigraphy Wiley & Sons, Chichester New York, Brisbane, pp. 142–143.
18. *Shafiqulla M., Damon P. E.* Evaluation of K—Ar iso tron methods. Geochim. Cosmochim Acta, 38 pp. 1 41—1358.

Известия АН Армении, Науки о Земле, 1990, XLIII, № 2, 38—45.

УДК: 553.064.32(449.25)

М. А. АРУТЮНЯН, О. Г. МАДАНЯН

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СКАРНОВ ЗАНГЕЗУРСКОГО РУДНОГО РАЙОНА И СВЯЗАННОГО С НИМИ ОРУДЕНЕНИЯ

В результате исследований определены температурные условия формирования скарнов Зангезурского рудного района и связанной с ними рудной минерализации. Подтверждено наличие собственно скарнового и наложенного гидротермального оруденения в рудопроявлениях скарново-полиметаллической и скарново-медно-молибденовой формации.

Скарны Зангезурского рудного района представлены образованиями известковой формации магматического и постмагматического этапов. Среди последних на отдельных участках их развития отмечается наличие прожилково-вкрапленной медно-молибденовой (Анкасар, Кефашен) и полиметаллической (Пейган, Аревот, Сагюкали) минерализаций. В задачу настоящего исследования входило определение температурных условий формирования скарнов Зангезурского рудного района и пространственно связанного с ними оруденения на основе изучения газово-жидких включений в собственно скарновых минералах, а также кварцах и кальцитах парагенетических ассоциаций рудных минералов. С этой же целью использовались диаграммы фазового соответствия в биминеральных геотермометрах.

По своему минеральному парагенезису скарны Зангезурского рудного района отнесены к пироксен-гранат-волластонитовой (скарны магматического этапа восточного борта Дебаклинского разлома—Еркатасар, Сурбкар, Сухан, Абгаз, Хдебанц, и постмагматического этапа—Аревот, Сагюкали, Гехи, Кефашен, Анкасар, Пейган), пироксен-гранатовой и эпидот-гранатовой (скарны постмагматического этапа западного борта Дебаклинского разлома—Килит, Тирани-дзор, Агарак) температурным фациям, образование которых согласно В. А. Жарикову [2] происходило соответственно в интервале 750—550°С, 550—500°С и 500—400°С.

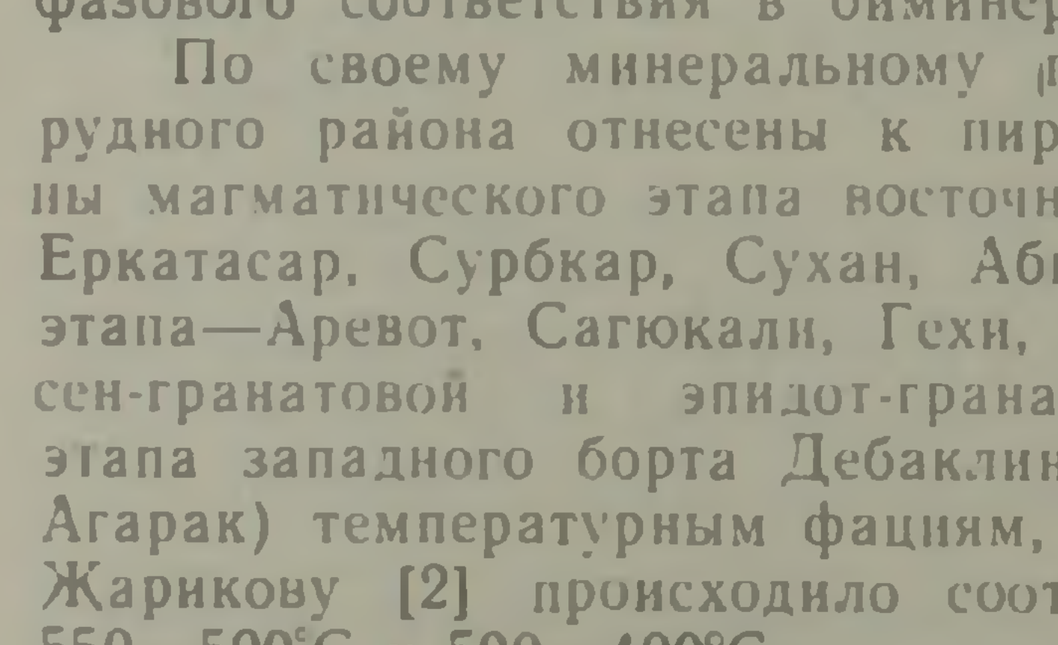

Рис. 1. Температура образования скарнов Кефашена и Тирани-дзора по эпидот-гранатовой диаграмме фазового соответствия

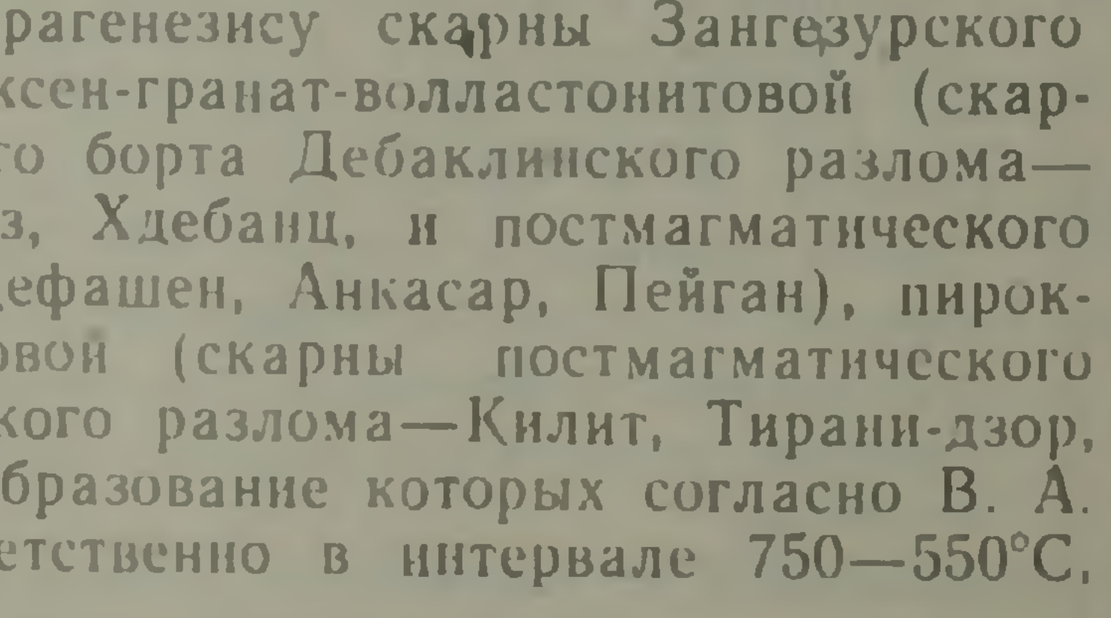

Рис. 2. Температура образования скарнов Алкасара по хлорит-гранатовой диаграмме фазового соответствия.