

ДК: 552.3 : 550.93 + 621.039.86

Г. П. БАГДАСАРЯН, Р. Х. ГУКАСЯН

О ВОЗРАСТЕ БЖНИЙСКОГО МАССИВА МИГМАТИТ-ГРАНИТОВ (По данным *Rb-Sr* изохронной радиометрии, с учетом геологических представлений)

На основании анализа и обобщения большого фактического материала полевых и изотопно-геохронологических исследований рубидий-стронциевым изохронным методом впервые на Малом Кавказе установлен возраст Бжнийского массива мигматит-гранитов— 610 ± 36 млн. лет. Полученный результат многолетних исследований имеет надежное реперное значение для дальнейшего геохронологического исследования нижней группы формаций Цахкуняцкого фундамента. Региональный прогрессивный метаморфизм этой группы, с которым, по-видимому, связана мигматизация кристаллических парасланцев, имеет позднерифейский возраст, отвечающий венду.

Полученный по второй изохроне возраст в 275 ± 51 млн. лет рассматривается как предварительная оценка времени проявления зеленосланцевого регионального метаморфизма верхней группы и диафтореза нижней группы формаций Цахкуняцкого кристаллического фундамента.

Одним из наиболее важных и слабо разработанных аспектов стратиграфии и истории геологического развития раннепалеозой-допалеозойских формаций продолжает оставаться проблема возраста древних кристаллических и метаморфических комплексов, выступающих в ядрах мезозойских антиклинальных структур различных структурно-фациальных зон Малого Кавказа.

За последние годы накоплен значительный фактический материал исследований, посвященных геологическому строению, структурному положению, литолого-петрографической характеристике выходов кристаллического фундамента малокавказского мегантиклинория. И тем не менее продолжающиеся уже в течение ряда десятилетий порой оживленные дискуссии не привели к однозначным результатам в вопросе о времени их формирования. Главным и непреодолимым препятствием на пути решения этой проблемы геологическими методами является отсутствие ископаемых органических остатков в древних метаморфических и кристаллических сланцах и прослаивающих их карбонатных отложениях.

Единственно возможным, хотя и косвенным, путем подхода к попытке решения данного вопроса, к которому прибегали исследователи, оставался лишь метод параллелизации и сопоставления выходов пород кристаллического фундамента данного региона с более или менее близкими по геолого-структурному положению, степени метаморфизма и литолого-петрографическому составу породами Дзирульского кристаллического массива. В пределах Закавказья только здесь, в толще филлитов, была обнаружена Г. П. Барсановым [10] и И. Г. Кузнецовым [16]

ископаемая фауна, которая А. Г. Вологдиным [12] определена как *Archaeocyathus* и *Cosciniolites caucasicus* Vol. Таким образом был установлен нижнекембрийский возраст толщи филлитов Дзирульского массива. При этом время формирования кристаллических сланцев того же массива оставалось невыясненным в силу отсутствия прямых стратиграфических взаимоотношений между ними и филлитами. Последующие же работы геологов Грузии [14 и др.] склонили большинство исследователей к убеждению о подстилающем положении кристаллических сланцев по отношению к толще филлитов.

Среди ряда выходов древних метаморфических пород Закавказья основное внимание по Армении уделяется изучению наиболее крупного (более 900 кв. м.) Арзакан-Анкаван-Апаранского выступа кристаллического фундамента Цахкуняцкого горст-антиклинория. В плане он представлен двумя массивами общей площадью примерно в 600 кв. м., отделенными друг от друга маломощной толщей плиоцен-плейстоценовых вулканогенных образований: Арзаканским на ЮВ и Анкаван-Апаранским на СЗ. История геологической изученности Цахкуняцкого кристаллического массива охарактеризована в ряде работ; ограничимся весьма краткими данными. Первые схематические описания геолого-петрографического характера приведены в работах Г. Абиха [1], Н. Г. Казнаксовой (1930), Б. А. Кантора (1930), П. П. Гамбаряна [13]. Данные последующего изучения геологии, петрографии и полезных ископаемых отмеченных массивов приведены в отчетах К. Н. Паффенгольца (1938), В. Н. Котляра (1940), Г. П. Багдасаряна (1940, 1941).

Описания обобщающего характера, посвященные Цахкуняцкому и др. выходам древнего кристаллического массива Армении, даны в работах К. Н. Паффенгольца [18, 19], Р. А. Аракеляна [4], А. Т. Асланяна [5, 6]. Однако систематические детальные геолого-петрографические и минералого-геохимические исследования Цахкуняцкого кристаллического фундамента, сопровождавшиеся крупномасштабным лито-фациальным картированием, проводились В. А. Агамаляном¹. Анализ и обобщение собранного им богатого фактического материала по новому осветили вопросы строения этого фундамента, состава слагающих его формаций и пород, на условия их образования и генезиса фаций метаморфизма, позволили близко подойти к выяснению условий накопления исходных отложений метаморфических и кристаллических сланцев [2, 3]). Им же выделена свита юрских осадочно-вулканогенных отложений (апаранская свита)², трансгрессивно, с базальным конгломератом в основании перекрывающих древнюю сланцевую толщу, условно отнесенную В. Н. Котляром к «древнему палеозою-допалеозою». И тем не менее возраст пород Цахкуняцкого кристаллического фундамента остался далеко нерешенным.

¹ Первая сводная работа указанного автора «Геология и петрология сланцевого комплекса Арзаканского массива» относится к 1969 г.

² Выполненное в лаборатории К-Аг датирование образцов этой свиты указывает на ниже-среднеюрское время ее формирования.

Общим для указанных исследователей являлся метод сопоставления пород Арзаканского и Анкаван-Апаранского кристаллических массивов с таковыми, главным образом Дзирульского, а также отдельных других массивов. Так, Н. Г. Казнакова (1930), К. Н. Паффенгольц [18, 19], В. Н. Котляр [15] приписывали им возраст кембрий-докембрий; Р. А. Аракелян [4] относил к протерозою-ордовику; А. Т. Асланян, на фоне широких региональных сопоставлений, высказал убеждение об эопалеозойском возрасте древних сланцевых толщ Армении [5].

Надежное установление возраста формаций, слагающих Цахкуняцкий кристаллический фундамент, может быть достигнуто лишь современными радиологическими методами и особенно успешно применяемым для древних сланцевых толщ рубидий-стронциевым изохронным методом.

Представляется необходимым привести в общих чертах схему стратиграфии¹ Цахкуняцкого разреза кристаллического фундамента и положение рассматриваемого массива мигматит-гранитов [3]. Выделяются два крупных литостратиграфических подразделения (группы), резко различающихся друг от друга продуктами осадконакопления, магматизмом, метаморфизмом и планом дислокации. Каждая из них сложена тремя формациями пород [3].

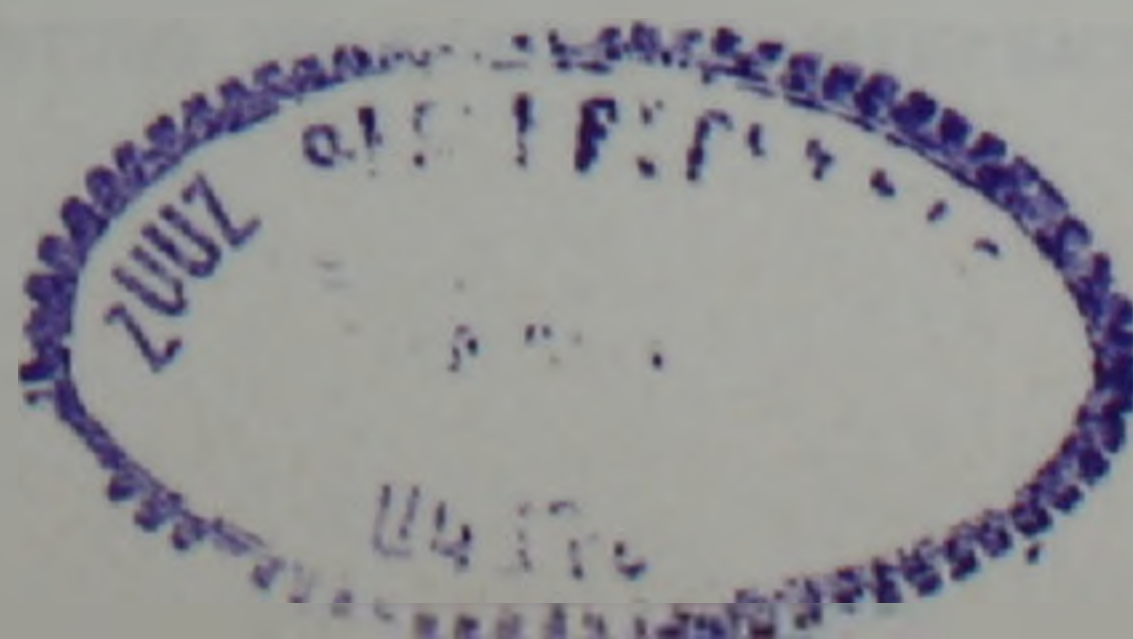
I. Нижняя группа—полиметаморфическая, гнейсово-парасланцевая, мощностью около 1200 м, сложена формациями (снизу-вверх): 1) пятнистых сланцев (520 м); 2) кварцитов сланцев (490 м); 3) графитоносных кристаллических сланцев (150 м).

II. Верхняя группа—зеленосланцевая, мощностью примерно 1900 м, отличающаяся от первой низкой фацией метаморфизма и трансгрессивным залеганием, сложена (снизу-вверх) формациями: 1) филлитов (400 м); 2) порфиритоидов (600 м) и порфириоидов (300 м); 3) карбонатных пород (550 м). При этом исходные породы верхней группы отлагались на размытой поверхности сланцев нижней группы, уже метаморфизованной в амфиболитовой ступени, претерпели динамотермальный метаморфизм в фации зеленых сланцев, отразившись на породы нижней группы в виде регионального диафтореза [2, 3].

Бжнийский массив мигматит-гранитов (гнейсо-гранитов по В. А. Агамалю) пространственно приурочен в основном к формации кварцево-двуслюдяных кристаллических сланцев, слагающей подошву вскрытого разреза Цахкуняцкого горст-антиклинория, занимая таким образом стратиграфически наиболее нижнюю часть формаций нижней группы.

Касаясь наименования пород рассматриваемого массива, В. А. Агамалю, следуя Винклеру [11], предпочитает применять описательную терминологию, избегая генетической. Так, «гнейсо-гранит» рассматривается как «гнейс гранитного состава вне зависимости от способа образования, который может быть либо мигматитом венитового или артеритового происхождения, либо магматическим гранитом, подвергшимся огнейсова-

¹ Читателя, интересующегося более обстоятельной характеристикой этой схемы, мы отсылаем к работам В. А. Агамалю.



нию и (или) частичной мобилизации при метаморфизме». Г. П. Багдасарян рассматривает эти породы в качестве типичных мигматитов, подвергшихся частичному огнейсованию.

Петрографическая характеристика пород Бжнийского массива более обстоятельно описана В. А. Агамаляном [3].

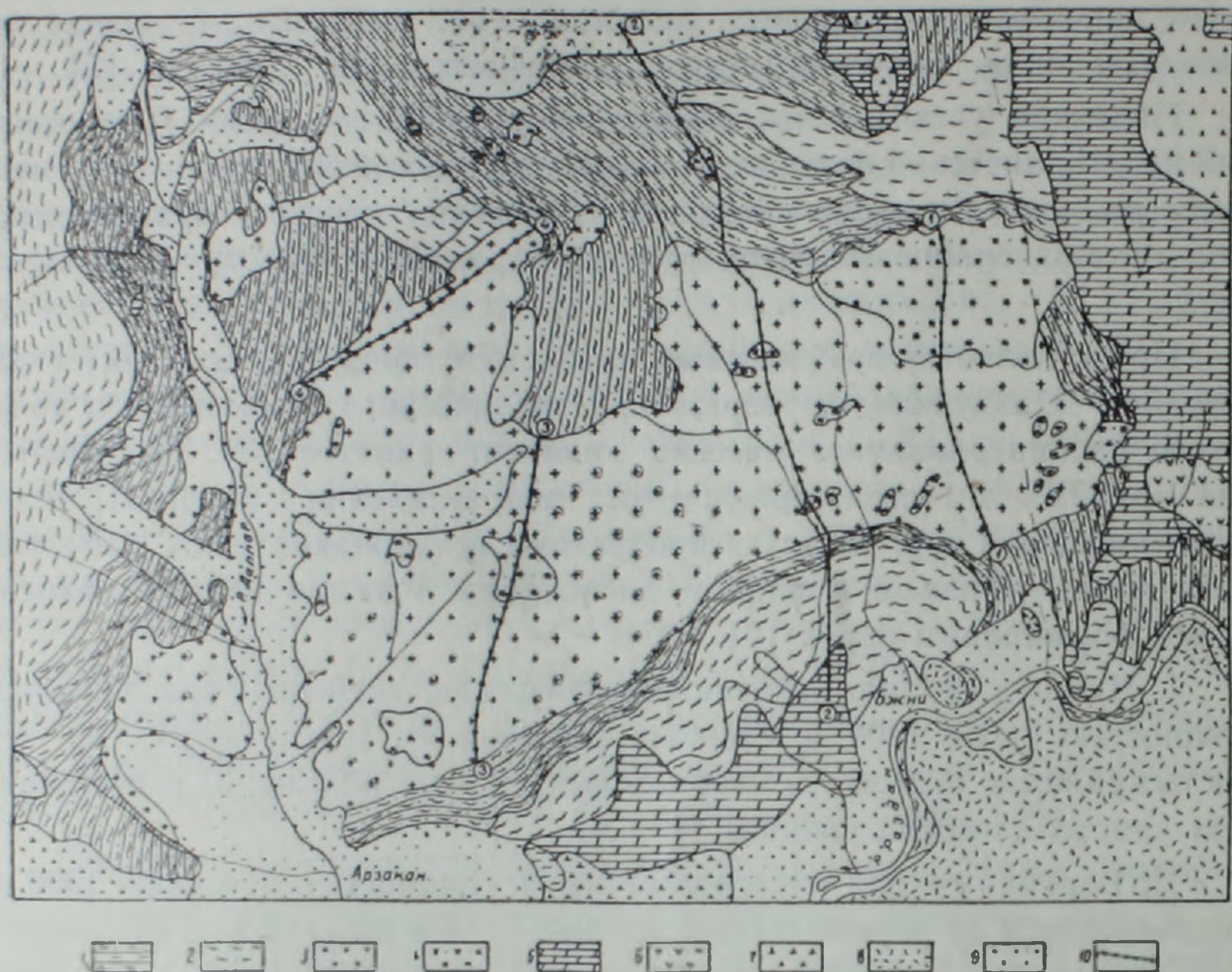


Рис. 1. Геологическая карта южной части Арзаканского кристаллического массива (составил В. А. Агамалян, 1969). I. Докембрий 1—4 (снизу вверх): 1. Нижняя группа формаций (полиметаморфическая, гнейсово-парасланцевая). а) пятнистых сланцев (520 м); б) кварцитов сланцев (490 м); в) графитоносных сланцев (150 м). Средний рифей по В. А. Агамаляну. 2. Верхняя группа формаций (зеленосланцевая). а) филлитов (400 м); б) метавулканитов, порфиристондов (600 м) и порфириондов (300 м); в) карбонатных отложений: мраморы, с прослоями зеленых сланцев (550 м); г) зеленокаменных габбро. Верхний рифей по В. А. Агамаляну. 3. Формация гранито-гнейсов и мигматитов (мигматит гранитов по Г. П. Багдасаряну и Р. Х. Гукасяну с $Rb-Sr$ возрастом, отвечающим венду). 4. Формация альбититов и альбитовых плагиогранитов (с $Rb-Sr$ возрастом по Г. П. Багдасаряну и Р. Х. Гукасяну, близко отвечающим венду). II. Мезокайнозой. 5. Известняки; коньяк-сантон. 6. Вулканогенный флиш основного состава с потоками и субвулканогенными телами андезитов; средний эоцен. 7. Липариты, пемзы, трахиандезиты, андезиты, средний плиоцен. 8. Базальтовые потоки; четвертичные. 9. Аллювиальные, делювиальные и рыхлые отложения; четвертичные. 10. Линии отбора проб (профили) из массива мигматит-гранитов, альбитов и альбитовых плагиогранитов.

Формация мигматит-гранитов, обнажающаяся на площади примерно 10 кв. км, формировалась, по данным Г. П. Багдасаряна, путем тонкой инъекции гранит-аплитового мобилизата по сланцеватости преимущественно в двуслюдяные кварцитовые сланцы, образуя типичные мигматиты гранитового состава. В краевых частях массив мигмати-

тов местами прорван небольшими лейкократовыми дайкоподобными, штоковидными и бесформенными телами плагиоаплитового состава.

Методика исследований и возраст массива

Для сбора представительного каменного материала, соответствующего требованиям рубидий-стронциевых геохронометрических исследований, (Г. П. Багдасаряном, Р. Х. Гукасяном и В. А. Агамаляном) проведено четыре пересечения массива вкрест простирания преобладающих структурных элементов с одновременным охватом вмещающих метаморфических сланцев (см. рис. 1). Пробы для анализов весом от 5 до 15 кг были отобраны преимущественно в виде крупных кусков из невыветрелых участков, по мере смены пород, слагающих разрезы.

Содержания Rb и Sr определялись из разных навесок методом изотопного разбавления с использованием, в качестве индикаторов, растворов чистых солей Rb и Sr , обогащенных соответственно изотопами ^{87}Rb (95%) и ^{84}Sr (49%). Разделение Sr осуществлялось на ионнообменной колонке, заполненной катионитом *Dawex*—50. Содержание Sr и Rb в холостых опытах составляло, соответственно, 0,3—0,4 и 0,09 мкг.

Изотопные измерения производились на масс-спектрометре МИ-1309 в однолучевом режиме. Процесс измерения заключался в последовательном ступенчатом развертывании масс-спектров каждого элемента с многократной (не менее 36 раз) регистрацией величины пиков. После вычисления средних значений изотопных отношений стронция по записи масс-спектра вводилась поправка на взаимное перекрывание пиков, возникающего в результате фона рассеянных ионов. Измеренные изотопные отношения $^{87}Sr/^{86}Sr$ нормализовались к величине $^{86}Sr/^{88}Sr = 0,1194$.

Коэффициенты вариации, характеризующие внутрилабораторную ошибку воспроизводимости определения отдельных геохронометрических параметров, вычислялись на основании разброса результатов параллельных анализов с привлечением данных аналитического архива. Они составляли: ^{87}Rb —1,90%, ^{86}Sr —1,50%, $^{87}Rb/^{86}Sr$ —1,85% и $^{87}Sr/^{86}Sr$ —0,13%¹.

При вычислении возраста использовалась константа распада рубидия-87, рекомендованная Международной комиссией по геохронологии: $\lambda = 1,42 \times 10^{-11}$ год⁻¹.

Вычисление параметров уравнений регрессии производилось, за одним исключением, простым методом наименьших квадратов. Применение этого способа можно считать обоснованным, поскольку интервалы изменения отношений $^{87}Rb/^{86}Sr$ и $^{87}Sr/^{86}Sr$ анализируемых образцов оказались небольшими и их дисперсии могут рассматриваться как постоянные величины. Ошибки возраста и первичного отношения $^{87}Sr/^{86}Sr$ установлены для 95%-ной доверительной вероятности.

¹ Коэффициент вариации определения изотопного отношения $^{87}Sr/^{86}Sr$ вычислен по результатам параллельных анализов 23 образцов, приведенных в настоящей статье (см. таблицы).

Возрастание со временем отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в породах или минералах в результате накопления в них радиогенного ^{87}Sr —продукта распада ^{87}Rb описывается соотношением:

$$\left(\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}\right)_t = \left(\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}\right)_0 + \frac{^{87}\text{Rb}}{^{86}\text{Sr}}(e^{\lambda t} - 1),$$

где $\left(\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}\right)_t$ и $\left(\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}\right)_0$ — атомные отношения этих изотопов в породе или в минерале в настоящее время и в момент их образования (т. е. первичное отношение), ^{87}Rb —количество атомов рубидия—87, ^{86}Sr —количество атомов стронция—86 (постоянная величина), λ —константа распада ^{87}Rb , t —время, прошедшее после образования породы или минерала. Приведенное уравнение представляет собой прямую линию типа $Y = a + bx$ в координатах $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (абсцисса)— $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (ордината). Из этого вытекает, что при нанесении экспериментальных изотопных данных серии когенетичных образцов (т. е. с одинаковым геологическим возрастом и первичным отношением $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) с различными отношениями Rb/Sr на график, все точки должны ложиться на прямой линии, если образцы оставались химически замкнутыми по отношению к Rb и Sr со времени формирования породы. Очевидно, что для проведения прямой линии аналитически наилучшим образом, а главное—для надежной оценки замкнутости геохимических систем в масштабе взятых для анализа образцов необходимо большое количество экспериментальных точек, характеризующих, по возможности, большую площадь. В рассмотренной выше идеальной ситуации отклонения точек от прямой линии полностью обусловлены только экспериментальными погрешностями. Полученную в этом случае прямую линию называют изохронной [23]. По наклону изохроны $\text{tg } \alpha = e^{\lambda t} - 1$ можно вычислить возраст, а по точке ее пересечения с осью ординат—определить первичное отношение $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$. При Rb-Sr изохронном датировании валовых проб полиметаморфических серий часто наблюдается избыточный разброс точек относительно прямой линии, вызванный геохимическими причинами. Наличие геохимической дисперсии, помимо экспериментальной, приводит к возникновению регрессионных зависимостей, называемых эрохронами [22]. Интерпретация вычисленных по эрохронам значений возраста неопределенна. Однако разработанные Г. А. Макинтайром с соавторами для эрохрон модельные представления позволяют во многих случаях сделать определенные предположения относительно геологической истории изучаемого объекта.

В табл. 1 приведены рубидий-стронциевые изотопно-аналитические данные 31 характерного образца мигматит-гранитов Бжнийского массива, а на рис. 2 изотопные отношения представлены графически на эволюционной (изохронной) диаграмме. Кажущиеся значения возраста подавляющего большинства образцов, вычисленные в предположении, что первичное отношение $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0,706$, превышают 600 млн. лет.

Исключение составляют образцы №№ 6333, 6508, 6479 и 6342 (последние два в той или иной степени серицитизированы), кажущиеся значения возраста которых находятся в пределах 300—500 млн. лет. Если исключить (временно) эти образцы из рассмотрения, то для остальных 27, как это видно из приведенной на рис. 2 диаграммы, наблюдается четкая корреляционная зависимость между $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ и $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. Статистическая

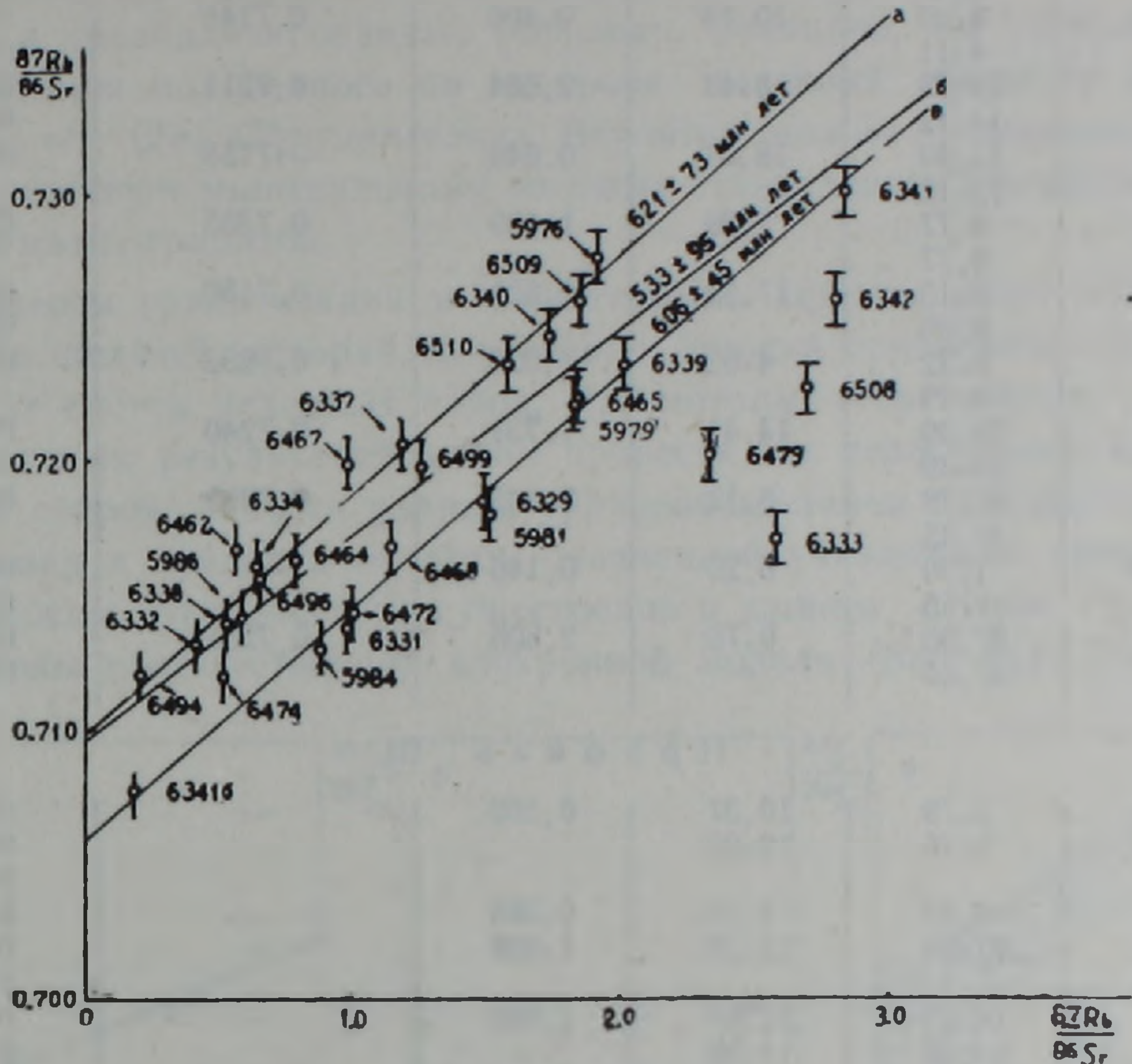


Рис. 2. Эволюционная диаграмма стронция валовых проб мигматит-гранитов Бжнийского массива. «а» и «б» — изохроны, «в» — эрохрона.

Таблица 1

Rb-Sr изотопно-аналитические данные валовых проб мигматит-гранитов Бжнийского массива

№ образца	^{87}Rb мкг/г	^{86}Sr мкг/г	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ атомные отношения	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ атом. отнош.	
				вычисленные из опытов изотоп. разб.	прямые изм. изотопного состава
1	2	3	4	5	6
Профиль I					
6494	1,57	8,15	0,199	—	0,7126
	1,59	8,12		—	0,7116
6496	1,46	2,30	0,653	—	0,7155
	1,51	2,19		—	0,7160
6499	20,68	16,34	1,265	—	0,7199
	21,07	16,30		—	
6508	28,19	10,33	2,699	—	0,7210
	28,24			—	0,7243
6509	20,25	10,74	1,868	—	0,7250
	20,52	10,84		—	0,7270
6510	21,87	13,58	1,577	—	0,7233
	21,39	13,54		—	0,7239

1	2	3	4	5	6
П р о ф и л ь II					
6329	12,11	8,03	1,488	0,7173	0,7185
	12,06				
6331	8,35	8,43	0,991	0,7139	0,7138
	8,59				
	8,40				
6332	4,20	10,13	0,406	0,7145	0,7134
	4,11				0,7131
6333	14,28	5,43	2,584	0,7211	0,7174
	14,12			—	0,7168
6334	11,99	18,64	0,640	0,7158	0,7162
	12,15				
6337	8,77	7,29	1,189	0,7235	0,7206
	8,77				
6338	9,13	17,25	0,521	0,7150	0,7136
	9,06				0,7143
6339	9,22	4,52	2,025	0,7232	0,7236
	9,29				
6340	25,09	14,41	1,731	0,7240	0,7247
	25,39				
6341	17,78	6,12	2,845	0,7291	0,7300
	17,45				
63416	1,20	6,29	0,186	—	0,7077
	1,16				0,7080
6342	27,96	9,78	2,806	0,7255	0,7253
	27,56				0,7255
П р о ф и л ь III					
6462	5,79	10,31	0,560	—	0,7165
	5,76	10,07			0,7172
					0,7166
6464	4,59	5,78	0,786	—	0,7164
6465	21,08	11,33	1,838	—	0,7228
					0,7221
6468	14,25	12,69	1,145	—	0,7174
	14,35	11,99			0,7161
6467	14,73	14,66	0,981	—	0,7200
	14,39	14,66			0,7198
					0,7199
6472	19,49	19,26	1,001	—	0,7144
6474	7,54	14,78	0,508	—	0,7110
	7,57	14,59		—	0,7131
6479	28,20	12,15	2,335	—	0,7209
	28,87	12,01			0,7196
П р о ф и л ь IV					
5976	30,72	15,12	1,924	0,7263	0,7276
	30,48				
5979	26,39	14,25	1,834	0,7209	0,7226
	26,48				0,7216
5981	2,93	1,90	1,511	0,7184	0,7180
	2,88				
5984	14,19	16,02	0,884	0,7115	0,7118
	14,11	15,62			0,7145
5986	10,62	18,30	0,571	0,7155	0,7143
	10,52				0,7142

обработка изотопных данных этих образцов полиномиальным методом наименьших квадратов, учитывающим существование ошибок по обеим координатным осям, приводит к уравнению регрессии $Y = 0,7096 + 0,00756x$ со средним квадратом взвешенных отклонений точек от прямой линии (СКВО=3,87), статистически превышающим 1. Это озна-

чает, что полученная регрессионная зависимость представляет собой эрохрону, соответствующую, как показывают результаты последующего регрессионного анализа, статистической модели III Макинтайра и др. [22]. Эта модель предполагает, что выявленная геохимическая дисперсия является результатом неоднородности первичных отношений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в проанализированных образцах. Очевидно, что геологическая интерпретация полученного по эрохроне значения возраста в $533 \pm \pm 95$ млн. лет. (2σ) затруднительна. Вероятно, можно предположить, что оно соответствует минимальному возрасту становления Бжнийского массива мигматит-гранитов.

Процессы гранитизации и мигматизации предполагают обширную миграцию щелочей, которая, несомненно, должна привести к перестройке $\text{Rb}-\text{Sr}$ систем исходных пород. Рассмотрим теоретически, к каким окончательным результатам может привести эта перестройка, если она не будет сопровождаться полным уравниванием изотопного состава стронция в пределах области, охваченной указанными процессами. Предположим, хотя это и не существенно в данном случае, что исходные породы соответствовали изохронной модели (рис. 3а). После за-

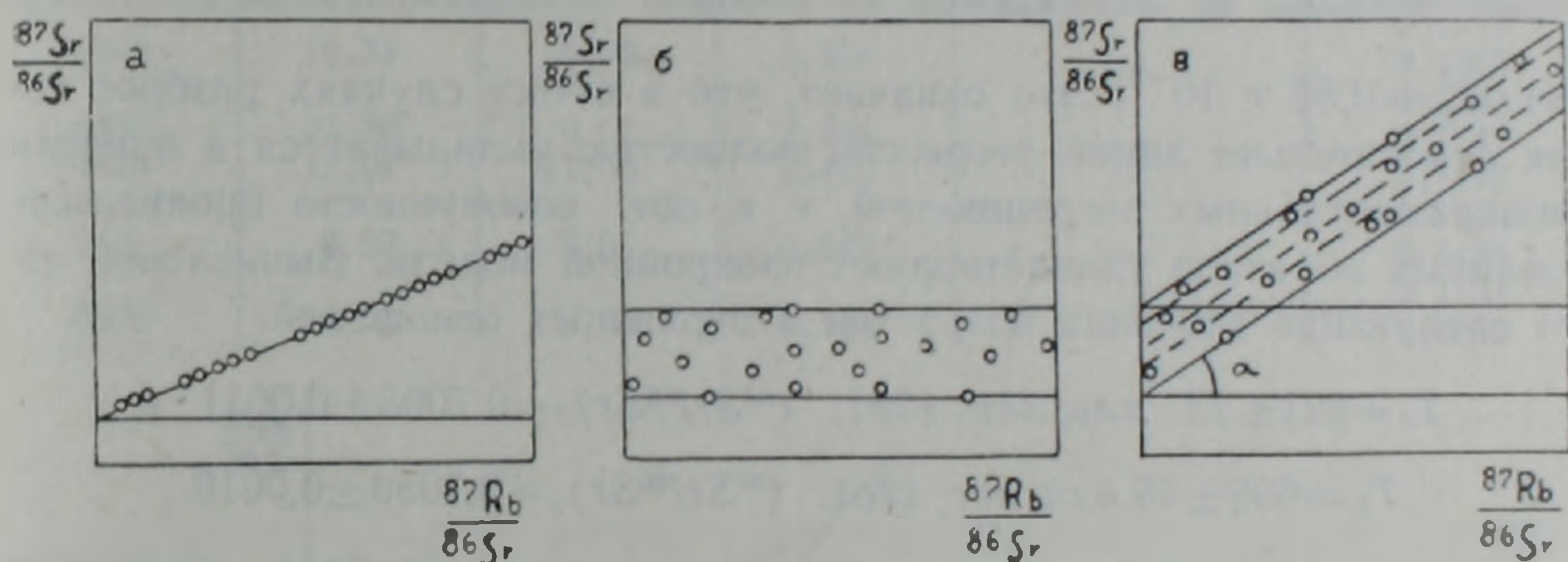


Рис. 3. Эволюция стронция в гранитизированных и мигматизированных породах (один из теоретически возможных вариантов): а) породы исходного субстрата до преобразования; б) гранитизация и мигматизация, перестройка $\text{Rb}-\text{Sr}$ систем исходных пород при частичной гомогенизации изотопного состава стронция; в) гранит-мигматиты в настоящее время.

вершения процессов преобразования, в результате частичной изотопной гомогенизации стронция, отдельные локальные объемы новообразованных пород (гранитов, мигматитов) будут характеризоваться различными «первичными» отношениями $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и аналитические точки их валовых проб на графике в системе координат $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}-^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ разместятся в полосе, заключенной между двумя горизонтальными линиями¹ (рис. 3б). Если по прошествии времени t каждый отдельный образец породы в целом останется химически замкнутой системой, то расположение аналитических точек в полосе не изменится, а сама полоса

¹ При полной гомогенизации изотопного состава стронция все точки образцов оказались бы на горизонтальной прямой линии, указывающей на новое первичное отношение.

приобретет наклон, соответствующий возрасту преобразования (рис. 3в). Из приведенных рассуждений вытекает, что при действии рассмотренной модели возможно проведение нескольких параллельных изохрон, если проанализировать достаточно большое количество проб с одновременным увеличением площади опробования. Количество параллельных изохрон, естественно, будет определяться погрешностями определения геохронометрических параметров.

Обратимся теперь к эволюционной диаграмме стронция, приведенной на рис. 2. Расположение фигуративных точек показывает на возможность проведения по крайней мере двух прямых линий регрессии — верхней (по 16 пробам) и нижней (по 11 пробам).

Статистическая обработка рубидий-стронциевых изотопных данных выделенных совокупностей образцов приводит к следующим уравнениям регрессии:

$$y = 0,7038 + 0,00882 X \quad (1)$$

$$y = 0,7059 + 0,00851 X \quad (2)$$

с остаточными дисперсиями $S_{y1}^2 = 1,12 \times 10^{-6}$ и $S_{y2}^2 = 0,42 \times 10^{-6}$ которые значимо не отличаются от сводной экспериментальной дисперсии $\tilde{S}_y^2 = 0,85 \times 10^{-6}$. Это означает, что в обоих случаях разброс точек относительно линий регрессии полностью укладывается в пределы экспериментальных погрешностей, т. е. обе совокупности проанализированных образцов удовлетворяют изохронной модели. Вычисления дают следующие значения возрастов и первичных отношений:

$$T_1 = 621 \pm 73 \text{ млн. лет } (2\sigma), \quad ({}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr})_0 = 0,7098 \pm 0,0011 \text{ и}$$

$$T_2 = 606 \pm 45 \text{ млн. лет } (2\sigma), \quad ({}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr})_0 = 0,7050 \pm 0,0010.$$

Результаты последующего регрессионного анализа позволяют объединить коэффициенты b_1 и b_2 и получить более точную оценку $\bar{b}$ и его квадратичного отклонения; вычисления дают значение $\bar{b} = 0,00866 \pm \pm 0,00053$, что соответствует возрасту $T = 610 \pm 36 \text{ млн. лет } (2\sigma)$. Соответствие аналитических-изотопных данных с рассмотренной выше моделью эволюции стронция в мигматит-гранитах позволяет с большой вероятностью предположить, что полученное значение возраста отражает время проявления реального геологического события. Соответствует ли оно времени формирования Бжнийского массива мигматит-гранитов?

Известно, что на породы нижней группы Арзаканского кристаллического фундамента отразился, в виде наложенного диафтореза, зеленосланцевый метаморфизм пород верхней группы [2]. Если во время этого метаморфизма область в региональном масштабе была химически замкнута, то не исключена возможность того, что полученные параллельные изохроны являются вторичными [21] и определяют возраст наложенного зеленосланцевого метаморфизма. Решение этого вопроса связано с Rb-Sr изохронной датировкой метаморфических пород верхней группы фундамента. К сожалению, в настоящее время мы можем опе-

рировать лишь рубидий-стронциевыми изотопными данными 11 проб формации метааркозовых филлитов, слагающей нижнюю часть разреза верхней группы Арзаканского массива (табл. 2). Расположение аналитических точек, как это видно из графика рис. 4, допускает проведение

Таблица 2

Rb—Sr изотопно-аналитические данные валовых проб формации метааркозовых филлитов верхней группы Арзаканского кристаллического массива

№ образца	^{87}Rb мкг/г	^{86}Sr мкг/г	$^{87}\text{Rb}, ^{86}\text{Sr}$ атомные отношения	$^{87}\text{Rb}, ^{86}\text{Sr}$ атом. отнош.	
				вычисленные из опытов изотопного разбавления	прямые изм. изотопного состава
5686	22,12	11,42	1,903	0,7273	0,7280
5970	21,87	11,44	0,281	0,7281	0,7122
	0,26	0,88		—	
5975	0,24	6,91	2,072	—	0,7212
	14,60				
6315	14,58	7,01	5,575	0,7339	—
	15,48	2,75			
6322	15,54	2,60	1,104	0,7177	—
	2,89				
6482	2,92	9,71	1,558	—	0,7215
	15,31				
6484	19,34	5,70	3,354	—	0,7218
					0,7235
6487	27,20	9,62	2,981	—	0,7229
6489	17,08	11,90	1,419	—	0,7248
					0,7192
6491	5,27	8,05	0,647	—	0,7193
					0,7138
6502	14,93	9,56	1,544	—	0,7131
					0,7236

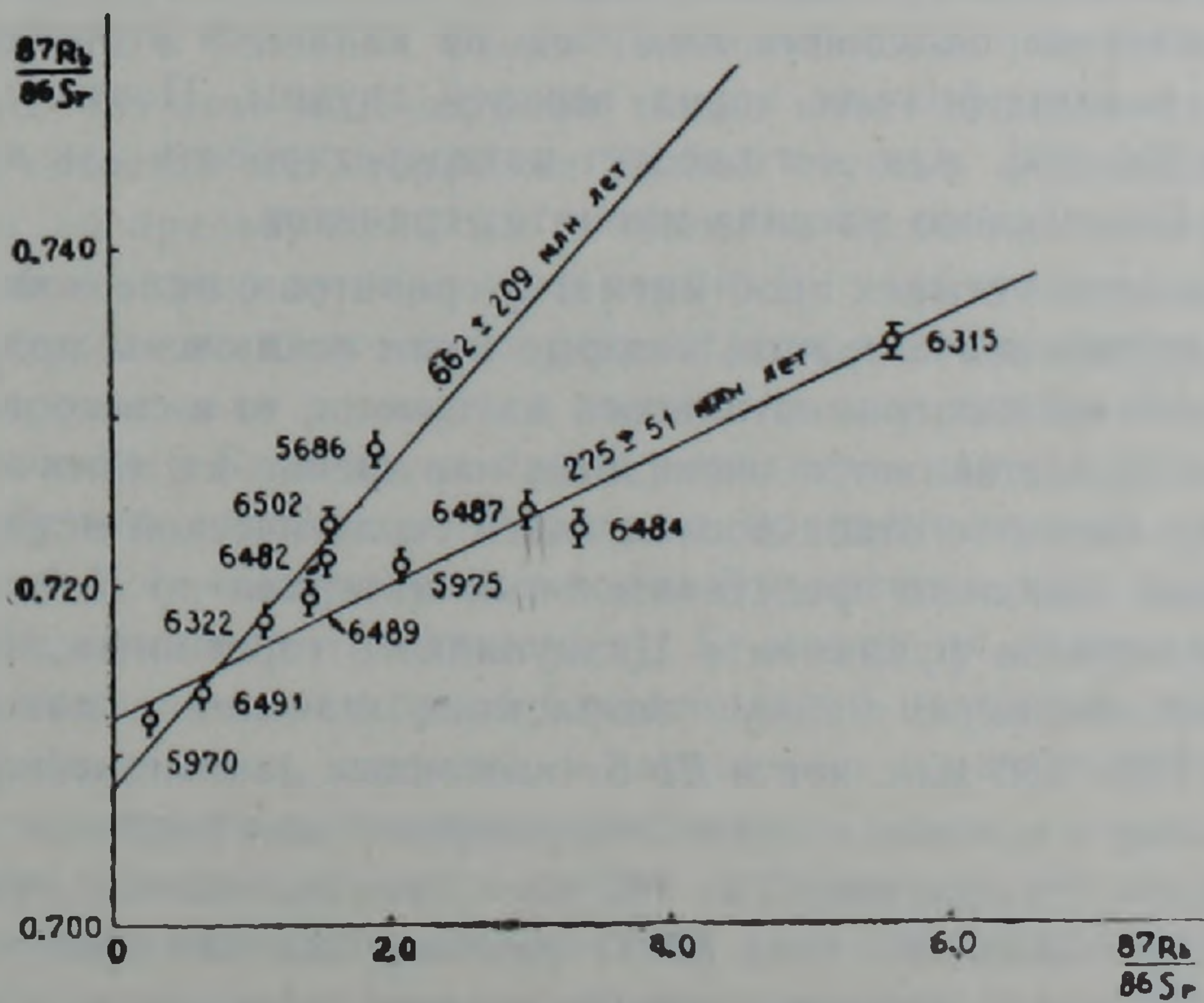


Рис. 4. Эволюционная диаграмма стронция валовых проб формации метааркозовых филлитов Арзаканского кристаллического массива.

двух прямых регрессий: первая по пробам №№ 5970, 6491, 6322, 6489, 6482, 6502 и 5686 и вторая по №№ 5970, 6491, 6322, 6489, 5975, 6487,

6485 и 6315. Первая прямая $Y=0,7080+0,00941X$ с остаточной дисперсией $S_y^2=3,01 \times 10^{-6}$, как показывает регрессионный анализ, представляет собой эрохрону, в то время как вторая — $Y=0,7122+0,00391X$ обнаруживает удовлетворительное согласие с изохронной моделью (остаточная дисперсия здесь равна $2,05 \times 10^{-6}$).

По данным В. А. Агамалаяна [3], метааркозовые филлиты на 90% сложены слабо окатанными детритовыми компонентами мигматит-гранитов, альбититов и кристаллических сланцев нижней группы. Слабый низкотемпературный метаморфизм, вероятно, не привел на отдельных участках к существенным изменениям отношений Rb/Sr и $^{87}Sr/^{86}Sr$ в детритовом материале, поэтому фиксируемый эрохроной возраст в 662 ± 209 млн. лет. (2σ) и первичное отношение 0,7080 (кстати, близкие к таковым мигматит-гранитов), по нашему мнению, являются унаследованными из исходных пород.

Вторая прямая, изохрона, по-видимому, соответствует тем пробам, которые в ходе зеленосланцевого метаморфизма претерпели полную перестройку своих рубидий-стронциевых систем с одновременным достижением высокого гомогенного уровня первичного отношения $(^{87}Sr/^{86}Sr)_0=0,7122$. Вычисленный по этой изохроне возраст $T=275 \pm \pm 51$ млн. лет. (2σ) мы рассматриваем как предварительную оценку времени проявления регионального динамотермального метаморфизма низких ступеней верхней группы Арзаканского массива. Дальнейшие, более детальные работы, вероятно, внесут некоторые коррективы в это значение, но палеозойский возраст, по нашему убеждению, вряд ли будет опровержен. Таким образом, $Pb-Sr$ датирование валовых проб метааркозовых филлитов приводит к заключению, что полученные на мигматит-гранитах параллельные изохроны не являются вторичными и не связаны с метаморфизмом пород верхней группы. Поэтому значение возраста в 610 ± 36 млн. лет следует интерпретировать как время формирования Бжнийского массива мигматит-гранитов.

Что касается четырех проб мигматит-гранитов с палеозойскими значениями кажущегося возраста, которые были исключены при статистической обработке экспериментального материала, то в свете полученных результатов представляется очевидным нарушение их химической замкнутости на каком-то этапе последующей геологической истории.

Большой, довольно представительный материал по $K-Ar$ датировке пород и минералов фундамента Цахкуняцкого горст-антиклинория, показывающий широкую полосу возрастных значений с максимумом в интервале 120—160 млн. лет и $Rb-Sr$ изотопные данные небольшого количества слюд и полевых шпатов¹, по которым были получены минеральные изохроны с возрастом 120—150 млн. лет, склоняют к предположению, что в отдельных случаях $Rb-Sr$ системы валовых проб как мигматит-гранитов, так и метаморфических сланцев, открылись, вероятно, во время альпийского орогенеза.

¹ Рубидий-стронциевым возрастным измерениям минералов кристаллического фундамента будет посвящена отдельная статья.

Учитывая большую площадь опробования и количество анализированных проб, можно считать, что исследованный каменный материал является достаточно представительным для оценки средних значений содержания рубидия (45 мкг/г), стронция (117 мкг/г) и современного отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (0,7182) в мигматит-гранитах. Тогда, принимая для пород исходного субстрата в качестве первичного отношения $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$ величину 0,7040, аналогичную соответствующему значению в океанических базальтах, можно оценить максимальное значение его возраста, если полагать, что породы в ходе гранитизации и мигматизации оставались замкнутыми системами по отношению к рубидию и стронцию в региональном масштабе. Вышеприведенные параметры определяют максимальный возраст первоначального субстрата в 900 млн. лет.

Заключение

Основным результатом проведенного исследования является установление времени формирования Бжнийского массива мигматит-гранитов. Полученное значение возраста составляет 610 ± 36 млн. лет, соответствующее позднему рифею-эокембрию (венду). Изложенный материал позволяет сделать и ряд других выводов, содержащих ценную информацию относительно истории геологического развития Цахкуняцкого выступа кристаллического фундамента Армении. В настоящей работе отсутствуют Rb-Sr изотопные данные, непосредственно касающиеся возраста метаморфизма высокой степени нижней группы фундамента. Однако, поскольку гранитизация и мигматизация первоначального субстрата тесно связываются с региональным метаморфизмом формаций нижней группы в условиях фации альмандиновых амфиболитов [3], естественно, что этот метаморфизм также имеет позднерифейский возраст. Что касается метаморфизма низкой степени формаций верхней группы, то, по предварительным данным, он проявился в верхнем карбоне или же на границе карбона и перми. В ходе этого метаморфизма, как это вытекает из полученных результатов, валовые пробы мигматит-гранитов продолжали оставаться химически замкнутыми системами по отношению к Rb и Sr . В то же время выявляется важная роль наложенного воздействия альпийского орогенеза, приводившего не только к региональному K-Ar «омоложению» пород фундамента, но и к перераспределению Rb , обычного и радиогенного Sr между их минеральными фазами (с достижением повторной гомогенизации изотопного состава Sr), а в отдельных случаях, вероятно, к нарушению химической замкнутости Rb-Sr систем крупных валовых проб.

Наконец, следует обратить особое внимание на отсутствие полного уравнивания изотопного состава Sr в мигматит-гранитах. Если это обстоятельство не связано с особыми условиями гранитизации и мигматизации в изученном нами районе, а является характерным для областей ультраметаморфизма, то оно всегда будет накладывать дополнительные трудности на датировку пород Rb-Sr изохронным методом.

ԲՋՆԻ ՄԻԳՄԱՏԻՏ-ԳՐԱՆԻՏԱՅԻՆ ԶԱՆԳՎԱԾԻ ՀԱՍԱԿԸ

(Ըստ Rb-Sr իզոֆրոնային ռադիոմետրիայի տվյալների և երկրաբանական պատկերացումների)

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Երկրաբանական դաշտային ուսումնասիրությունների և իզոտոպային գեոքրոնոլոգիական հետազոտությունների կուտակված փաստական նյութերի վերլուծումն ու ընդհանրացումը հիմք ծառայեցին Փոքր Կովկասում առաջին անգամ լինելով ռուբիդիում-ստրոնցիումային իզոքրոնային մեթոդով որոշելու ՀՍՍՀ տարածքի Բջնի գյուղի շրջակայքի միգմատիտ-գրանիտային զանգվածի հասակը՝ 610 ± 36 միլիոն տարի: Գիտական մեծ արժեք ներկայացնող այս հետազոտությունը հնարավորություն է ստեղծում մանրամասն ուսումնասիրելու Մադկունյաց լեռներում մերկացող Հայաստանի հնագույն բյուրեղային թերթաքարերի ստորին խմբի ֆորմացիաների հասակը: Վերջիններիս ռեգիոնալ պրոգրեսիվ մետամորֆային պրոցեսների հետ է ամենայն հավանականությամբ առնչվում նշված միգմատիտ-գրանիտային զանգվածի կադմավորումը, որը տեղի է ունեցել ռիֆեյի վերջին փուլում՝ վենդի ժամանակաշրջանում: Նույն հետազոտությունների միջոցով երկրորդ իզոքրոնով ստացված 275 ± 51 միլիոն տարվա հասակը, որը մոտ է կարբոնի ժամանակաշրջանի դարամուտին, դիտվում է որպես Մադկունյաց լեռների Արզականի շրջանի վերին ֆորմացիաների կանաչթերթաքարային ռեգիոնալ մետամորֆիզմի, իսկ վերոհիշյալ ստորին խմբի ֆորմացիաների նկատմամբ՝ դիաֆտորեզի հասակ:

G. P. BAGHDASARIAN, R. Kh. GHUKASIAN

THE AGE OF BDJNI MIGMATITE-GRANITIC MASSIF (BY THE Rb-Sr ISOCHRONE RADIOMETRIC DATA AND GEOLOGICAL IDEAS)

Abstract

On the basis of analysis and generalization of a lot of field material and isotope-geochronological investigations data by the Rb-Sr isochrone method for the first time in the Minor Caucasus the age of Bdjni migmatite-granitic massif is determined which is 610 ± 36 mln years. The obtained result is a datum mark for the further geochronological investigations of Tzaghkuniats crystalline basement lower group formations. The regional progressive metamorphism of this group, which the migmatitization of crystalline paraschists is apparently connected with, has a Late Riphean age corresponding to Vendian.

The obtained by the second isochrone age is 275 ± 51 mln years corresponding to the Late Carbonaceous and it is considered as a preliminary evaluation of the age of greenstone regional metamorphism of the upper group formation as well as of the diaphthoresis of the lower group formation.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Абих Г. Геология Армянского нагорья. Западная часть. Орографическое и геологическое описание. Записки Кавказского отд. Геогр. общ., Кн. XXI. 1899.
2. Агамалян В. А. Региональный диафторез в Арзаканском кристаллическом массиве. Известия АН Арм.ССР, Науки о Земле, № 1—2; 1968.
3. Агамалян В. А. Докембрий-нижний палеозой. В кн. «Геология Арм.ССР», том V—Литология. Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1974.
4. Аракелян Р. А. Стратиграфия древнего метаморфического комплекса Армении. Известия АН Арм. ССР, серия геогр. и геол. наук, том. X, № 5—6, 1957.
5. Асланян А. Т. Региональная геология Армении. Изд. «Айпетрат», Ереван, 1958.
6. Асланян А. Т. О возрасте и генезисе метаморфических сланцев северного склона Мнапорского (Мурхузского) хребта. Известия АН Арм.ССР, геол.-геогр. науки, № 3, 1947.
7. Багдасарян Г. П. Минеральные ресурсы Армянской ССР. Том. II, Изд. АН Арм.ССР, 1949.
8. Багдасарян Г. П., Гукасян Р. Х. О возрасте палеозойских интрузий Армянской ССР. Известия АН Арм.ССР, геол. и географ. науки, том XIV, № 4, 1961.
9. Багдасарян Г. П. О возрастном расчленении интрузивов Северной Армении в свете радиологических данных и геологических представлений. В кн. «Абсолютное датирование тектоно-магматических циклов и этапов оруденения», Наука, 1966.
10. Барсанов Г. П. Нижний кембрий в Закавказье. Известия АН СССР, сер. геологич., 1931.
11. Винклер Г. Генезис метаморфических пород. Мир, 1969.
12. Вологдин А. Г. Атлас руководящих форм ископаемых фаун СССР. Том I, 1940.
13. Гамбарян П. П. Геолого-петрографический очерк района средней Занги. Труды СОПС-а, сер. Закавказье, вып. 10, 1934.
14. Заридзе Г. М. и Татришвили Н. Ф. О возрастных взаимоотношениях и генезисе древних кристаллических пород Дзирульского массива. Труды Геологического ин-та АН Груз. ССР, том 3, 1953.
15. Котляр В. И. Памбак. Геология, интрузивы и металлогения. Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1958.
16. Кузнецов И. Г. Об открытии в Закавказье кембрийских отложений. Изв. Всес. геол. развед. объединения, № 100, 1931.
17. Международный стратиграфический справочник. Ред. Хедберг. Мир, 1978.
18. Паффенгольц К. Н. Геологический очерк Армении и прилегающих частей Малого Кавказа (на арм. яз.). Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1947.
19. Паффенгольц К. Н. Геология Армении. Изд. Мин. геол. СССР, М.-Л., 1948.
20. Щуколюков Ю. А., Горохов И. М., Левченков О. А. Графические методы изотопной геологии. Изд. Недра, М., 1974.
21. Cameron M., Collerson K. D., Compston W., Morton R. The statistical analysis and interpretation on imperfectly-fitted Rb-Sr isochrons from polymetamorphic terrans. Geochim. et Cosmochim. acta, 1981, 45, № 7.
22. McIntyre G. A., Brooks C., Compston W., Turek A. The statistical assessment of Rb-Sr isochrons. J. Geophys. Res., 1966, 71, № 22.
23. Nicolaysen L. O. Graphic interpretation of discordant age measurements on metamorphic rocks. Ann. N. Y. Acad. Sci., 1961, 91, art 2.