

УДК 551.79:551.217:552.323

ЛЕНИНАКАНСКИЙ ИГНИМБРИТ КАК ПРОДУКТ ИЗВЕРЖЕНИЙ ВУЛКАНА АРАГАЦ, АРМЕНИЯ

© 2020 г. Е. А. Шалаева^{а, *}, С. А. Соколов^{а, b}, А. И. Хисамутдинова^а

^аГеологический институт РАН, Пыжевский пер., 7, Москва, 119017 Россия

^bРоссийский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе,
ул. Миклухо-Маклая, 23, Москва, 117997 Россия

*e-mail: es-geo@mail.ru

Поступила в редакцию 21.02.2019 г.

После доработки 11.12.2019 г.

Принята к публикации 26.12.2019 г.

Представлены результаты определения возраста и стратиграфического положения игнимбритов, распространенных на северо-западе Армении, и ранее описанных в научной литературе как ленинаканские (сревано-ленинаканские) туфы. Монотонное внутреннее строение, близкий возраст, установленный по результатам К–Аг датирования, и схожий химический состав позволяют полагать, что толща игнимбритов сформирована в результате крупного одноактного извержения вулкана Арагац. Оценены размеры площади распространения продуктов извержения в пределах позднекайнозойской Ширакской впадины и ее обрамления к северо-западу и северу от Арагаца. Сопоставление возраста и состава туфов и лав привершинной части Арагаца показало, что их формирование произошло на завершающей стадии третьего этапа активности вулканического центра (0.70–0.65 млн лет назад).

Ключевые слова: игнимбрит, Арагац, изотопное датирование, вулканизм, Армянское нагорье.

DOI: 10.31857/S0203030620020054

ВВЕДЕНИЕ

На территории Армении широко распространены позднемиоцен–четвертичные продукты вулканизма, что согласуется с общей картиной вулканической активности Малого Кавказа в последние 10 млн лет. Вулканизм региона развивался в условиях преобладающего субмеридионального сжатия на этапе “жесткой” коллизии Евразийской и Африкано-Аравийской литосферных плит [Phillip et al., 1989; Трифионов, 2016]. Коллизия сопровождалась распространением на север астеносферного потока от Эфиопско-Афарского суперплюма, что зафиксировано проявлениями все более молодого вулканизма в северном направлении [Ершов, Никишин, 2004; Трифионов, Соколов, 2017]. Геологические и геохимические особенности вулканических комплексов являются индикаторами геодинамических и палеотектонических обстановок в условиях коллизии, что и определяет интерес к их исследованию.

Важную роль в локализации центров вулканизма Армении играет Транскавказское поперечное поднятие [Милановский, 1968; Гурбанов и др., 2008; Джрбашян и др., 2012; Трифионов и др., 2017; Karakhanian et al., 2002]. К нему приурочена цепь крупных стратовулканов, вытянутая в субмеридиональном направлении через Малый Кав-

каз от Джавахетского нагорья до Арарата. Крупнейшая вулканическая постройка этой структурной зоны – вулкан Арагац с диаметром основания 42 км и высотой 4090 м. Наличие паразитических конусов на его склоне и периферических вулканических плато позволило выделить Арагацкую вулканическую область [Ширинян, 1975], смыкающуюся на западе с Дигорской вулканической областью Северо-Восточной Турции [Shalaeva et al., 2019].

Характерная особенность Арагаца – наличие среди продуктов его активности игнимбритов, называвшихся в более ранних публикациях терминами “спекшийся туф” или “туфолава”. П.И. Лебедев [1937] и А.Н. Заварицкий [1947] одними из первых начали изучать происхождение и распространение этих образований. Позднее, В.М. Амарян [1964] установил особенности залегающих спекшихся туфов и предложил первую стратиграфическую схему Арагаца. Ее усовершенствовал и дополнил описанием петрографических и минералогических особенностей эффузивов Ю.Г. Гукасян [1985], выделивший четыре стадии развития вулкана. По его данным, оно началось в раннем и закончилось в среднем плейстоцене.

В ходе наших исследований 2015–2016 гг. были датированы анийские розовато-желтоватые туфы и игнимбриты риолитового состава у западных подножий Арагаца, между развалинами г. Ани, станцией Ани и с. Анипемза. Из шести К–Аг определений возраста три определения были отнесены нами к менее надежным из-за повышенного содержания атмосферного аргона (94.4–96.5%), а три даты оказались в этом смысле удовлетворительными. Эти даты – 3.14 ± 0.10 млн лет (обр. 2015-322/2 западнее станции Ани), 3.0 ± 0.2 млн лет (обр. 2016-419 в карьере около с. Анипемза) и 2.8 ± 0.15 млн лет (обр. 2016-428 напротив г. Ани) [Трифонов и др., 2017; Shalaeva et al., 2019].

Анийские пирокластические образования перекрывают базальтовые андезиты, которые охарактеризованы пятью К–Аг датами в интервале от 5.8 ± 0.2 до 4.26 ± 0.12 млн лет. Предполагаемый центр их извержений – конус Куртблур, расположенный к югу от с. Айкадзор. В г. Ани на туфах залегает базальтовый поток, возраст которого И.В. Чернышев и др. [2002] определили как 2.5 ± 0.2 млн лет. В.А. Лебедев на основе более детального изучения остановился на величине 2.64 ± 0.10 млн лет [Shalaeva et al., 2019].

Ю.Г. Гукасян [1985] приводит К–Аг дату ~1.8 млн лет для игнимбритов Амберд на южном склоне Арагаца. Более позднюю стадию развития Арагацкой области представляют продукты кислых извержений вулкана Артени к З–ЮЗ от вершины Арагаца с К–Аг возрастными 1.60 ± 0.15 и 1.45 ± 0.15 млн лет [Чернышев и др., 2002] и/или 1.26 ± 0.05 млн лет [Лебедев и др., 2011]. К ним близки К–Аг определения возраста вулкана Араилер, расположенного юго-восточнее Арагаца – от 1.37 ± 0.04 до 1.23 ± 0.03 млн лет [Лебедев и др., 2011]. 13 К–Аг датировок вулканических пород самого Арагаца приведены в статье [Чернышев и др., 2002]. Они охватывают интервал времени от 0.92 ± 0.08 до 0.45 ± 0.7 млн лет и соответствуют II–IV стадиям активности Арагаца [Гукасян, 1985].

Согласно [IAEA-TECDOC-1795, 2016] на южном склоне Арагаца локально обнажается Ереванский туф, залегающий стратиграфически ниже лавового потока Теринкатар. В работе [Сопко et al., 2011; IAEA-TECDOC-1795, 2016] приводятся две Аг/Аг даты Ереванского туфа – 0.66 ± 0.04 и 0.65 ± 0.04 Ма. Кроме того, указано, что Ереванский туф вскрыт бурением, а также обнаружен вблизи вершин нескольких моногенных вулканов на Шамирамском плато. Площадь распространения пирокластического потока на южном склоне Арагаца оценена в 650 км^2 [IAEA-TECDOC-1795, 2016]. [Gevorgyan et al., 2018] отнесли дату 0.65 ± 0.04 Ма к игнимбриту Гюмри (новое наименование ленинаканского игнимбрита), а 0.66 ± 0.04 Ма к игнимбриту Шамирам-Бюрокан. Вопрос о со-

отношениях на южном склоне игнимбритов Гюмри и Шамирам-Бюрокан в плане объемов выброса и реальных площадей распространения остается неясным. Петрологические и геохимические особенности игнимбритов Арагаца рассматривались в работах [Ацагорцян, Мартиросян, 1962; Джрбашян, 2012; Меликсетян, 2012; Бубнов и др., 2016; Gevorgyan et al., 2018].

В настоящей статье приведены новые данные по изотопному и относительному возрасту, а также химическому составу ленинаканских игнимбритов (Гюмри), выходы которых исследованы авторами северо-западнее и севернее вулкана Арагац (рис. 1). Определены минимальные размеры площадей распространения ленинаканского игнимбрита к северу и северо-западу от вулкана-источника. Рассчитан минимальный объем выброшенного материала и индекс VEI (Volcanic Explosivity Index – показатель вулканической эксплозивности). Кроме того, выполнена корреляция игнимбритов с вулканическими породами, слагающими вершину Арагаца.

В данной статье используется хроно-стратиграфическая схема, утвержденная на 33-м МГК [www.stratigraphy.org].

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2014–2016 гг. авторы статьи участвовали в работах по уточнению стратиграфии и тектонического строения межгорных впадин Северо-Западной Армении, в том числе Ширакской впадины, где распространен ленинаканский игнимбрит. Всего в ходе работ было изучено 16 коренных обнажений, на которых производились: макроскопическое описание вулканитов, замеры мощностей, уточнение стратиграфического положения и характера контактов с ниже- и вышележащими отложениями, отбирались образцы для определения изотопного возраста, изучения геохимических особенностей пород, описания петрографических шлифов.

Для пяти проб ленинаканского игнимбрита был определен радиоизотопный возраст К–Аг методом (табл. 1). Исследования проводились в Лаборатории изотопной геохимии Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН) на высокочувствительном низкофоновом комплексе, созданном на базе масс-спектрометра МИ-1201ИГ. Для определения возраста игнимбрита исследовалось вулканическое стекло из основной массы породы, что позволило повысить точность датировок за счет исключения влияния минералов-вкрапленников. Данная методика была разработана сотрудниками ИГЕМ РАН специально для датирования новейших образований и подробно описана в работах [Чернышев и др.,

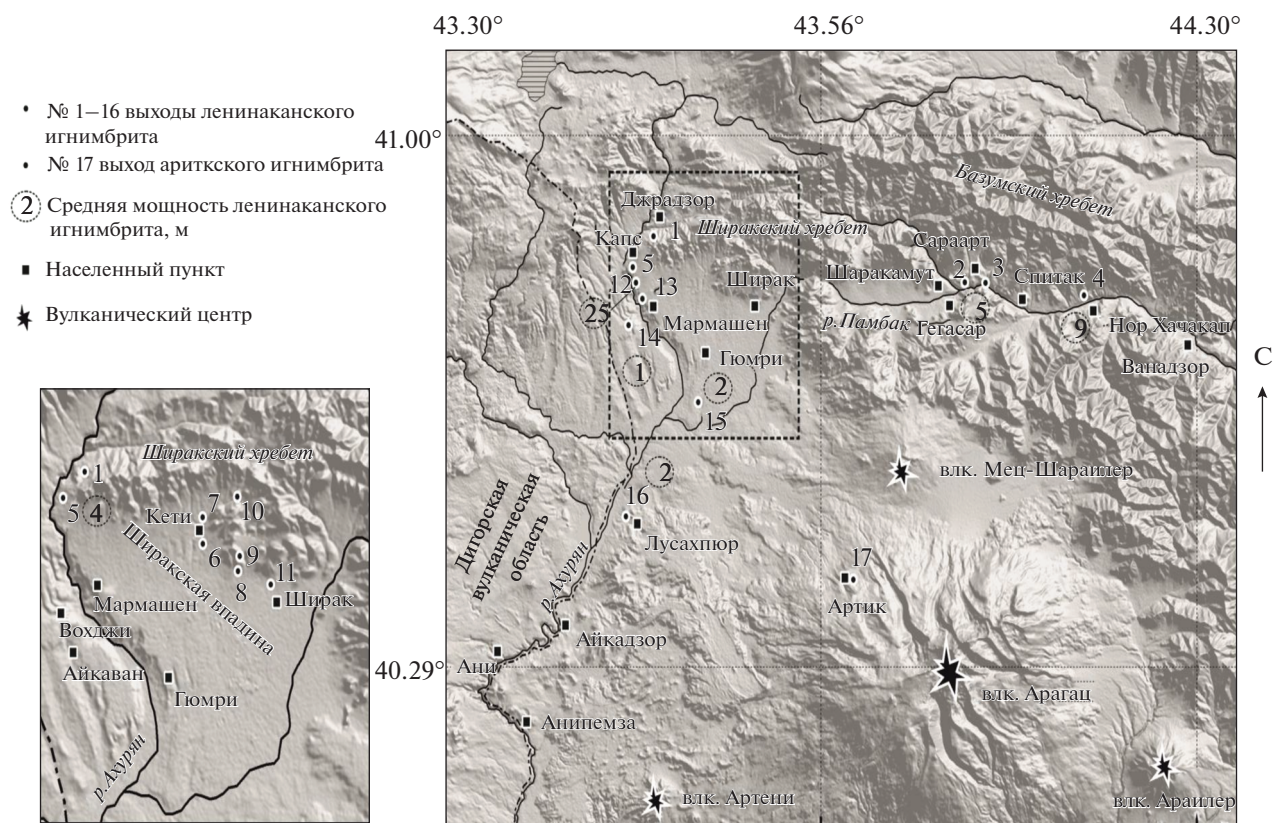


Рис. 1. Район исследований и точки отбора образцов ленинканского и артского игнимбритов.

1999, 2001; Лебедев и др., 2011а, 2018]. Для этих же проб был определен химический состав игнимбрита в Лаборатории химико-аналитических исследований Геологического института РАН методом рентгенофлуоресцентного анализа.

Площадь распространения игнимбрита к северо-западу и северу от вулкана Арагац определена в Google Earth и на основе полевых данных, индекс VEI определен с учетом средней мощности и площади распространения породы.

Таблица 1. Результаты К–Аг датирования образцов ленинканского и артского игнимбритов и лав вершины вулкана Арагац

Образец	Порода	Материал	Калий, % ± σ	⁴⁰ Аг _{рад} (нг/г) ± σ	⁴⁰ Аг _{возд} , % (в образце)	Возраст, млн лет ± 2σ
Ленинканский игнимбри						
1	Трахитовый игнимбри	Стекло	3.88 ± 0.04	0.226 ± 0.008	93.0	0.84 ± 0.07
3н	То же	То же	3.98 ± 0.04	0.187 ± 0.016	85.1	0.68 ± 0.10
3в	То же	То же	3.79 ± 0.04	0.171 ± 0.008	82.9	0.65 ± 0.06
16н	То же	То же	3.96 ± 0.04	0.225 ± 0.005	90.3	0.82 ± 0.05
16в	То же	То же	3.96 ± 0.04	0.193 ± 0.003	87.1	0.70 ± 0.03
Артский игнимбри						
17	То же	Матрица туфа	3.75 ± 0.04	0.191 ± 0.002	95.4	0.74 ± 0.05
Лавы вершины влк. Арагац						
7А	Трахит	Осн. масса	3.47 ± 0.04	0.164 ± 0.012	71.5	0.68 ± 0.07
11А	То же	То же	2.64 ± 0.04	0.131 ± 0.011	50.4	0.72 ± 0.07

Примечание. Координаты точек отбора образцов: 1 – N 40°54'30.54" E 43°46'16.92"; 3н, 3в – N 40°51'42.12" E 44°13'11.28"; 16н, 16в – N 40°38'38.22" E 43°44'30.42"; 17 – N 40°37'13.62" E 43°59'4.74".

Таблица 2. Химический состав (породообразующие оксиды, мас. %) в изученных образцах ленинаканского и арктического игнимбригов и лав вершины вулкана Арагац

Образец	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	ППП	Sum
Ленинаканский игнимбриг												
1	64.08	0.86	16.59	3.38	0.08	1.46	2.16	3.93	3.93	0.16	3.30	99.92
3/н	63.71	0.96	16.01	3.11	0.077	0.54	2.74	4.01	5.40	0.22	2.52	99.28
3/в	64.90	0.93	15.91	2.88	0.073	0.51	2.22	3.91	5.53	0.20	2.44	99.50
16в	64.91	0.83	15.81	3.38	0.08	1.18	2.27	4.05	4.53	0.17	2.62	99.98
16н	64.26	0.87	16.05	3.76	0.08	1.07	2.55	4.22	4.47	0.18	2.39	99.91
Арктический игнимбриг												
17	66.89	0.86	15.23	3.71	0.08	0.78	2.13	4.68	5.07	0.18	0.4	100.01
Лавы вершины вулкана Арагац*												
7А	65.15	0.84	15.84	4.87	0.09	1.04	2.98	3.83	5.06	0.21	0.10	100.01
11А	64.00	0.79	15.81	5.44	0.10	1.55	4.53	3.08	4.39	0.21	0.10	100.00

Примечание. * [Чернышев и др., 2002].

Дополнительно нами были изучены два образца лав вершинной части Арагаца, ранее продатированные в лаборатории ИГЕМ РАН. Их возраст близок к возрасту описываемого игнимбрига [Чернышев и др., 2002].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Область распространения ленинаканского игнимбрига

Точки наблюдений ленинаканского игнимбрига (Гюмри) расположены северо-западнее и севернее вулкана Арагац и приурочены к Ширакской межгорной впадине и ее обрамлению (см. рис. 1, 2). Северным пределом распространения игнимбрига являются северный склон Ширакского хребта, обрамляющего с севера Ширакскую впадину (см. рис. 1, точка 1, далее по тексту (т.)), верховья р. Памбак и южный склон Базумского хребта, который стал естественным барьером для проникновения раскаленного пирокластического потока при его движении на север. В долине реки Памбак игнимбриги обнажаются на ее левом берегу в точках 2–4 в районе сел Гегасар, Нор Хачакап и Сарарт. Е.Е. Милановский [1968] отмечал, что игнимбриги вскрыты скважиной ниже по течению р. Памбак, в Ванадзорской впадине, но данные о возрасте и составе в его работе не приведены. Мы полагаем, что ленинаканский игнимбриг не распространяется восточнее пос. Нор Хачакап. Наиболее южные выходы вулканитов обнаружены вблизи с. Лусахпюр (т. 16). Площади распространения игнимбрига к западу от р. Ахурян незначительны: на западном берегу реки нами описан один маломощный выход, расположенный между селениями Вохджи и Айкаван (т. 14).

Н. Gevorgyan с соавторами [Gevorgyan et al., 2018] показали распространение игнимбрига узкой полосой вдоль западного берега р. Ахурян. Наши исследования 2017 г. в западной части Ширакской впадины на территории Турции, пограничной с территорией Армении, подтвердили отсутствие там ленинаканского игнимбрига. Восточным ограничением области его распространения, по-видимому, являются упомянутые верховья р. Памбак и западные отроги Памбакского хребта. В пределах Ширакской впадины залегают наибольшие по площади выходы ленинаканского игнимбрига, который либо слагает кровлю высоких террас р. Ахурян, либо выстилает непосредственно днище впадины (т. 12–15), образуя выровненную поверхность. Кроме того эти породы, обнажаются на южном склоне Ширакского хребта (т. 5–11). Минимальная площадь распространения игнимбрига к северу и северо-западу от влк. Арагац оценивается нами в 250 км².

Гипсометрическое положение кровли описываемых пород понижается согласно с общим понижением абсолютных отметок перекрываемой им поверхности с севера на юг и располагается на высотах ~1760 м около с. Джрадзор (т. 1), ~1690 м в районе с. Капс (т. 7), ~1510 м на юге в районе с. Лусахпюр (т. 16). Относительно высокое залегание туфа наблюдается также на южных склонах Ширакского хребта – 1745–1775 м (т. 9, 12). Значительное падение высот кровли игнимбрига между т. 1 и т. 7 связано с наличием Капской флексуры, протягивающейся с запада на восток вдоль северного борта Ширакской впадины [Трифонов и др., 2017].

Одна из точек наблюдений – 17, после детального камерального изучения была отнесена нами

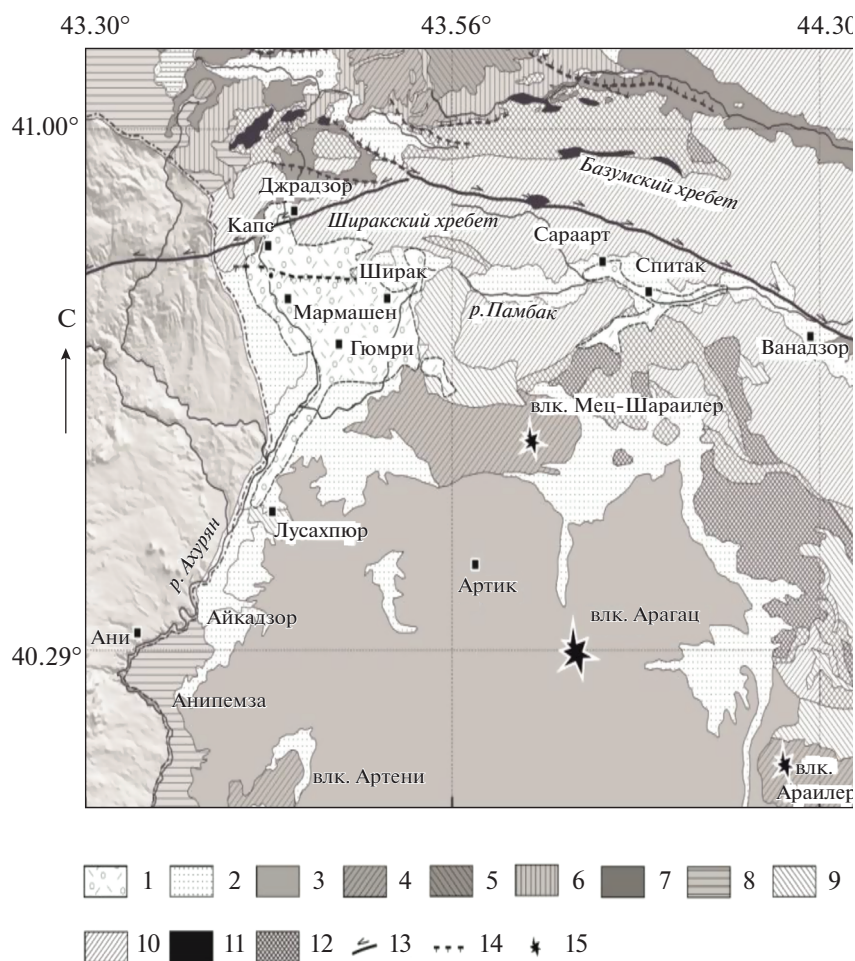


Рис. 2. Генерализованная геологическая карта района работ с оконтуренной областью распространения ленинканского игнимбрита (составлена на основе геологической карты Армянской ССР 1 : 600000, ред. А.Т. Асланян, А.Т. Вегуни, 1968 г.; геологической карты Кавказа 1 : 500000, ред. Д.В. Наливкин, 1976 г.).

1 – ленинканский игнимбри; 2 – четвертичные туфоогенно-терригенные отложения; 3–8 – вулканические образования: 3 – Арагацского центра (1.0–0.4 млн лет), 4 – вулканов Арайлер и Артели (~1.3 млн лет), вулкана Мец-Шарайлер и V комплекс андезитов и трахиандезитов Джавахетского хребта (~1.7 млн лет), 5 – IV комплекс Джавахетского нагорья, дациты (~1.8–2.0 млн лет), 6 – III комплекс Джавахетского нагорья, андезиты, трахиандезиты (~1.8–2.0 млн лет), 7 – II комплекс, базальты и андезибазальты (~2.0–2.5 млн лет), 8 – I комплекс, от базальтов до риолитов, плиоцен; 9 – верхний миоцен; 10 – палеоген (главным образом, эоцен), андезиты, андезито-дациты, андезитовые порфиры; 11 – мезозойские офиолиты и ультрабазиты; 12 – палеозой (граниты, гранито-гнейсы, гранодиориты); 13 – разломы; 14 – флексурно-разломные зоны; 15 – вулканические центры.

к арктическому игнимбри (см. табл. 1, 2), который в статье не рассматривается.

Стратиграфическое положение и условия залегания ленинканского игнимбрита

В Ширакской впадине отмечается омоложение возраста четвертичных свит, перекрытых ленинканским игнимбри, с севера на юг. Возраст самой древней карахачской свиты, сложенной аллювиально-пролювиальными и озерными отложениями и вскрытой в долине р. Чаир (т. 1), составляет 1.95–1.75 млн лет, т.е. соответствует рубежу гелазия и калабрия [Trifonov et al., 2016].

Мощность игнимбрита, перекрывающего осадочные отложения, – не более 3 м, он отличается высокой плотностью. На его границе с подстилающим аллювием ясно выражен горячий контакт с галечником, несущим следы закалки. Это указывает на высокие температуры пирокластического потока, сохранявшиеся даже на значительном удалении от центра извержения.

В долине р. Памбак ленинканский игнимбри перекрывает или залегает в верхах аллювиальных отложений куртанской свиты, формирующих III террасу (т. 2–4), и имеет мощность от 5 до 9–10 м. Возраст аллювиальной свиты оценивается интервалом примерно 1.2–0.6 млн лет, т.е.

концом раннего – началом среднего плейстоцена [Trifonov et al., 2016; Трифонов и др., 2017]. В Ширакской впадине вдоль долины р. Ахурян ленинаканский игнимбрит покрывает анийскую и арапийскую озерно-аллювиальные свиты, которые являются возрастным аналогом куртанской свиты долины Памбака. Игнимбрит либо формирует кровлю высоких террас реки, либо, восточнее Ахуряна, выстилает днище впадины. Расположенная в северной части впадины относительно более древняя анийская свита соответствует верхам калабрия (подошва не моложе 1.24 млн лет) и, возможно, самым низам среднего плейстоцена [Трифонов и др., 2017]. Контакт игнимбрита и анийской свиты обнажается в точках 5, 12–14. Мощность игнимбрита изменяется от 4 м в районе с. Капс (т. 5) до своих максимальных величин в 20–30 м ниже плотины на р. Ахурян в районе с. Ваграмберд (т. 12). На западной периферии своего распространения около сел Вожджи и Айкаван мощность игнимбрита не превышает 1–1.5 м (т. 14). Кроме того, по данным бурения, он имеет мощность 4.5 м и слагает поверхность IV террасы Ахуряна в районе с. Мармашен, где перекрывает озерно-аллювиальные отложения анийской свиты мощностью более 140 м [Заикина и др., 1969]. Занимающая центральную и южную части впадины арапийская свита имеет возраст около 0.7 млн лет [Трифонов и др., 2017]. Контакт игнимбрита с самой молодой покрываемой им свитой обнажается в т. 15, южнее г. Гюмри, где он формирует поверхность “Гюмринской” террасы, и в т. 16 (район с. Лусахпюр), южнее которой он уже не встречается. Мощность игнимбрита здесь не превышает 1–2 м.

Почти повсеместно ленинаканский игнимбрит залегает горизонтально или наклонен под углами до первых градусов. Лишь в районе с. Лусахпюр (т. 16) арапийская свита, надвинута на игнимбрит, что, по мнению А.Р. Багдасаряна и А.С. Караханяна [2016], связано с активностью Ахурянского разлома.

Особенностью залегания игнимбритов в описанных точках является отсутствие подстилающей и перекрывающей рыхлой пироклаستي.

Средняя мощность игнимбрита может быть принята равной 4–5 м. Такие игнимбриты относятся к типу “L.A.R.I” (“low aspect ratio ignimbrite”), которые формируются потоками с высокими скоростями движения, имеют маломощное, но значительное по площади развитие. Они характеризуются преобладанием витрокластики в составе фрагментов [Sparks, Walker, 1977; Walker, 1983].

Возраст ленинаканского игнимбрита

Тот факт, что ленинаканский игнимбрит перекрывает молодую арапийскую свиту, уже свидетельствует о том, что его возраст не древнее ~0.7 млн лет. Первое определение изотопного возраста игнимбрита – 0.65 ± 0.04 млн лет, выполненное ^{39}Ar – ^{40}Ar методом по включению фьямме, получено в ходе работ 2009–2011 гг., связанных с оценкой вулканической опасности Армянской АЭС [IAEA-TECDOC-1795, 2016], и приведено в статьях [Меликсетян, 2012; Gevorgyan et al., 2018]. Новые K-Ar даты, полученные в ходе наших работ 2014–2015 гг. [Трифонов и др., 2017; Shalaeva et al., 2019], дают близкие возрастные значения (см. табл. 1). Наиболее достоверными мы считаем три даты, характеризующиеся наименьшим содержанием атмосферного Ar. Две из них получены для образцов, отобранных в верховьях р. Памбак южнее с. Сараарт из нижней (3н) и верхней (3в) частей пласта игнимбрита – 0.68 ± 0.10 и 0.65 ± 0.06 млн лет соответственно. Третья дата – 0.70 ± 0.03 млн лет – из аллохтона надвига около с. Лусахпюр (16в). Датировки образцов с содержанием атмосферного аргона более 90% мы считаем менее достоверными. Они дали более древний возраст породы – 0.84 ± 0.07 (обр. 1, с. Джрадзор) и 0.82 ± 0.05 (обр. 16н, с. Лусахпюр) млн лет.

Петрографическая характеристика и химический состав ленинаканского игнимбрита

При петрографическом описании игнимбрита обнаруживается, что он состоит из уплощенных, извилистых частиц бесцветного вулканического стекла (фьямме), погруженных в нераскристаллизованную массу буроватого цвета с рассеянным рудным минералом. Иначе говоря, порода имеет характерное для игнимбритов строение. Встречаются разновидности с серовато-зеленой (при параллельных николях) основной пепловой массой стекла, в которую включено незначительное количество мелких обломков стекла или же присутствуют достаточно крупные по размеру фьямме. Часто в шлифе можно наблюдать псевдофлюидальную структуру, однако ее наличие не обязательно. В основной массе стекла рассеяны микролиты полевых шпатов, преимущественно плагиоклаза кислого состава (олигоклаз) и анортоклаза-санидина. Встречаются включения монокристаллов и двойников клинопироксена. Обнаруживаются отдельные крупные обломки вулканических пород неправильной формы размером до 2 мм. Они представлены лейстами плагиоклаза, сцементированными вулканическим стеклом. Порфиновые вкрап-

Таблица 3. Содержание некоторых микроэлементов в изученных образцах ленинканского и арктического игнимбринов

Образец	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ba	Pb	Th	U
Ленинканский игнимбрит																			
1	7.2	47	15	5.5	17	58	61	16	<5	97	313	35	469	31	4.2	881	18	14	3.2
3н	15	31	13	13	<10	13	64	18	7	110	430	39	480	45	4	880	19	19	8
3в	12	34	16	15	<10	21	61	17	<3	100	410	38	430	42	4	880	24	24	11
16в	10	55	19	7.2	14	18	53	16	<5	100	303	33	456	30	5.3	819	19	14	2.7
16н	8.1	56	16	7.3	14	24	61	17	5.3	91	375	31	416	28	4.3	811	18	13	2.8
Арктический игнимбрит																			
17	<5	5.5	21	<5	10	18	62	17	4.4	104	244	37	463	36	3.9	927	14	18	5.2

ленники плагиоклаза имеют небольшой размер и встречаются достаточно редко.

В табл. 2 и 3 приведен химический состав образцов игнимбринов. Все они характеризуются близким химическим составом. В соответствии с классификационной диаграммой кремнезем – сумма щелочей TAS, по [Le Bas et al., 1986], точки игнимбринов относятся к субщелочной серии и полностью располагаются в поле трахитов-трахидацитов (рис. 3).

Лавы вулкана Арагац, близкие по составу и возрасту к ленинканскому игнимбриту

Среди вулканических пород, слагающих вершину и склоны вулкана Арагац, были обнаружены лавы, близкие по возрасту и составу к ленинканскому игнимбриту. К–Аг возраст лав (образцы 7А и 11А) был определен как 0.68 ± 0.07 и 0.74 ± 0.08 млн лет [Чернышев и др., 2002]. Данные образцы были любезно предоставлены нам И.В. Чернышевым для петрохимического изучения.

Образец 7А по химическому составу аналогичен ленинканскому игнимбриту (см. табл. 2, 3, рис. 3) и классифицируется как трахидацит. Образец 11А несколько отличается по геохимическим характеристикам, обнаруживая более низкие содержания кремнезема и суммы оксидов щелочных металлов, что приближает породу к дацитам или андезитам. Однако, по классификационной диаграмме она также отвечает трахидацитовому составу.

Основная масса образца 7А преимущественно неполнокристаллическая, стекловатая. Микролиты, представленные плагиоклазом, имеют не-

значительные размеры и играют подчиненную роль в строении породы. Вулканическое стекло за счет распыленного в нем рудного вещества имеет достаточно темную, зеленовато-серую окраску. В основной массе заключены многочисленные вкрапленники, состоящие из кислых плагиоклазов и калий-натровых полевых шпатов. По составу минералов образец отвечает кислым породам субщелочной серии, предположительно, трахидацитам.

Образец 11А отличается более высокой степенью раскристаллизованности основной массы, микролиты занимают более 50% ее объема и представлены идиоморфными кристаллами плагиоклаза. Вулканическое стекло практически не окрашено. Встречаются относительно крупные (до 2 мм) вкрапленники кислого плагиоклаза и калиевого полевого шпата. Достаточно часто присутствуют субидиоморфные кристаллы клинопироксена, наблюдаются акцессорные включения цирконов. Данная порода, оставаясь в поле трахидацитов, отличается менее кислым составом по сравнению с образцом 7А.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Диаграмма TAS (см. рис. 3) [Irvine, Baragae, 1971] указывает на принадлежность ленинканского игнимбрита и близких по составу пород Арагаца к субщелочной серии. В работе Х.Б. Меликсетяна [2012] высказано предположение, что вулканизм Арагаца связан со смешиванием и дифференциацией продуктов плавления мантийного вещества и более кислых расплавов, формирующихся в результате перехода в магматический расплав базальтоидов океанической коры и называемых адакитовыми магмами. Эта модель позво-

дацитам и трахиандезитам, относящимся к субщелочным породам. Показатели соотношений главных элементов разных комплексов игнимбри-тов не позволяют надежно обособить их друг от друга. Во-вторых, по содержанию многих редких элементов уверенно различаются древние и молодые игнимбри-ты, тогда как среди последних, т.е. игнимбри-тов Артик, Шамирам-Бюракан и Гюмри, такое разделение провести не удастся. Вероятно, они представляют единый этап извержения Арагаца.

На основе геолого-стратиграфических реконструкций и К–Аг датировок в истории Арагаца выделяют четыре фазы активности с интервалами 0.97–0.89 млн лет (I и II фаза), 0.74–0.68 млн лет (III фаза), 0.56–0.45 млн лет (IV фаза) [Гукасян, 1985; Чернышев и др., 2002; Лебедев и др., 2011б]. Принимая во внимание изотопные датировки, полученные для ленинаканского игнимбри-та и привершинных лав, можно говорить о приуроченности времени формирования этих пород к завершающему этапу третьей фазы активности Арагаца. Вероятно, в течение того же этапа изверглись и игнимбри-ты Шамирам-Бюракан.

Спайдер-диаграмма концентрации микроэлементов, нормализованной по примитивной мантии [McDonough, Sun, 1995] отражает единую закономерность распределения химических элементов ленинаканского игнимбри-та: все аномалии имеют одинаковый знак и примерно равные величины, незначительные отклонения которых вполне могут являться вариациями внутри единого тренда (см. рис. 3). Несколько особняком стоит линия распределения образца 11А, однако, и у этой пробы прослеживаются закономерности распределения, сходные с другими образцами. Это подтверждает вывод о формировании игнимбри-та на завершающем этапе третьей фазы активности вулкана Арагац. Образец лавы 11А из привершинной части Арагаца соответствует тому же этапу завершения третьей фазы вулканизма Арагаца, но, возможно, более раннему извержению.

Макроскопическое изучение внутреннего строения толщи ленинаканского игнимбри-та не обнаруживает каких-либо следов перерыва в накоплении, перемыва, закалки и т.п., что, наряду со сходством химического состава и изотопных датировок, свидетельствует в пользу одноактности события, приведшего к его формированию. Взрыв в главном кратере Арагаца, завершивший III фазу его активности, разрушил значительную часть вулканической постройки и вызвал выброс пирокластического потока, материал которого сформировал ленинаканский игнимбри-т. При средней мощности породы 4–5 м и площади его распространения в Ширакской впадине и долине

р. Памбак не менее 250 км² объем выброшенного материала, без учета его флюидно-газовой составляющей, может быть оценен, как минимум, в 1.24 км³.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изученные образцы ленинаканского игнимбри-та имеют близкий (трахидацитовый) состав. Возраст игнимбри-та по нашей оценке составляет 0.70–0.65 млн лет.

2. Наибольшие площади распространения игнимбри-та расположены к северо-западу и северу от вулкана Арагац, что может быть обусловлено направленным характером сформировавшего их пирокластического потока. Формирование ленинаканского игнимбри-та, а также лав, слагающих вершину вулкана Арагац произошло на завершающем этапе третьей фазы активности главного вулканического конуса.

3. Средняя мощность игнимбри-та составляет 4–5 м, локально достигает 20–30 м. Площадь его распространения к северо-западу и северу от вулкана Арагац составляет не менее 250 км². Исходя из этого, минимальный объем выброшенного материала без флюидно-газовой составляющей оценивается в 1.24 км³, что соответствует индексу VEI 5.

БЛАГОДАРНОСТИ

Коллектив авторов благодарит сотрудника лаборатории изотопной геохимии ИГЕМ РАН В.А. Лебедева за ценные замечания и определения возраста игнимбри-тов.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Полевые работы выполнены при финансовой поддержке РФФИ, проект № 14-05-00122. Лабораторные петрографические исследования выполнены в рамках Госзадания № АААА-А17-117030610107-3 и № АААА-А19-119020490095-0. Интерпретация данных и подготовка статьи выполнена в 2017–2018 гг. за счет средств гранта РНФ № 17-17-01073.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Амарян В.М.* Вулкан Арагац. Его строение и история формирования / Автореф. дисс. ... кандидата геол.-мин. наук. Ереван, 1964. 21 с.
- Ацагорцян З., Мартиросян О.* Туфы и мраморы Армении. Ереван: Армгосиздат, 1962. 158 с.
- Багдасарян А.Р., Караханян А.С.* Новые данные о кинематике подвижек в зоне Ахурянского разлома // Известия НАН РА. Науки о Земле. 2016. Т. 69. № 1. С. 3–11.
- Бубнов С.Н., Докучаев А.Я., Курчавов А.М. и др.* Геодинамическая позиция и вещественный состав четвер-

тичных игнимбритов Малого Кавказа // Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скопления литосферных плит // Материалы Третьей Всероссийской конференции с международным участием. Владивосток: Дальнаука, 2016. С. 137–140.

Лукасян Ю.Г. Петрография, минералого-геохимические особенности и история формирования Арагацко-го вулканического комплекса / Автореф. дисс. ... кандидата геол.-мин. наук. Тбилиси, 1985. 25 с.

Гурбанов А.Г., Богатиков О.А., Шарков Е.В. и др. Новейший магматизм северной части трансконтинентального Восточно-Африканского – Транскавказского рифтового пояса // Изменение окружающей среды и климата – природные и связанные с ними техногенные катастрофы. М.: ИГЕМ РАН, 2008. Т. 2. С. 188–205.

Джрбашян Р.Т., Лукасян Ю.Г., Карапетян С.Г. и др. Типы вулканических извержений и формы проявления позднеколлизийного наземного вулканизма Армении // Изв. НАН РА. Науки о Земле. 2012. Т. 65. № 3. С. 3–20.

Еришов А.В., Никишин А.М. Новейшая геодинамика Кавказско-Аравийско-Восточно-Африканского региона // Геотектоника. 2004. № 2. С. 55–72.

Заварицкий А.Н. Игнимбриды Армении // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1947. № 3. С. 3–17.

Заикина Н.Г., Саядян Ю.В., Соколова Н.С. К истории растительности Ширакской равнины // Биологический журнал Армении. АН Арм. ССР. 1969. Т. XXII. № 4. С. 67–74.

Лебедев В.А., Бубнов С.Н., Якушев А.И. Магматическая активность на Северном Кавказе в раннем неоплейстоцене: активные вулканы Эльбрусского центра, хронология и характер извержений // ДАН. 2011а. Т. 436. № 1. С. 79–85.

Лебедев В.А., Чернышев И.В., Якушев А.И. Время начала и продолжительность четвертичного магматизма в Арагацкой неовулканической области (Малый Кавказ, Армения) // ДАН. 2011б. Т. 437. № 4. С. 808–812.

Лебедев В.А., Парфенов А.В., Вашакидзе Г.Т. и др. Хронология магматической активности и петролого-минералогические характеристики лав четвертичного вулкана Казбек (Большой Кавказ) // Петрология. 2018. Т. 26. № 1. С. 3–33.

Лебедев П.И. Вулкан Алагез. Экскурсия по Кавказу. Армянская ССР // Международный геологический конгресс. XVII сессия. Л.: ОНТИ НКТП СССР, 1937. С. 62–71.

Меликсетян Х.Б. Геохимия вулканических серий Арагацкой области // Изв. НАН РА. Науки о Земле. 2012. Т. 65. № 3. С. 34–59.

Милановский Е.Е. Новейшая тектоника Кавказа. М.: Недра, 1968. С. 276–279.

Трифонов В.Г. Коллизия и горообразование // Геотектоника. 2016. № 1. С. 3–25.

Трифонов В.Г., Соколов С.Ю. Подлитосферные течения в мантии // Геотектоника. 2017. № 6. С. 3–17. <https://doi.org/10.1134/S0016852117060085>

Трифонов В.Г., Шалаева Е.А., Саакян Л.Х. и др. Четвертичная тектоника новейших впадин Северо-Западной Армении // Геотектоника. 2017. № 5. С. 42–64.

Чернышев И.В., Аракелянц М.И., Лебедев В.А. и др. К–Аг изотопная систематика и возраст новейшего вулканизма Казбекской вулканической области, Большой Кавказ // ДАН. 1999. Т. 367. № 6. С. 810–814.

Чернышев И.В., Лебедев В.А., Аракелянц М.М. и др. Четвертичная геохронология Арагацкого вулканического центра (Армения) по данным К–Аг датирования // ДАН. 2002. Т. 384. № 1. С. 95–102.

Чернышев И.В., Лебедев В.А., Бубнов С.Н. и др. Этапы магматической активности Эльбрусского вулканического центра (Большой Кавказ): изотопно-геохронологические данные // ДАН. 2001. Т. 380. № 3. С. 384–389.

Ширинян К.Г. К вопросу о новейших (верхнеплейстоцено-четвертичных) вулканических формациях Армении // Изв. АН Арм. ССР. Серия Наук о Земле. 1975. № 1. С. 3–15.

IAEA-TECDOC-1795. Volcanic Hazard Assessment for Nuclear Installations // Methods and Examples in Site Evaluation. 2016. 283 p.

Gevorgyan H., Repstock A., Schulz B. et al. Decoding a post-collisional multistage magma system: The Quaternary ignimbrites of Aragats stratovolcano, western Armenia // Lithos. 2018. V. 318–319. P. 267–282.

Irvine T.N., Baragar W.R.A. A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks // Canadian J. Earth Science. 1971. V. 8. P. 523–548.

Karakhanian A., Djrbashian R., Trifonov V. et al. Holocene-historical volcanism and active faults as natural risk factor for Armenia and adjacent countries // J. of Volcanology and Geothermal Research. 2002. V. 113. № 1/2. P. 319–344.

Le Bas M.J., Le Maitre R.W., Streckeisen A., Zanettin B.A. Chemical Classification of Volcanic-Rocks Based on the Total Alkali Silica Diagram // J. Petrology. 1986. V. 27(3). P. 745–750.

McDonough W.F., Sun S.-S. Composition of the Earth // Chemical Geology. 1995. V. 120. P. 223–253.

Mitchell, J., Westaway, R. Chronology of Neogene and Quaternary uplift and magmatism in the Caucasus: constraints from K–Ar dating of volcanism in Armenia // Tectonophysics. 1999. V. 304. P. 157–186.

Philip H., Cisternas A., Gvishiani A., Gorshkov A. The Caucasus: An actual example of the initial stages of continental collision // Tectonophysics. 1989. V. 161. P. 1–21.

Shalaeva E.A., Trifonov V.G., Lebedev V.A. et al. Quaternary geology and origin of the Shirak Basin, NW Armenia // Quaternary International. 2019. V. 509. P. 41–61.

Sparks R., Walker G. The significance of vitric-enriched air-fall ashes associated with crystal-enriched ignimbrites // JVGR. 1977. V. 2. P. 329–341.

Trifonov V.G., Lyubin V.P., Belyaeva E.N. et al. Stratigraphic and tectonic settings of Early Paleolithic of North-West Armenia // Quaternary International. 2016. V. 420. P. 178–198.

Walker G. Ignimbrite types and ignimbrite problems // JVGR. 1983. V. 17. P. 65–88.

Leninakan Ignimbrite of the Aragats Volcano, Armenia

E. A. Shalaeva^{1,*}, S. A. Sokolov^{1,2}, and A. I. Khisamutdinova¹

¹*Geological Institute RAS, Pyzhevsky lane, 7, Moscow, 119017 Russia*

²*Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting, Miklukho-Maklaya str., 23, Moscow, 117997 Russia*

**e-mail: es-geo@mail.ru*

The paper is devoted to the age, stratigraphic position and structure of the ignimbrite that occurs in NW Armenia and is locally named "Leninakan tuff". The massive structure of the tuff with no internal discontinuities, similar chemical composition and K-Ar ages of all the samples let the authors to deduce that the ignimbrite was formed due to a huge single explosive eruption of the Aragats volcano. The minimum area of distribution of the ignimbrite to the NW of the Aragats volcano within the Shirak Basin was assessed. Numerical age estimations and chemical correlation of the studied ignimbrite and Aragats summit lavas revealed that the formation of both volcanic rocks took place at the end of the III stage of the volcano's activity (0.65–0.7 Ma).

Keywords: ignimbrite, Aragats, isotopic dating, volcanism, Armenian Highland.