

*Трубопроводному
Арканджо Степановичу
Караханян
Благословенно*

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
ԵՐԿՐԱԸԱՆԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

Մանկյան Լիլիթ Հրանտի

ԴԵՂՈՒ ԱՎԱԶԱՆԻ ՄԵԶՈԶՈՅԱՆ ԴԻԱՏՐԵՄԱՆԵՐԻ
ԱԼԿԱԼԱԼՍՊՐՈՖԻՐԱՅԻՆ ՏՈՒՖԵՐԸ (ԼԻԹՈԼՈԳԻԱ,
ՄԻՆԵՐԱԼՈԳԻԱ, ԵՐԿՐԱԸԻՄԻԱ)

ԻԳ.-00.04 - “Ապարագիտություն, հրաբխագիտություն, լիթոլոգիա”
մասնագիտությամբ երկրաբանական գիտությունների բեկնածուի գիտական
աստիճանի հայցման ատենախառություն

6.11.07

ՄՆԱՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ-2007

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

Саакян Лилит Грантовна

ЩЕЛОЧНО-ЛАМПРОФИРОВЫЕ ТУФЫ ДИАТРЕМ МЕЗОЗОЯ
БАССЕЙНА Р. ВЕДИ (ЛИТОЛОГИЯ, МИНЕРАЛОГИЯ,
ГЕОХИМИЯ)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата геологических
наук по специальности: 24.00.04 - “Петрография, вулканология,
литология”

ЕРЕВАН-2007

Ատենախառության քեման հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական
գիտությունների ինստիտուտում

Գիտական ղեկավար՝ երկր.-հանք. գիտ. դոկտոր Մ.Ա. Սաթյան

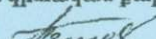
Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝
երկրաբ.-հանքաբ. գիտ. դոկտոր՝ Ռ.Ա. Մանդալյան
երկրաբ.-հանքաբ. գիտ. քեկնածու՝ Հայկ Պ. Ալայան

Առաջատար կազմակերպություն՝ Երևանի Պետական Համալսարան

Պաշտպանությունը կայանալու է 2007թ., նոյեմբերի 30 -ին, ժամը 13⁰⁰,
ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի ք.054
Մասնագիտական խորհրդի նիստում:

Հասցեն՝ 0019, Երևան, Մարշալ Բաղրամյանի պող. 24^ա,
e-mail: lilitsahakyan@yahoo.com

Ատենախառության հետ կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ գրադպրանալ
Սեղմագիրն ստարված է 2007թ. հոկտեմբերի 29-ին:

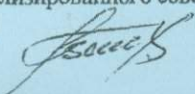
Թ. 054 Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար,
երկրաբ.-հանքաբ. գիտ. քեկնածու՝  Հ.Վ. Շահինյան

Тема диссертации утверждена в Институте геологических наук НАН РА
Научный руководитель: доктор геол.-мин. наук М.А. Сатян

Официальные оппоненты:
доктор геол.-мин. наук Р.А. Мандалян
кандидат геол.-мин. наук Гайк П. Алоян

Ведущая организация: Ереванский Государственный Университет

Защита диссертации состоится 30 ноября 2007г. в 13⁰⁰ ч. на заседании
Специализированного совета 054 Института геологических наук НАН РА.
Адрес: 0019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а.,
e-mail: lilitsahakyan@yahoo.com

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИГН НАН РА.
Автореферат разослан 29 октября 2007г.
Учёный секретарь Специализированного совета 054,
кандидат геол.-мин. наук  Г.В. Шагинян

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Генезис лампрофиров представляет одну из наименее разработанных проблем петрологии магматических пород. Известны лишь единичные находки гологиалиновых разностей туфов щелочно-лампрофировой ветви (Rock, 1987), поэтому диатремы щелочных лампрофиров, обнаруженные в басс. р. Веди Ведийской офиолитовой зоны Армении (Сатиан и др., 1987-2005гг), привлекают особое внимание. Преобладание в их составе гологиалиновых туфов, в ассоциации с дайками и штоками камптонитов, мончикитов, фонотефритов и щелочных базальтов позволяет подойти и к проблеме исходной материнской магмы. Исследование литологии туфов диатрем (1998-2007гг.), их минералогии и геохимии проведены автором в составе группы лаборатории литологии под руководством М.А.Сатиана. Результаты полевых и камеральных исследований диатрем обобщены в монографии "Лампрофировые трубки взрыва Ведийской зоны", изданной в конце 2005г. Последующими исследованиями автора (2006-2007гг.) пополнены представления о составе туфов, их разновидностях в структуре диатрем, немало данных получено в эти годы по минералогии и особенно геохимии туфов с использованием новейших методов – микронзондового, нейтронно-активационного анализов, а также рентгеноструктурного анализа сканированием минералов и пород.

Диатремы в басс. р. Веди размещены в карбонатно-вулканогенной (предофиолитовой) формации, и в этой связи нами проведен небольшой объем изучения геохимии вулканитов этой формации.

Актуальность исследований. Минералогические и геохимические исследования гологиалиновых туфов диатрем способствуют выяснению минерогенеза и геодинамики континентального рифтогенеза литосферы мезозоя Приараксья (Ведийской зоны), типа исходной магмы диатрем, связи с верхней мантией. Результаты изучения будут способствовать направлению дальнейших поисков диатрем, хозяйственному освоению минерального вещества туфов и ассоциирующих пород и минералов.

Цель исследований:

- По данным минералогии и геохимии выявление вещественно-генетических типов туфов, их удельного значения в строении диатрем и лито-фациально-тектонических условий формирования, а также уровня эрозии диатрем.

* Как и в петрологии диатрем кимберлитов и лампроитов (Джейке и др., 1989), взрывчатые продукты диатрем Веди рассмотрены в соответствии с номенклатурой пирокластических пород.

- Выяснение перспектив использования туфов диатрем в качестве полезных ископаемых.

Задачи исследований:

- Уточнение составов вулканического стекла и минералов в их числе минералов высоких давлений в гологалииновых туфах (хромдиопсид, хромшпинелиды, клиноэстатит, гранат, муассанит).
- Сравнительная характеристика минералогии и геохимии щелочно-лампрофировых туфов диатрем Ерахской антиклинали (диатрема “Ерах”) и Ведийского антиклинория (диатремы группы “Хосров”).
- Разработка минералогических и геохимических характеристик типизации туфов и стадийности их формирования.
- Минералого-геохимические критерии литодинамики возникновения туфов диатрем Ведийской зоны.

Фактический материал. Диссертационная работа является итогом полевых и лабораторных исследований, проведенных автором с 1998г. по 2007г. При полевых работах отобрано свыше 600 образцов (в том числе керн мелких скважин), из которых 300 – туфы диатрем, 100 – породы вмещающей карбонатно-вулканогенной формации. Автор участвовала в минералогических исследованиях иммерсионным методом 400 образцов пород, в изучении минералогии тяжелой фракции 30 крупных валовых проб; просмотрено около 250 шлифов. Лито-геохимические особенности пород диатрем охарактеризованы 100 силикатными, более 250 – приближенно-количественными спектральными, 120 – атомно-адсорбционными анализами, выполненными в лабораториях ИГН НАН РА, использованы данные 110 микронзондовых анализов (ИЭМ РАН Моск. обл. и лаборатория Музея истории природы, Вена), а также 23 нейтронно-активационных анализа щелочно-лампрофировых туфов вмещающих пород, а также минералов (ГЕОХИ РАН, г. Москва), 14 рентгеновских микроанализов пород и минералов сканирующим электронным микроскопом SEM JSM-840A (Институт Париж-VI), 10 рентгеновских микроанализов сканирующим электронным микроскопом SEM VEGA TS 5130MM (Институт Физики НАН РА, г. Аштарак).

Научная новизна:

- Уточнено размещение разновидностей туфов в строении диатрем басс. р. Веди, выявлены выходы туфов щелочных базальтов в диатреме “Восточная”.
- Выявлена диатрема по правобережью верховья р. Манкук (диатрема “Манкук-А”).
- Существенно доработана минералогия туфов, изучены характеристики составов и морфологии рубина, желтого сапфира, высокомагнезиальных гранатов, самородного золота и серебра в туфах и дайках диатрем.
- Изучена геохимическая характеристика туфов щелочных лампрофиров и щелочных базальтов, используя нейтронно-активационный, микронзондовый и др. анализы.

Основные защищаемые положения:

- По литолого-минералогическим критериям и геохимическому спектру диатремы басс. р. Веди выполнены преимущественно туфами гологиалиновой разности щелочных лампрофиров, подчиненное значение имеют гологиалиновые туфы щелочных базальтов и эцикластические разности туфов.
- Различие литологии, минералогии и геохимического спектра туфов диатрем “Ерах” и группы “Хосров” предопределено особенностями структурной обстановки их формирования и стадийностью эксплозивной активности.
- Подтверждаются и уточнены перспективы рудоносности туфов диатрем (минералы группы корунда, самородные золото, серебро, цветное стекольное сырье, керамика).

Структура и объем диссертации. Работа состоит из введения, 4 глав и заключения. Общий объем работы 150 стр., включая список использованной литературы (119 наименований), 71 рисунок (диаграммы, карты и фото), 33 таблицы.

Практическая ценность и реализация работы. Детальное литолого-минералогические и геохимическое изучение эксплозивного вещества дает информацию о глубинном строении, неоднородности, секториальности диатрем и соотношении с рамой вмещающих пород. Эти данные способствуют последующим поискам диатрем, постановке поисково-оценочных работ с целью комплексного освоения полезных ископаемых.

Апробация работы. Диссертационная работа выполнена в лаборатории литологии Института геологических наук НАН РА (1998-2007гг.), где неоднократно обсуждались на семинарах результаты полевых и камеральных исследований. Основное содержание отражено в коллективной монографии “Лампрофировые трубки взрыва Ведийской зоны”, опубликованной в 2005 году, а также в 3 опубликованных статьях в “Изв. НАН РА”, Науки о Земле, т. LVIII №2, т. LVIII №3, 2005г., т. LXV №2, 2007г. и в материалах трех международных научных конференций: XXXIX Тектонического совещания “Области активного тектогенеза в современной и древней истории Земли”, ГИН РАН, 2006г, (Москва); XII Чтений памяти А.Н. Заварицкого, Междунар. науч. конф. “Офиолиты: геология, петрология, металлогения и геодинамика”, мат. Сов. Екатеринбург, 30 мая –2 июня 2006г.; науч. конф. “Изотопное датирование процессов рудообразования, магматизма, осадконакопления и метаморфизма”, ИГЕМ РАН, 5-8 ноября 2006г (Москва).

Благодарности. Данное исследование проведено под научным руководством зав. отделом региональной геологии и литологии ИГН НАН РА, докт. геол.-мин. наук М.А. Сатиана. Минералогический анализ (в иммерсии) выполнен ст. науч. сотр., канд. геол.-мин. наук Ж.О. Степанян при участии автора. Автор консультировался по вопросам петрографии со ст. науч. сотр., канд. геол.-мин. наук А.Х. Мнацаканян

(лаборатория вулканологии), по вопросам рудоносности – с зав. Каджаранской базы ИГН НАН РА, канд. геол.-мин. наук Р.Н. Таяном. Нейтронно-активационные, микрондовые и другие виды анализов проведены в лабораториях ГЕОХИ РАН при содействии докт. физ.-мат. наук, проф. Ю.С. Геншафта (ИФЗ, Москва), в Париже, в Институте Пьера и Мари Кюри –VI при содействии доктора Таииела Даниеляна. По геофизическим методам изучения глубинного строения диатрем автор консультировался со ст. науч. сотр., канд. геол.- мин. наук Р.Т. Мириджаняном (ИГН). Советы и содействие в полевых исследованиях оказал Авакян А.В., руководитель группы ИГН по изучению опасных явлений. В проведении рентгено-структурного, геохронологического и химического анализов вещества содействовали руководители лаборатории ИГН НАН РА – канд. геол.-мин. наук Р.Г. Мхитарян, канд. геол.-мин. наук Р.Х. Гукасян и канд. хим. наук А. С. Сааков, а также А.С. Кузинян (Институт Физики НАН РА, г. Аштарак).

Всем указанным лицам, а также коллективу и дирекции ИГН НАН РА автор выражает свою глубокую благодарность и признательность.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ВЕДИЙСКОЙ ОФИОЛИТОВОЙ ЗОНЫ

На Малом Кавказе ранее были выявлены эруптивные брекчии щелочно-ультраосновного состава в верховье басс. р. Агари (Акера) (Акимов, Геншафт, 1990). Пространственно они тяготеют к восточному крылу Лачинского антиклинория Севано-Акеринской офиолитовой зоны. Относительно мелкие выходы щелочно-ультрабазитовых брекчий отмечаются вдоль подножья Севанского хребта (Паланджян, 1973). Диатремы щелочных лампрофиров выявлены в строении офиолитов Баер-Бассит на с-з Сирии (Кепежинскас и др., 1991).

В басс. р. Веди подробно изучены четыре ареала развития щелочно-лампрофировых диатрем: в Ерахской антиклинали и в Манкукской антиклинали Ведийского антиклинория. Вмещающими являются породы карбонатно-вулканогенной ($J_2^{cl2}-K_1^{ber}$) формации; в составе так называемой хосровской вулканогенной толщи также выделены (Сатян и др., 2001, 2005) кремнисто-вулканогенная ($K_1^{vig-bm-apt(?)}$) и эффузивно-вулканокластическая ($K_1^{alb-2-3}-K_2^{con1}$) формации.

Глава 2. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ДИАТРЕМ, ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ВОЗРАСТ ТУФОВ

В первой части главы обсуждаются структурные особенности диатрем Ерахской и Манкукской антиклиналей, дополненные авторскими данными по

диатреме "Восточная", а также по новоявленной диатреме "Манкук-А" (рис. 2,3). Выделяются крупные и мелкие морфологические разности и разломы, их контролирующие (рис. 1,2). Обозначаются секториальность строения крупных диатрем. Южный сектор наиболее изученной (450x280м) диатремы "Ерах" сложен высокотитанистыми туфами ранних эксплозий, северный и северо-западный сектор — умеренно-титанистыми туфами, с обилием, до 20%, ксенолитов и развитием участками цеолит-анальцимового цемента. На юго-востоке туфы контактируют с щелочно-базальтовыми продуктами наиболее ранних эксплозий, контаминированы ими и содержат наибольшее количество ксенолитов кальцитовых карбонатитов. В мелких по размеру диатремах верховья р. Веди, размещенных в Манкукской антиклинали (группа "Хосров"), выделяются умеренно титанистые щелочно-лампрофировые туфы, среди них туф-карбонатиты и щелочно-базальтовые туфы.

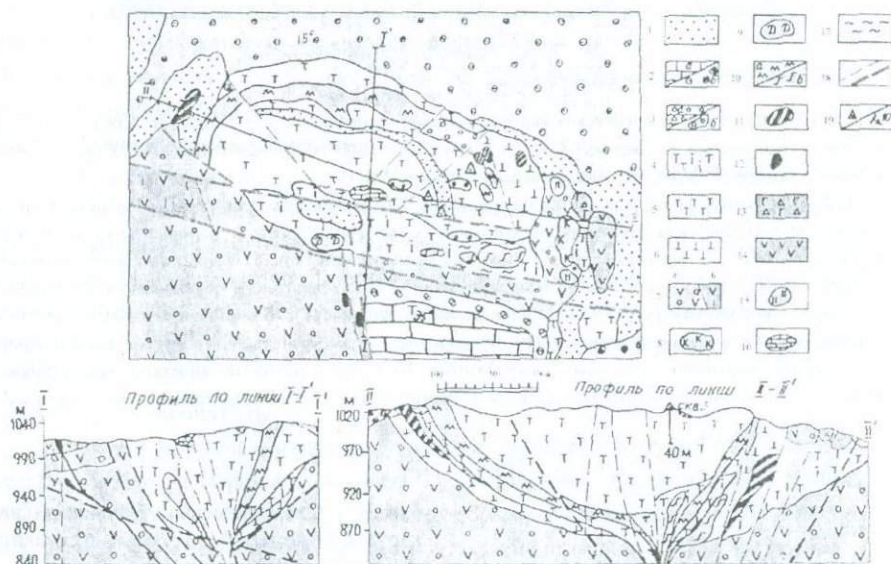


Рис.1. Геологическая карта диатремы "Ерах". Составили М. А.Сатиан, А. В. Вардания.

1. Пески. Голоцен. 2. а — известняки. Верхний сенон, б — конгломераты, песчаники, прослой известняков. Верхний косяк — нижний сантон. 3. Линзы эпикластических туфов, туфопесчаников: а — слоистые, б — массивные. 4. Туфы щелочно-лампрофировые, высокотитанистые. 5. Туфы щелочно-лампрофировые, умеренно-титанистые. 6. Туфы щелочно-базальтовые. 7. Формации: а — карбонатно-вулканогенная (келловой-берриас), б — кремнисто-вулканогенная (валанжин-баррем). 8. Крупные блоки севитов (карбонатитов). 9. Штоки диабазов. 10. Дайки и штоки: а — камптонитов и кампто-мончикитов, б — мончикитов (шток). 11. Силлы и штоки фонотефритов. 12. Протрузии серпентинитов. 13-16. Краевые крупные ксенолиты: 13. Габбро-брекчии, 14. Базальты, шаровидные. Келловой-берриас. 15. Силициты, 16. Микро-мелкозернистые известняки. 17. Гидротермально измененные породы. 18. Разломы: а — крупные, б — мелкие. 19. а — местоположение структурных скважин, б — элементы залегания пород.



Рис.2. Схематическая геологическая карта участка развития диатрем “Верхняя” и “Средняя” в басс. р.Манкук (Хосровский заповедник). Составил М.А.Сатпан, 2004г., с дополнениями Л.Г. Саакян., 2007г. Стрелка указывает на новый выход – диатрему “Манкук-А”.

1. Туфы и брекчии липаритов. Поздний кайнозой. 2. Граувакковая формация. Ранний сенон. 3. Кремнисто-вулканогенная формация офиолитовой серии. Ранний мел. 4. Карбонатно-вулканогенная формация. Поздний келловей-берриас. 5. Крупные линзы известняков (а) и силицитов в вулканогенно-осадочных формациях мезозоя. 6. Шаровые лавы пикродолеритов в карбонатно-вулканогенной формации. Оксфорд-кимеридж. 7. а – дайки и штоки габбро-диабазов, б – дайки щелочных базальтов. 8. Диатремы щелочно-лампрофировых туфов, Ф – экзоконтактовые фениты. 9. а – офиолитовые габбро, б – протрузии серпентинизированных ультрабазитов. 10. Субвулканические андезиты (конец раннего мела) 11. а – разломы, б – элементы залегания. I. Диатрема “Верхняя”. II. Диатремы группы “Средняя”.

long. - 44° 57' 50"

lat. - 39° 58' 49"

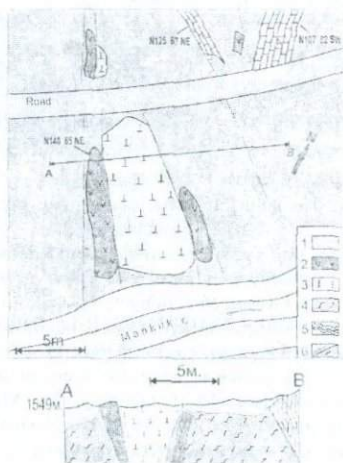


Рис.3. Схематическая геологическая карта диатремы “Манкук-А”. Составила Л.Г.Саакян, 2007г.

1. Четвертичные наносы. 2. Дайки щелочных базальтов (диабазов). 3. Туфы щелочных лампрофиров. 4. Карбонатно-вулканогенная формация. 5. Известняки тонкослоистые, мелкозернистые. 6. Разломы и элементы залегания.

Во второй части обсуждена литологическая характеристика туфов диатрем. Выделяются туфы щелочных лампрофиров и туф-карбонатиты, туфы щелочных базальтов, эпикластические туфы. Rb/Sr изотопный возраст туфов, кристаллов и стекла определяется в широком интервале — от 173 до 102 млн. лет (Гукасяна и др., 2005).

Туфы щелочных лампрофиров

Массивные, охристо-зеленого, участками голубовато-зеленого цвета, состоят на 60-70% из обломков вулканического стекла алевро-псаммитовой, изредка гравелитовой размерностей (стекло содержит многочисленные глобулы). Кристаллокластика (клинопироксены, амфиболы, биотит и др.) составляет до 4-5%. Карбонат кальция слагает порово-контактный, изредка базальный цемент туфов, участками глобулярной структуры, в той или иной мере затушеванной перекристаллизацией. Увеличение магматогенного (глобулярного) карбоната отмечено в туфах диатрем Манкукской антиклинали — диатрем группы “Хосров”. Ксенолиты в туфах коровые и реже мантийные. Туфы включают секущие дайки: камитонитов, мончикитов (диатрема “Ерах”) и щелочных базальтов, пикробазальтов (диатремы группы “Хосров”).

Туфы щелочных базальтов

Реликты начальных эксплозий слагают периферию диатрем. Порода темно-серая, почти черного цвета, состав гологиалиновый, структура — алевро-псаммитовая. Основная масса — палагонит-хлоритизированное стекло без глобулей, ксенолиты не характерны. Новообразования по стеклу сходны с группой хлорит-серпентина? Состав минералов тяжелой фракции (выход до 2-2,5%) в диатреме «Ерах» керсутитовый (до 90%). Туфы диатремы “Ерах” прорываются силами фонотефритов.

Туф-карбонатиты

Выявлены вдоль южного эндоконтакта диатремы “Верхняя” и в западных выходах туфов диатремы “Средняя”. Отличаются высокой, до 50-60% карбонатностью и включениями в цементе обрывков стекла полосчатой текстуры типа фьямме. Со вмещающими туфами контакты не отчетливые. Под микроскопом в обрывках стекла отмечаются мельчайшие обособления меллнита, магнизиальные хлориты (судя по результатам иммерсионного изучения). В карбонатном цементе, кристаллическом с реликтами глобулярной структуры, обнаружено высокое содержание редких земель, Sr, Ni. Щелочность и глиноземистость весьма низкие.

Эпикластические туфы

Слагают три уровня в обнаженном интервале разреза трубки “Ерах”, характеризуют перерывы эксплозий и перемяв тефры. Отличаются слоистостью, хотя и не отчетливой, и местами более высоким содержанием карбонатного кристаллического цемента. Выход тяжелых минералов сравнительно высок, как результат перемява.

Глава 3. МИНЕРАЛОГИЯ ЩЕЛОЧНО-ЛАМПРОФИРОВЫХ ТУФОВ

Пробы весом до 0,5кг., после соответствующей обработки в 5% соляной кислоте и промывки в воде делились на гранулометрические фракции с последующим делением фракции 0,25-0,1мм по удельному весу на тяжелую и легкую фракции. Наряду с этим, изучалась минералогия тяжелой фракции крупных (50-100кг.) тридцати валовых проб туфов, обработанных шлихованием в фирме "Сакарлит" (учредитель С.А. Каплаян).

Таблица 2

Среднее содержание минералов тяжелой фракции щелочно-лампрофировых туфов диаметром "Ерах" и группы "Хосров"

Минералы	Диатрема "Ерах"				Диатремы группы "Хосров"					
	Северный сектор		Южный сектор		"Средняя"		"Верхняя"		"Восточная"	
	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
<i>Клинопироксены</i>										
Тi-салит, Тi-фассаит	79,8	14,7	12,8	7,6	6,2	7,1	4,0	4,4	15,8	12,6
Диопсид	2,6	2,3	7,9	7,4	1,8	2,9	0	0	3,3	3,6
Сг-диопсид	0,1	0,2	0,5	-	0	0	0	0	0	0
Авгит и омфашит	0,6	1,1	7,1	5,3	0,4	0,4	0,5	0,4	2,7	3,9
Ортопироксены	0,4	0,7	0,8	0,9	0,5	1,4	0,3	0,3	1,0	1,6
<i>Амфиболы</i>										
Роговая обманка обыкновенная	0,05	0,2	0,6	0,9	0,1	0,3	0,2	0,2	0,1	0,3
Базальтическая роговая обманка	0,1	0,2	0,04	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3
Керсит	0,6	1,0	8,5	7,3	0	0	0	0	0	0
Биотит	0,05	0,2	0,2	0,3	0,1	0,3	0	0	0,3	0,1
Апатит	0,05	0,2	0,8	1,3	1,1	1,6	0,2	0,2	0,3	0,5
Оксиды и гидроокислы Fe	1,6	2,2	15,0	21,7	61,1	31,1	25,1	32,0	38,5	26,1
Магнетит	10,6	9,1	6,9	4,9	4,6	5,6	27,5	19,9	13,9	11,6
Хромшпинелиды	0,1	0,3	4,4	4,5	0,6	1,0	1,0	1,3	0,3	0,6
Корунд	0	0	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	0,7
Гранат	0,1	0,2	0	0	0,05	0,1	0,5	1,2	0,1	0,2
Циркон	0,05	0,2	0,2	0,3	0,5	0,9	0,4	0,7	0,3	0,5
Выход тяжелой фракции	2,0	1,4	0,9	1,1	0,7	1,0	1,2	1,9	1,0	1,5

По данным изучения под микроскопом тяжелой фракции (0,25-0,1мм) в иммерсии. \bar{X} – среднее содержание, σ – стандартное отклонение.

Вулканическое стекло

Главной составной частью туфов является пузыристое вулканическое стекло, чаще зеленовато-буроватое хлоритизированное, от 25 до 100% легкой фракции. Форма обломков стекла более или менее изометричная, со сглаженными углами. Размерность обломков колеблется от алевроитовой до крупнопсаммитовой, а в диатремах группы "Хосров" – даже до псаммо-гравийной.

Исследования микронзондом состава вулканического стекла показали, что сравнительно с туфами трубки "Ерах" в трубках группы "Хосров" преобладают более

К-щелочные разности (в мелких глобулях), с повышенными содержаниями Ni, Cr и Ti. В мелких глобулях отмечены концентрации Mg, K, иногда Ti, а также железа, бария и фосфора, указывающие на обогащение остаточного магматического расплава рудными компонентами (Маракушев, 1977).

Кальцит

Карбонатный состав цемента свойственен туфам ранних эксплозий диатремы "Ерах" (южный сектор) и большинству туфов группы "Хосров". Цемент контактово-порового, редко базального типа в виде округлых сферокристаллов Mg-кальцита радиально-лучистого строения. Реликты глобулярной и сферической структур магматогенного карбоната удастся наблюдать в ряде шлифов. Кроме магматогенного кальцита в туфах видны прожилки крупно-среднезернистого бесцветного кальцита, секущего наряду с прожилками анальцима и цеолитов, основную массу породы. Микросондом в составе кальцита глобулей и сфер выявляется примесь (в вес %) MgO - 0.55, SiO₂ - 1.62, K₂O - 0.1, TiO₂ - 0.07, MnO - 0.74, FeO - 0.74. Отмечены повышенные содержания PЗЭ, Y, Sr. Обломки табачно-желтого кальцита за счет дезинтеграции ксенолитов кальциокарбоната нередки в туфах южного сектора диатремы "Ерах". В кальците ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr = 0,70625 ± 0,00020.

Клинопироксены

Наиболее распространены моноклинные пироксены - Ti-фассаит, Ti-салит, содержание которых колеблется от 52 до почти 90%. В небольшом количестве, но постоянно, присутствует диопсид - от 1-до5%, отмечаются Cr- диопсид, омфацит.

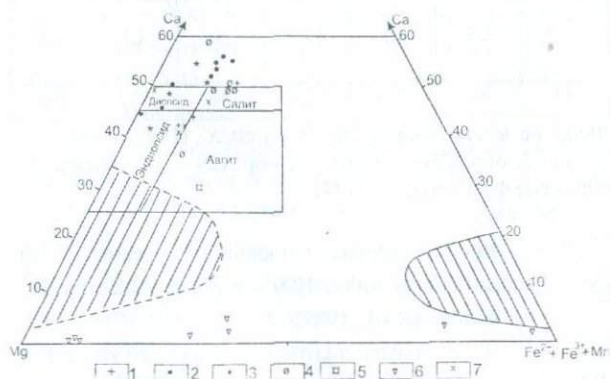


Рис.4. Составы клинопироксенов щелочных лампрофиров на диаграмме Ca - Mg - (Fe²⁺+Fe³⁺+Mn.) в атомных количествах.

1-4,6,7. Клинопироксены. 1. Туфы диатремы "Ерах". 2. Туфы диатрем группы "Хосров". 3. Автилиты севита (ксенолит) из диатремы "Ерах". 4. Дайки кампанита и мончикита диатремы "Ерах". 5. Ромбические пироксены туфов диатремы "Ерах".

6. Клиноэнстатиты из туфов диатремы "Восточная" группы "Хосров". 7. Клинопироксены из эруптивной брекчия Лачинского антиклинория (Акимов, Геншафт, 1990).

Микросондовым анализатором обнаружены высокомагнезиальные клинопироксены, слабо окрашенные в светло-желтые тона, обладающие малым, до 20° углом погасания, относящиеся к клиноэнстатиту: (вес. %) SiO₂ - 49,84 (50.01), TiO₂ - 0.06 (0.15), Al₂O₃ - 0.87 (0.56), FeO - 6.59 (7.75), CaO - 0.43 (0.41), MgO - 41.52

(40,26), MnO – 0,24 (0,62), Na₂O – 0,00 (0,00), K₂O – 0,32 (0,16), Cr₂O₃ – 0,13 (0,02). В скобках – результат анализа второго кристалла.

Таблица 2

Химические составы клинопироксенов из туфов щелочных лампрофиров

Оксиды	Срх из туфов диатремы "Ерах"				Срх из туфов диатрем группы "Хосров"					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	42,03	46,72	47,74	53,25	46,98	42,37	51,86	43,36	43,73	47,22
TiO ₂	4,76	0,90	0,91	0,08	1,83	2,57	0	1,9	2,77	2,39
Al ₂ O ₃	11,38	10,13	8,33	3,93	7,26	8,75	2,99	8,63	10,18	7,37
FeO	7,38	9,63	8,97	2,53	5,41	5,87	2,32	5,6	7,12	6,00
MnO	0,00	0,05	-	-	0,26	0,08	0	0,44	0	0
MgO	10,61	12,63	14,23	19,2	12,14	12,46	16,36	13,39	10,41	10,97
CaO	21,24	16,98	18,42	20,28	24,61	25,17	24,48	25,15	24,53	24,79
Na ₂ O	2,47	2,80	1,4	-	0,54	1,44	0,35	1,18	0,34	0,29
K ₂ O	0,13	0,16	0	-	0,19	0,38	0,08	0,02	0,16	0
Cr ₂ O ₃	-	-	-	0,73	0,78	0,91	1,56	0,33	0,76	0,97
Сумма	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	3,7	4,6	5,7	13,5	6,5	4,8	17,3	5	4,3	6,4
mg	71,5	79,8	83,3	93	80	79,1	92,6	81	72,2	76,5

Примечание: Анализы выполнены на микроанализаторе "Camebax" (ИЭМ РАН).
1. обр. N139-1 – титанистый салит. 2. обр. N29a – авгит. 3. обр. N29 – эндиопсид. 4. диопсид ксенолита. 5-10 – титанистые фассаиты, шлик N1.

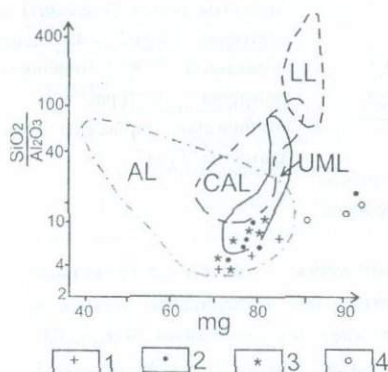


Рис.5. Составы клинопироксенов на диаграмме SiO₂/Al₂O₃ – mg (мас. %), (атомн. колич.) (Rock, 1987).

1. Из туфов диатремы "Ерах". 2. Из туфов диатрем "Хосров". 3. Из даек диатремы "Ерах". 4. Из автолитов севитов (ксенолитов) диатремы "Ерах". AL – поле щелочных лампрофиров, CAL – известково-щелочные лампрофиры, UML – ультрамафические лампрофиры, LL – лампропиты (Rock, 1987).

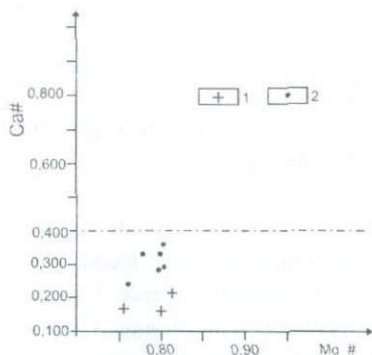


Рис.6. Соотношение Ca# и Mg# в клинопироксенах туфов щелочных лампрофиров диатрем «Ерах» и группы «Хосров».

Пунктиром разделены области различных давлений: ниже — 8-30 кбар, выше — 5 кбар и менее (Нестеренко, 1993).

1. Сrx из туфов диатремы «Ерах». 2. Сrx из туфов диатрем группы «Хосров».

В качестве индикатора глубинности кристаллизации расплава (Нестеренко и др., 1993) используются $Ca\# = CaOx100/Al_2O_3$ и $Mg\# = 100 \times Mg / (Mg + Fe^2)$ в клинопироксенах, значение которых в туфах щелочных лампрофиров диатремы «Ерах» соответствует 167-221, группы «Хосров» — 287-365, что указывает на более высокое давление в магматической камере к моменту кристаллизации клинопироксена в диатреме «Ерах», связанное, по-видимому, с большей толщиной коры.

Ортопироксены

Ортопироксены не постоянный компонент минерального состава туфов диатрем. Микронзондовым анализом выявлен гиперстен состава: $SiO_2 - 53,96$ (в мас. %), $TiO_2 - 0,22$, $Al_2O_3 - 0,50$, $FeO - 22,19$, $MnO - 0,61$, $MgO - 21,12$, $CaO - 1,40$, $Na_2O - 0,00$, $K_2O - 0,00$. Минерал содержит включения идиоморфного апатита размером 0,1мм, а также титаномагнетита: $FeO - 84,33$, $TiO_2 - 10,04$, $Al_2O_3 - 2,30$, $MgO - 1,78$, $MnO - 0,80$, $Cr_2O_3 - 0,16$, $SiO_2 - 0,54$, Na_2O и $K_2O - 0,00$.

Амфиболы

Керсутит наиболее развит в щелочно-базальтовых туфах диатремы «Ерах», состав следующий (в %-ах): $Na_2O - 3,45$, $MgO - 13,61$, $Al_2O_3 - 15,02$, $SiO_2 - 40,63$, $K_2O - 1,49$, $CaO - 11,57$, $TiO_2 - 5,24$, $FeO - 8,88$, $MnO - 0,11$; по составу сходен с амфиболами щелочных лампрофиров (Rock, 1987). Содержание обыкновенной и базальтической роговых обманок (определения в иммерсии) низкое, наибольшее количество отмечено в туфах диатремы «Верхняя», в диатреме «Восточная» не обнаружены.

Биотит

В щелочно-лампрофировых туфах отмечены единичные кристаллы биотита. По цвету слюды весьма изменчивы: от бледноокрашенных до темно-бурых. Микронзондовым анализом выявлен следующий состав (в мас. %) $SiO_2 - 45,99(55,58)$, $Al_2O_3 - 15,63(16,59)$, $TiO_2 - 1,07(0,09)$, $FeO - 9,37(9,74)$, $MgO - 12,85(7,98)$, $MnO - 0,50(0,02)$, $CaO - 3,69(0,008)$, $Na_2O - 0,18(1,56)$, $K_2O - 10,72(8,42)$. В скобках состав биотита из туфов диатремы «Ерах». Флогопит не обнаружен.

Магнетит

Наибольшее количество магнетита отмечается в туфах поздних эрупций диатремы “Ерах” и в туфах диатрем “Верхняя” и “Восточная” группы “Хосров”. По результатам бурения кернов поисковых скважин по количеству магнитной фракции каких-либо закономерностей распределения по разрезу не выявлено.

Полевые шпаты

Полевые шпаты представлены призматическими и таблитчатыми зернами розовато-буроватого цвета, преимущественно полуразложившимися. Калишпаты представлены идиоморфными лейстами и мелкими вкраплениями в стекле. Изредка определяется идиоморфный альбит. Кристаллы калишпатов – ортоклаза и редко аноклаза в матрице стекла обнаруживают химическое сходство с составом стекла, вдоль края кристалла.

Акцессорные минералы

Хромшпинелиды

В туфах щелочных лампрофиров хромшпинелиды составляют от 0,1 до 4,4% тяжелой фракции. Наиболее высокие его содержания, до 44,4%, отмечены в туфах щелочных лампрофиров ранней стадии эксплозии (южный сектор диатремы “Ерах”), где они ассоциируют с хромдиопсидом, корундом, апатитом. В туфах диатрем группы “Хосров” средние содержания хромшпинелидов в тяжелой фракции не превышают 1%, однако составы хромшпинелидов более хромистые и магнезиальные. На дискриминационных диаграммах (рис. 7.8) отличаются от хромшпинелидов сецитов – ксенолитов в диатремах и от ультрамафитов офиолитовой серии Севано-Акеринской зоны.

Таблица 3
Составы хромшпинелидов из щелочно-лампрофировых туфов

№ обр.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	0,16	0,25	0,20	0,14	0,00	0,11	0,04	0,06	0,15	1,35	-	0,72
TiO ₂	1,38	0,66	0,32	0,65	0,41	1,17	0,60	1,02	2,05	0,40	0,10	0,08
Al ₂ O ₃	20,60	29,65	29,78	26,76	26,69	33,70	33,96	33,7	26,34	33,49	44,05	49,73
FeO	38,42	18,08	17,71	15,88	15,38	25,3	24,5	25,97	29,94	16,55	12,60	10,01
MnO	0,02	0,60	0,00	0,20	0,51	0,25	0,30	0,26	0,28	-	-	-
CaO	0,00	0,18	0,18	0,05	0,15	0,00	0,00	0,01	0,01	0,53	0,12	0,08
MgO	9,50	13,62	14,43	13,03	12,75	13,20	12,9	12,98	12,26	15,26	20,03	20,57
Na ₂ O	2,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,11	0,00	0,11	0,26	0,90	-
K ₂ O	0,00	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,91	-	-
Cr ₂ O ₃	27,16	36,96	37,17	43,29	44,11	26,1	27,4	25,8	28,7	31,25	22,20	18,81
NiO	-	-	-	-	-	0,16	0,19	0,20	0,16	-	-	-
Сумма	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Примечание: анализы выполнены микрозондом “Camebax” в лаборатории Музея истории природы, Вена. 1-5. Хромшпинелиды из туфов диатремы группы “Хосров”, 6-9. Хромшпинелиды из туфов диатремы “Ерах”, 10-12 Хромшпинелиды из автолитов севиита диатремы “Ерах”.

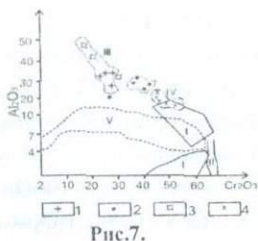


Рис.7.

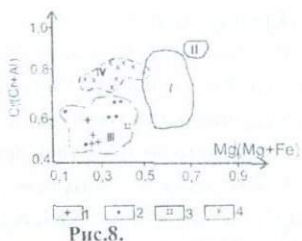


Рис.8.

Рис.7. Диаграмма $Cr_2O_3-Al_2O_3$ хромшпинелидов в туфах диатремы “Ерах” и группы “Хосров”.

1. Туфы диатрем группы “Хосров”. 2. Туфы диатремы “Ерах”. 3. Автолит (ксенолит) севида в диатреме “Ерах”. 4. Ультрамафиты офиолитовой серии Армении (Геворкян, 2003).

Поля точек шпинелидов. I – лампроитов Австралии (Джейкс и др., 1989), II – включений в алмазах, III – диатрем лампрофиров Вединой офиолитовой зоны, IV – ультрамафитов офиолитовой серии Армении (Геворкян, 2003). V – щелочно-ультраосновных пород Камчатки (Селивестров и др., 1994).

Рис.8. Составы хромшпинелидов на диаграмме $Cr/(Cr+Al) \rightarrow Mg/(Mg+Fe)$.

Обозначения как и на рис. 7. Поля составов хромшпинелидов: I – лампроитов Австралии (Джейкс и др., 1989). II – включения в алмазах. III – лампроитоподобные породы Камчатки (Селивестров и др., 1994).

Ильменит

Один из редких минералов. Состав ильменита (в %-ах): $MgO - 3,69$, $TiO_2 - 39,79$, $MnO - 1,1$, $FeO - 52,13$, повышенное количество MnO (1,24%) одного из проанализированных зерен трубки “Ерах” соответствуют ильменитам щелочных лампрофиров (Rock, 1987).

Рубин, сапфир, лейкосапфир

Повышенное содержание минералов группы корунда выявлено в туфах диатремы “Восточная” группы “Хосров”. Рубин диагностирован микронзондом, рентгеновским микроанализатором, а также по оптическим свойствам. Преимущественно это обломки кристаллов, размером до 0,2-0,5мм, обрывки кристаллов; иногда агрегаты мелких кристаллов красного цвета с лиловым оттенком. В составе рубина из окрашивающих глинозем ($Al_2O_3=98,38\%$) примесей определены (микронзондовым анализом) $Cr_2O_3 - 0,56\%$, $TiO_2 - 0,23\%$, и $FeO - 0,41\%$, также $CaO - 0,04\%$ и $Na_2O - 0,37\%$, вероятно, относящиеся к включениям. Для сапфиров характерны зеленоватые оттенки, чаще встречаются желтые железистые сапфиры. Лейкосапфиры встречаются почти во всех диатремах; размеры их могут достигать 0,7 и даже 0,8 мм, это также обрывки кристаллов.

Муассанит

В туфах щелочных лампрофиров встречаются обломки голубых зерен муассанита размером 0,1-0,3мм. Сканирующим электронным микроскопом выявлен состав (SiC) и оскольчатая форма кристаллов.

Гранат

В тяжелой фракции туфов обнаруживаются единичные пентагон-додекаэдрические зерна граната размером 0,2-0,3 мм, реже до 1-2 мм. Гранат бесцветный, либо светло-желтый, с высоким показателем преломления и сильным блеском. По химическому составу принадлежит группе андрадита.

Гранат из туфов диатремы "Восточная" имеет состав (в %-ax): $\text{Na}_2\text{O} - 0$, $\text{MgO} - 2,61$, $\text{Al}_2\text{O}_3 - 20,29$, $\text{SiO}_2 - 36,84$, $\text{K}_2\text{O} - 0,03$, $\text{CaO} - 2,97$, $\text{TiO}_2 - 0,06$, $\text{Cr}_2\text{O}_3 - 0$, $\text{MnO} - 1,47$, $\text{FeO} - 35,72$. В зерне выявлены включения кварца, рутила. Гранат более глиноземистый (и железистый), с заметно низким содержанием кальция, по составу близок к альмандину. Рентген микроанализом также выявлены гранаты бесцветные, в которых высоки содержания MgO (12-16%) (рис. 9).

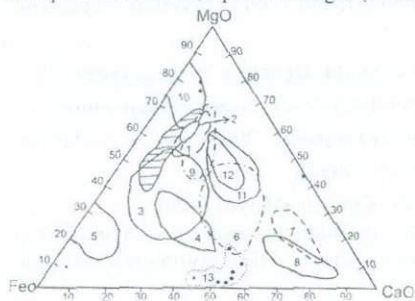


Рис.9. Диаграмма MgO-FeO-CaO для гранатов из эклогитов, перидотитов и кимберлитов, по (Dawson & Stephens, 1975).

1,2 – поле кимберлитовых гранатов.
3,4,5,6,8 – поле эклогитовых гранатов.
7,9,10,11,12 – поле перидотитовых гранатов.

13 – поле гранатов из туфов щелочных лампрофиров.

Гранаты туфов щелочных лампрофиров (крупные точки) занимают обособленное поле на диаграмме, за исключением магнезиальных гранатов из туфов щелочных лампрофиров диатремы "Восточная", которые попадают в поле перидотитовых гранатов. Из серпентинитокластов микрозондированием граната определены (в %-ax): $\text{Na}_2\text{O} - 0$, $\text{MgO} - 1,76$, $\text{Al}_2\text{O}_3 - 2,13$, $\text{SiO}_2 - 31,61$, $\text{K}_2\text{O} - 0,23$, $\text{CaO} - 35,57$, $\text{TiO}_2 - 0,41$, $\text{Cr}_2\text{O}_3 - 0,35$, $\text{MnO} - 0$, $\text{FeO} - 25,81$.

Кварц

В легкой фракции туфов иммерсионным методом определяются редкие, до 0,15-0,2мм., зерна с отчетливо выраженной бипирамидой, сходные с горным хрусталем по прозрачности и блеску. Встречаются мелкие включения рудных минералов. Микрозондовым анализом в кварце выявлены примеси: (мас. %) $\text{TiO}_2 - 0,18$, $\text{MnO} - 1,16$, $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,69$, $\text{MgO} - 0,15$. В туфах диатремы "Средняя" (группы "Хосров") были выделены обломки желтоватого кварца.

Вторичные преобразования туфов

Минеральные новообразования туфов диатрем: хлорит, монтмориллонит, смектит, цеолиты, палагонит, карбонат и альбит отвечают уровню начального эпигенеза, отчасти с переходом в зону глубинного эпигенеза с наложением гидротермальных изменений (цеолит, анальцит).

Глава 4. ПЕТРОХИМИЯ И ГЕОХИМИЯ ЩЕЛОЧНО-ЛАМПРОФИРОВЫХ ТУФОВ

По петролого-петрохимическим признакам (рис. 10-12) преобладающими в диатремах являются туфы щелочных лампрофиров, в значительно меньшем количестве выявлены туфы щелочных базальтов. Туфы щелочных лампрофиров характеризуются низким содержанием кремнезема, низкой глиноземистостью, хотя и слабо повышенной для клана щелочных лампрофиров (Rock, 1987) обогащенностью щелочами (при варьирующих отношениях K/Na), магнием, титаном, фосфором, летучими компонентами, в том числе и CO_2 .

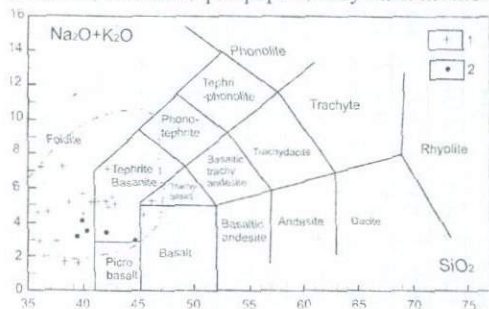


Рис.10. Представительные составы щелочно-лампрофировых туфов диатремы "Ерах" и группы "Хосров" на диаграмме TAS ($\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$). Оконтурированное пунктиром поле - щелочных лампрофиров (Rock, 1987).

1. Туфы щелочных лампрофиров диатремы "Ерах". 2. Туфы щелочных лампрофиров диатрем группы "Хосров".

По содержанию породообразующих химических элементов составы туфов диатрем в подавляющем большинстве размещены в поле щелочных лампрофиров диаграмм (рис.11.12). Очевидно отличие петрохимии туфов щелочных лампрофиров диатрем "Ерах" и группы "Хосров" (особенно диатрем "Восточная" и "Верхняя"). В туфах диатремы "Ерах" соотношения калия и натрия примерно равны, они более глиноземистые, в южном секторе диатремы – более титанистые, составы вулканического стекла менее магниезильные. Содержание CaO в туфах щелочных лампрофиров колеблется в широких пределах, что обусловлено главным образом количеством карбоната. Смещение в смежную область ультраафических лампрофиров связано с повышением содержания прожилков карбоната, соответственно снижается содержание SiO_2 . Соотношение с магматогенным карбонатом определяется весьма условно и видимо его больше в туфах диатрем группы "Хосров" ("Восточной" и "Верхней"). Содержание SiO_2 варьирует в пределах от 26 до 46%, MgO – до 11%, сумма щелочей – от 2 до 8% в диатреме "Ерах" и до 6% в диатремах группы "Хосров". Устойчивое преобладание Na_2O над K_2O характерно для туфов северного сектора диатремы "Ерах". В туфах щелочных базальтов отмечается устойчиво высокое содержание Al_2O_3 , в диатреме "Ерах", в некоторых образцах до 18%—23%, отмечается преобладание K_2O над Na_2O . Высокая титанистость ($\text{TiO}_2 > 2.5\%$) туфов щелочных лампрофиров связана с концентрацией титана главным образом в глобулах витрокластике. Среди пород выполнения диатремы наибольшие объемы имеют умеренно-титанистые туфы щелочно-лампрофирового состава.

Представительные химические составы туфов диатрем

Оксиды	Туфы диатрем группы "Хосров"													
	«Ерах»				«Верхняя»				«Средняя»			«Восточная»		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
SiO ₂	32,69	37,05	40,71	45,41	23,04	23,00	17,42	45,74	25,75	23,0	33,76	39,82	32,42	37,01
TiO ₂	2,55	2,92	2,58	1,54	1,77	0,16	1,08	1,15	1,61	1,15	1,79	0,75	3,70	0,11
Al ₂ O ₃	12,35	15,43	14,32	21,27	8,25	16,0	7,52	18,26	10,79	14,4	9,71	16,10	12,99	14,90
Fe ₂ O ₃	4,79	6,11	7,70	5,09	7,88	4,30	7,20	5,83	6,81	3,2	9,55	5,37	6,16	6,17
FeO	3,9	2,55	4,48	2,29	1,96	2,30	1,12	5,06	2,58	2,0	3,16	4,03	2,24	3,73
MnO	0,24	0,14	0,13	0,1	-	0,25	-	0,224	0,49	0,14	0,17	0,11	0,24	-
CaO	15,48	9,87	7,07	4,41	25,34	21,00	35,07	6,74	19,91	24,0	11,56	7,04	12,67	13,40
MgO	6,9	7,81	10,00	2,80	5,72	7,0	5,07	8,30	9,17	6,1	8,08	8,00	8,61	6,80
Na ₂ O	3,16	1,40	3,20	1,50	0,63	1,3	0,63	2,30	0,20	0,3	0,75	1,00	0,55	1,00
K ₂ O	1,69	1,50	1,50	2,80	0,69	1,4	0,69	0,30	1,80	0,75	3,00	2,90	1,80	1,90
P ₂ O ₅	0,75	0,46	0,34	0,70	0,13	0,23	0,13	0,17	0,69	0,11	0,69	0,38	0,52	0,47
CO ₂	7,90	8,30	5,10	-	20,59	9,06	20,59	5,12	14,43	9,95	11,28	14,37	10,00	14,40
H ₂ O	1,95	3,68	1,60	7,89	4,81	3,20	4,81	0,12	2,67	2,7	5,40	0,08	4,80	-
иш	5,90	2,60	2,28	4,76	-	11,60	-	0,69	4,17	13,0	1,07	0,05	4,39	0,44
Сумма	100,25	100,33	100,51	100,57	100,75	100,80	100,75	100,00	100,35	100,80	100,55	100,00	100,09	100,33

Премечание: №№ 1-3,5,7-11,13,14 – туфы щелочно-лампрофировые, №№ 4,12 – туф щелочно-базальтовый, №6 – туф-карбонатит. №8 – туф щелочного лампрофира, диатрема "Манкук-А".

Данные силикатного химического анализа, лаборатория ИГН НАН РА, Аналитик Назаретян А.

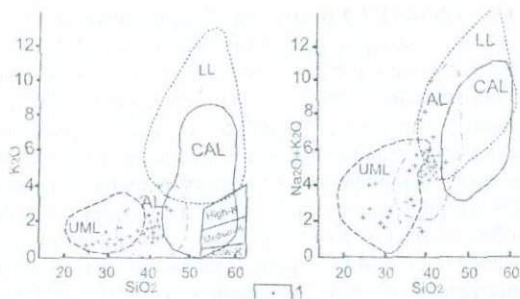


Рис.11. Дискриминационная диаграмма K_2O-SiO_2 и $K_2O+Na_2O-SiO_2$ для пород клана лампрофиров из диатремы "Ерах". 1. Составы туфов щелочных лампрофиров диатремы "Ерах". Поля составов пород (Рокк,1987): UML – ультрамафические лампрофиров, CAL – известково-щелочные лампрофиров, AL – щелочные лампрофиров, LL – лампрониты.

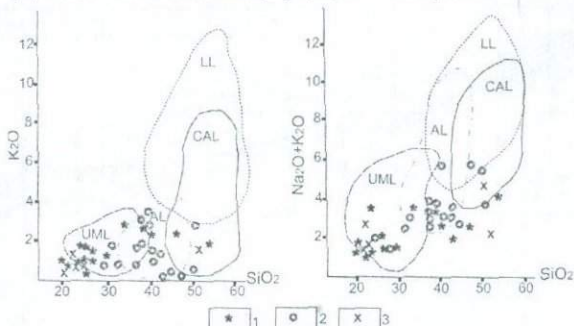


Рис.12. Дискриминационная диаграмма K_2O-SiO_2 , $K_2O+Na_2O-SiO_2$ для туфов из диатрем группы "Хосров". 1. Диатрема "Средняя". 2. Диатрема "Восточная". 3. Диатрема "Верхняя". UML – ультрамафические лампрофиров, CAL – известково-щелочные лампрофиров, AL – щелочные лампрофиров, LL – лампрониты.

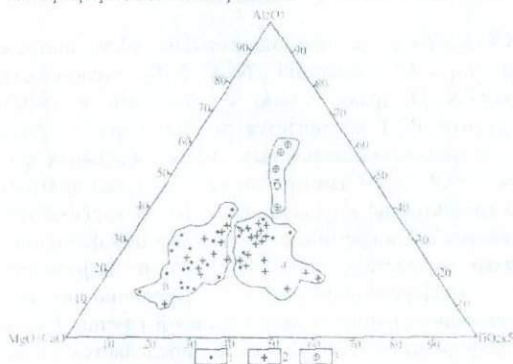


Рис. 13. Составы туфов щелочных лампрофиров, щелочных базальтов на диаграмме $MgO+CaO \rightarrow Al_2O_3 \rightarrow TiO_2 \times 5$

1. Туфы щелочных лампрофиров диатрем группы "Хосров". 2. Туфы щелочных лампрофиров диатремы "Ерах". 3. Туфы щелочных базальтов диатремы "Ерах".

Обозначены поля: а) высокотитанистых ($>2.5\% TiO_2$) щелочно-лампрофировых туфов и б) высокоглиноземистых щелочно-базальтовых, в) преобладающих умеренно-титанистых и низкоглиноземистых туфов диатрем "Ерах" и группы "Хосров".

Геохимия туфов (РЗЭ и другие микроэлементы)

Туфы щелочных лампрофиров заметно обогащены РЗЭ, особенно цериевой группой. Вариации содержаний РЗЭ в туфах разных стадий эксплозии и разных диаметров все же значительны. Вероятны контаминация магматического расплава веществом (породами и др.) зоны аплифта, включая верхнемантийный, а также изначальная обогащенность родоначальной магмы редкими землями. Геохимический спектр туфов щелочных лампрофиров, а также суммарное содержание РЗЭ диаметры "Ерах" -80,76 до 224,44ppm сравнительно с таковым диаметры группы "Хосров"-155,35-244,22ppm тоже обнаруживают различия (рис. 14), в туфах щелочных базальтов концентрация РЗЭ достигает до 449,36 ppm. Содержание легких РЗЭ в туфах щелочно-лампрофировых диаметров превышают значения в хондритах в 100, тяжелых- в 10-15 раз (рис. 14).

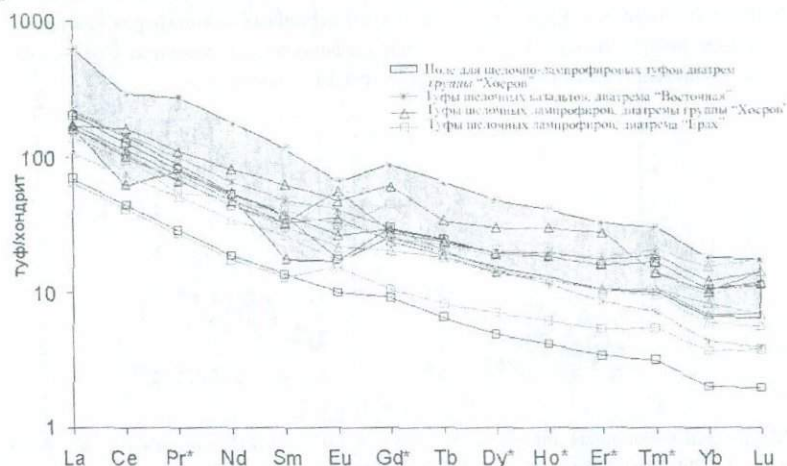


Рис.14. Распределение содержаний РЗЭ (ppm) в туфах диаметров "Ерах" и группы "Хосров", нормированное к хондриту по (Anders&Grevesse, 1989).

Степень обогащенности легкими РЗЭ (La/Yb и др.) наибольшая для туфов диаметров группы "Хосров"; при относительно низкой суммарной ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) щелочности заметно возрастает соотношение $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ сравнительно с таковыми в туфах диаметры "Ерах". Геохимический спектр РЗЭ различается и для туфов разных секторов крупной диаметры "Ерах". В щелочно-базальтовых туфах начальных фаз эксплозии La/Yb отношения достигают 57,4-73,5. Отметим также, что туфы диаметров более обогащены легкими РЗЭ, чем базальтонды вмещающих толщ. В карбонатно-вулканогенной формации La/Yb составляет 8,3, в кремнисто-вулканогенной формации офиолитовой серии -1,6-2,5 и резко возрастает (до 54,3-71,4) в эффузивно-вулканокластической формации (дифференцированной щелочно-базальт-трахиандезитовой серии). Обращает внимание концентрация цериевой группы РЗЭ в вулканическом стекле щелочно-лампрофировых туфов. В стекле определяется также повышенное, относительно валовых в туфе, содержание Nb, Sm и Eu. Сравнение со средними значениями РЗЭ щелочных лампрофиров разных провинций (при значительных стандартных отклонениях для легких РЗЭ (Rock, 1987)), все же обнаруживается сходство с туфами щелочных лампрофиров диаметров басс. р. Веди.

Состав малых химических элементов, Na, K, Ca, Fe(%) туфов диатрем Веди

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Обр. ppm	06-11	06-13	06-14	06-15	06-17	06-18	06-22	94-224	43x	30x	БЕ-138	К-2/1
La	38,1	51,4	38,7	16,6	41,6	52,9	112,0	25,3	32,8	38,2	48,0	15,2
Ce	62,9	88,0	65,0	27,6	69,7	90,2	171,5	44,7	60,	67,8	78,6	25,2
Pr*	6,06	7,96	6,14	2,59	6,7	8,92	17,5	4,67	6,25	6,98	7,38	2,45
Nd	20,6	25,3	20,4	8,72	22,2	30,7	60,2	16,1	22,9	23,7	24,8	8,02
Sm	4,73	5,45	4,45	1,97	4,78	6,99	13,8	3,85	5,4	5,22	5,27	1,87
Eu	1,96	1,46	1,19	0,55	3,11	2,23	2,65	0,93	1,79	0,93	0,97	0,85
Gd*	4,8	5,9	4,71	1,82	5,53	5,99	12,5	4,97	5,25	5,12	5,99	5,21
Tb	0,66	0,86	0,64	0,23	0,84	0,73	1,64	0,78	0,69	0,7	0,87	0,29
Dy*	3,5	4,77	3,47	1,21	4,88	3,65	8,02	4,63	3,7	3,8	4,78	1,73
Ho*	0,69	1,02	0,69	0,23	1,08	0,64	1,53	1,09	0,69	0,72	1,03	0,34
Er*	1,74	2,63	1,72	0,55	2,81	1,4	3,6	3,0	1,68	1,74	2,62	0,87
Tm*	0,23	0,37	0,23	0,069	0,42	0,17	0,45	0,46	0,21	0,22	0,37	0,12
Y	32	42	30	10	75	20	42	75	13	20	42	18
Yb	1,13	1,77	1,04	0,33	2,03	0,72	1,95	2,59	0,99	1,1	1,76	0,61
Lu	0,17	0,29	0,17	0,048	0,35	0,095	0,28	0,44	0,14	0,16	0,28	0,093
Na%	0,91	1,31	0,72	0,33	0,94	0,99	2,17	0,41	0,029	0,1	1,22	0,12
K%	0,55	0,32	1,08	0,12	0,24	0,26	0,07	3,63	1,11	0,67	2,5	2,67
Rb	21,8	-	92,7	13,6	-	90,0	-	66,6	-	9,63	-	149,8
Cs	-	0,94	2,23	1,36	5,18	2,21	1,74	0,84	2,05	1,58	1,13	8,9
Ca%	10,5	10,9	8,9	2,85	9,49	6,11	10,1	1,15	12,4	9,2	6,12	3,18
Sr	2005	115	1580	300	-	830	680	530	1140	305	640	690
Ba	485	95	190	180	320	285	330	575	1625	215	380	1105
Sc	17,6	14,1	17,3	7,09	19,8	22,4	19,8	25,6	13,1	16,6	17,8	24,7
Cr	94,0	91,8	131,2	56,1	133,1	169,0	140,9	170,1	106,5	118,6	105,7	163,1
Fe%	4,96	3,88	4,68	2,0	5,62	6,38	5,19	8,49	5,5	4,83	5,84	6,86
Co	83,9	29,7	35,5	27,3	35,9	38,6	34,1	37,4	36,3	49,9	30,8	17,0
Ni	250	-	490	100	-	-	1,040	640	-	1,670	870	2,080

Zn	-	-	-	40	60	-	90	50	50	-	-	-
Sc	7.6	6.14	7.08	7.83	2.89	4.76	5.71	13.1	4.59	4.83	7.15	0.45
As	2.3	1.68	0.97	0.5	1.53	5.7	5.96	6.95	3.59	5.38	2.9	5.25
Sb	0.45	0.78	0.66	0.52	3.09	2.09	1.87	2.29	0.68	1.74	0.51	0.39
Th	4.12	3.78	6.1	2.01	6.1	6.67	6.11	9.99	3.07	6.37	6.62	4.89
U	4.97	44.4	23.8	8.88	3.7	1.47	17.7	16.3	8.42	2.16	9.66	2.93
Br	0.032	0.059	-	0.058	0.039	0.032	0.03	0.024	0.013	0.01	0.043	0.032
Hf	2.75	2.49	4.13	2.79	3.42	3.88	0.55	0.2	3.32	4.31	5.7	6.76
Ta	0.26	0.51	0.27	0.74	0.46	2.63	-	2.05	2.0	0.51	0.29	0.67
Zr	70	30	70	23	30	24	70	85	82	19	15	85
La/Ce	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.59	0.65	0.56	0.55	0.56	0.61	0.6
La/Yb	33.71	29.04	37.21	50.3	20.49	73.47	57.43	9.77	33.13	34.7	27.27	24.91
La/Sm	8.05	9.4	8.7	8.4	8.07	7.57	8.11	6.6	6.07	7.32	9.1	8.13
Str/Ba	4.13	1.21	8.31	1.6	-	2.91	2.06	0.92	0.7	1.41	1.68	0.62

Примечание: * - данные, полученные экстраполяцией.

В таблице приведены данные нейтронно-активационных анализов, выполненных в Центральной лаборатории анализа вещества ГЕОХИ РАН, зав. лаб. Колесов Г.М.

1-5.8. Туфы щелочных лампрофиров, диатрема "Восточная". 6.7. Щелочно-базальтовые туфы, северо-восточная часть диатремы "Восточная". 9. Щелочно-лампрофировый туф, диатрема "Верхняя". 10. Щелочно-лампрофировый туф, диатрема "Средняя". 11.12. Щелочно-лампрофировый туф, диатрема "Ерах".

Таблица 6

Содержания редкоземельных элементов в щелочно лампрофировых туфах и дайках диатремы "Ерах"

элементы	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Tm	Yb	Lu	La/Ce	La/Yb
Е-4/15	36,0	62,00	23,00	5,90	1,70	0,80	0,30	1,60	0,30	1,48	12,5
Е-4/15(н)	40,0	100,0	38,00	9,00	2,60	1,20	0,31	1,70	0,35	1,02	13,07
Д-1	75,00	122,00	37,00	7,60	1,85	0,40	3,40	0,53	1,57	12,25	141,5
Б-17	110,0	170,00	55,0	12,00	3,50	0,60	3,30	0,47	1,65	18,53	234
AL (\bar{X})	83±51	151±110	64±35	20±14	5±2,5	1,8±0,8	0,2±0,2	2,3±0,9	0,4±0,1	0,55	36

1 – обр.К-4/15, туф гологидриновый; 2 – обр.К-4/15, то же, стекло в туфе (Сатиан и др., 2005). Дачный комплекс: 3 – обр. Д-1, кольцевая дайка мончикита, СВ фланг диатремы; 4 – обр. Б-17, дайка камитонита, там же (Сатиан и др., 2005). 5. AL (\bar{X})-средние содержания для щелочных лампрофиров (Rock, 1987).

В туфах диатрем "Ерах" и особенно в группе "Хосров" содержания Sr чаще (~70%) преобладают над Ba ($Sr/Ba > 1$). Средние значения Sr и Ba щелочных лампрофиров других регионов примерно равны (1089 ± 505 и 1064 ± 571). Высокие концентрации Sr в туфах диатрем были подтверждены и масс-спектрометрией ($750-763 \text{ ppm}$), в дайках камптонитов и мончикитов они достигают $2888-2995 \text{ ppm}$: предполагается коровая контаминация стронцием. Содержания Zr в туфах щелочных лампрофиров Ведийской зоны явно уступают средним значениям щелочных лампрофиров ряда провинций (Rock, 1987), а содержание U в них превышает таковое в лампроитах (рис. 15).

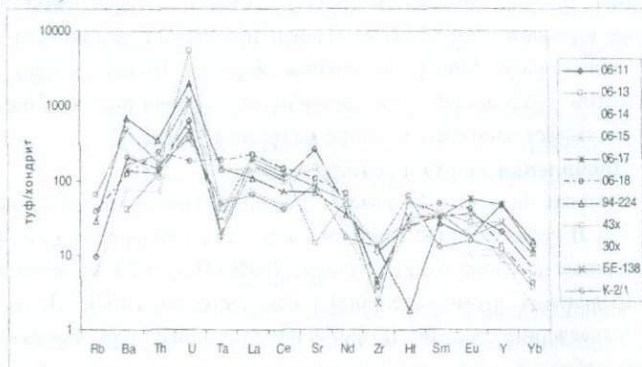


Рис.15. Распределение содержаний РЗЭ и других малых химических элементов в щелочно-лампрофировых туфах диатремы "Ерах", и диатрем группы "Хосров", нормированное к хондриту по (Anders & Grevesse, 1989).

Примечание: №06-11, 06-14, 06-15, 06-17, 94-224 - туфы щелочных лампрофиров, диатрема "Восточная", №06-18- туф щелочного базальта, диатрема "Восточная", №43х- туф щелочного лампрофира, диатрема "Верхняя", №30х- туф щелочного лампрофира, диатрема "Средняя", №БЕ-138, №К-2/1- туфы щелочных лампрофиров, южная часть диатремы "Ерах".

Туфы щелочных лампрофиров характеризуются высокими содержаниями элементов группы железа – Cr($91.8-170 \text{ ppm}$), Ni(100 до 870 ppm), Co($17.0-83.9 \text{ ppm}$), индикаторное отношение Ni/Co варьирует значительно (0.1 до 17.1 ppm). Туфы диатрем группы "Хосров" более обогащены хромом и никелем, а диатремы "Ерах" – кобальтом, стронцием и цирконием.

Приведенные результаты изучения геохимии гологалиновых туфов подтверждают их наибольшее сходства с породами щелочно-лампрофировой ветви клана лампрофиров.

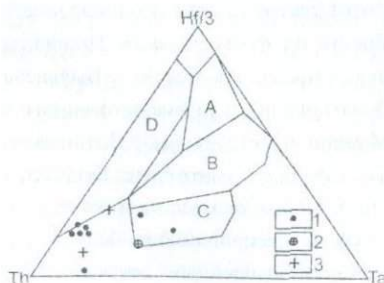


Рис.16. Дискриминационная диаграмма Th-Hf/3-Ta базальтов различных геодинамических обстановок (Wood, 1980).

Оконтурены поля: А-нормальный тип базальтов срединноокеанических хребтов; В-обогащенный тип базальтов срединно-океанических хребтов; С-щелочные внутриплитные базальты; D-базальты островных дуг.

1. Туфы щелочных лампрофиров, диатремы группы "Хосров". 2. Туф щелочного базальта, диатрема "Восточная". 3. Туф щелочного лампрофира, диатрема "Ерах".

На диаграмме Th-Nb/Ta щелочно-лампрофировые туфы занимают обособленное место вне полей СОХ, островных дуг, малая часть из них попадает в поле внутриплитовых базальтов (рис.16).

Полезные ископаемые

Рубиноносность

Рубиноносность туфов выражена мелкими (до 0,5-0,7 мм.) осколками кристаллов рубина, в ряде проб суммарно они составляют до 5-7 карат на тонну. Скольчатая форма кристаллов свидетельствует о дроблении более крупных кристаллов взрывами при подъеме магмы, поэтому не исключены находки целых, крупных кристаллов. Минералы группы корунда (рубин и др.) ассоциируют с барофильными муассанитом, хромдиопсидом, хромшпинелью. Поиски ювелирных кристаллов следует направить в диатремы группы "Хосров".

Проявления золота и серебра

Высокие значения Au известны лишь в известково-щелочных лампрофирах (Rock, 1991). В туфах и дайках диатрем басс. р. Веди обнаружено самородное золото и серебро (данные шлихового опробования, ЦНИГРИ, апробация зерен на микрозонде, а также определения атомно-адсорбционным методом ИГН). По предварительным данным содержание золота представляют интерес для постановки оценочно-поисковых работ.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Главная масса туфов диатрем по петролого-геохимическим признакам принадлежит гологиалиновой (витрокластической) разности щелочно-лампрофировой ветви клана лампрофиров. Подчиненное значение имеют туфы щелочно-базальтовые, представляющие продукты наиболее ранней эксплозивной активности диатрем.

Гологиалиновый состав туфов свидетельствует о быстром подъеме расплавов с мантийного уровня к поверхности, сопровождаемом взрывами и дроблением, включая и крупные интрателлурические минералы (группы корунда и др). В перерывы эксплозивной активности диатрем тефра в мелководной обстановке обогащалась тяжелыми минералами, в диатремах более глубоководной части рифта перемыв тефры проявлен слабее.

Дополнительными данными детализируются секториальная неоднородность вещественного выполнения диатрем, стадийность их формирования. Продукты эксплозий каждой стадии контаминируются предшествующей. Выявлена неравномерность распределения в диатремах карбонатного цемента (магматогенного в том числе), Mg-кальцита с реликтами глобулярной структуры. Литокласты (кеснолиты) в туфах преимущественно коровые, изредка и мантийные. Выделены минералы родственные интрателлурические и минералы-кеснокристы (включая и барофильные). Для щелочно-лампрофировых туфов предполагается мантийное происхождение исходных магматических расплавов, насыщенных летучими. По

сумме минералого-геохимических признаков глубина генерации магмы лампрофировых туфов большая, чем туфов щелочных базальтов и соответствует уровню шиннелевых перидотитов – результат обогащения расплава флюидами при активизации зоны глубинного разлома, контролирующего диатремы.

Эксплозивная активность диатрем – это кратковременные эпизоды на фоне длительного эффузивного вулканизма и седиментации карбонатно-вулканогенной формации.

Эрозия диатрем многократна: современным срезом отмечено не более 1/3 первоначального их объема, наиболее интенсивное разрушение произошло на орогенном этапе (P_3-Q).

Подтверждены и уточнены потенциальная корундоносность диатрем, перспективность их в отношении самородного золота и серебра, уточнены минералогический и химический составы туфов, как сырья для цветного стекла и керамики.

Անփոփում

Ըստ պետրո- միներալոգիական և երկրաքիմիական առանձնահատկությունների դիատրեմաների հիմնական նյութը պատկանում է լամպրոֆիրների խմբի ալկալալամպրոֆիրային ճյուղի, հազվադեպ հանդիպող հոլոհիալային տարատեսակին: Դիատրեմաների ձևավորման առաջին փուլին բնորոշ են ալկալա-բազալտային տուֆերը, հետագա փուլերին՝ բարձր և չափավոր բարձր տիտանային կազմի ալկալա-լամպրոֆիրային տուֆերը: “Երախ” դիատրեմայում փուլայնությունը հաստատվում է էպիկլաստիկ տուֆերի երեք հորիզոնների առկայությամբ՝ բնորոշ տեֆրայի լվացման արդյունք հանդիսացող ծանր միներալիզացիայով:

Տուֆերի հոլոհիալային կազմը մանթիական մակարդակից դեպի մակերես հալոցքի արագ բարձրացման արդյունք է, ուղեկցված պայթմամբ և կոտրատմամբ այդ թվում նաև ինտրատելուրիկ միներալների (կորունդի խումբ և այլն): Ամեն փուլի ժայթքման նյութը կանտամիենացիայի է ենթարկվել նախորդով: Բացահայտված են դիատրեմայում կարբոնատային ցեմենտի անհամասեռ բաշխվածությունը (այդ թվում նաև մազմատոզեն): Լիթոկլաստերը (քսենոլիթներ) տուֆերում հիմնականում կեղևային են, հազվադեպ մանթիական: Անջատված են համանման ինտրատելուրիկ միներալներ և միներալ-քսենոկրիստներ (ներառյալ բարոֆիլ): Ալկալալամպրոֆիրային տուֆերի համար ենթադրվում է մանթիական ծագումը, ելքային մազմատիկ լուծույթով հարստացված ֆլուիդներով: Տիտանի բարձր պարունակությունը ալկալալամպրոֆիրային տուֆերում ($TiO_2 > 2,5\%$) կապված է հիմնականում վիտրոկլաստիկայի զլոբուլներում տիտանի կոնցենտրացիայով: Ըստ միներալաերկրաքիմիական չափանիշների մագմայի զեմերացիայի խորությունը ալկալալամպրոֆիրային տուֆերի համար ավելին է քան ալկալբազալտային տուֆերի համար և համապատասխանում է չափնել-պերիդոտիտային մակարդակին:

Դիատրեմաներում տուֆերի զարգացման գեոֆորմոլոգիան ընդգրկում է վերին յուրա ստորին-ուշ կավձի ժամանակահատվածը, բայց նրա ձևավորումը

կարճաժամկետ էպիզոդներ են, կարբոնատա-հրաբխային ֆորմացիայի երկարատև էֆֆուզիվ հրաբխականության և նստվածքակուտակման ֆոնի վրա:

Էռոզիան բազմափուլ է եղել, սակայն հիմնականում օռոգենեզի փուլում (P₃-Q), ծովի նահանջի հետ կապված: Ժամանակակից կտրվածքում գնահատվում է դիատրեմայի նյութի մոտ 1/3-ի հողմնահարում:

Տուֆերի երկրորդային փոխակերպումները վերաբերվում են ցածր ջերմաստիճանային պայմաններին բնորոշ ցեոլիտիզացիայով կատազենեզի փուլին:

Հաստատված և ճշտված են դիատրեմաների պոտենցիալ կորունդաբերությունը, նրանց հեռանկարային լինելը կապված բնածին ոսկու և արծաթի հետ, ինչպես նաև, որպես հույժ գունավոր ապակու և կերամիկայի ստացման համար:

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. Сатян М.А., Степанян Ж.О., Саакян Л.Г., Мнацаканян А.Х., Гукасян Р.Г. Лампрофировые трубки взрыва мезозоя Ведийской зоны (Армения). (Отв. ред. Р.Т. Джрбашян). Изд. “Наири”, Ереван 2005, 148с.
2. Сатян М.А., Таян Р.Н., Арутюнян М.А., Саакян Л.Г. ”О структуре диатрем щелочных лампрофиров мезозоя басс.р. Веди (Ведийская офиолитовая зона, Армения)”. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 2005, т. LVIII №2, стр. 3-8.
3. Саакян Л.Г. “О вторичных преобразованиях щелочно-лампрофировых туфов диатрем мезозоя Ведийской офиолитовой зоны (Армения)”. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 2005, т. LVIII №3, стр.13-16.
4. Сатян М.А., Степанян Ж.О., Саакян Л.Г. Щелочно-лампрофировые трубки взрыва мезозоя Ведийской офиолитовой зоны Закавказья: тектонический аспект.- XXXIX Тектоническое совещание. Области активного тектогенеза в современной и древней истории Земли, стеновый доклад ГИН РАН, 2006г., стр.112-114.
5. Степанян Ж. О., Мнацаканян А. Х., Саакян Л.Г. “ О строении и структурном положении диатрем (трубок взрыва) Вдийской офиолитовой зоны (Армения)”. XII Чтения памяти А.Н. Заварицкого. Междунар. науч. конф. “Офиолиты: геология, петрология, металлогения и геодинамика”. Мат. Сов. Екатеринбург, 30 мая –2 июня 2006г., стр.246-248.
6. Сатян М.А., Гукасян Р.Х., Мнацаканян А.Х., Степанян Ж.О., Саакян Л.Г. “К-Аг и Rb-Sr изотопно-геохимические исследования лампрофировых диатрем мезозоя Ведийской зоны (Армения).” Науч. конф. “Изотопное датирование процессов рудообразования, магматизма, осадконакопления и метаморфизма” ИГЕМ РАН, 5-8 ноября 2006г стр. 228-232.
7. Саакян Л.Г., Сатян М.А., Степанян Ж.О. К геохимии щелочно-лампрофировых туфов трубок взрыва мезозоя Ведийской зоны (Армения). Изв. НАН РА, Науки о Земле, т. LXV №2, 2007г., стр.28-35.

