

ОБЛОМКИ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД В ВЫБРОСАХ ГРЯЗЕВЫХ ВУЛКАНОВ ТАМАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА: ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ПАЛЕОГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ (Краснодарский край, Северный Кавказ)

В.М. Газеев¹, А.Г. Гурбанов², И.А. Кондрашов³, О.А. Гурбанова⁴

Аннотация. В выбросах грязевых вулканов Таманского полуострова обнаружены обломки предположительно раннемезозойских магматических пород. Их изучение имеет большое значение для уточнения истории геологического развития Западного Кавказа и определения геодинамических процессов, проявившихся здесь в этот период времени. Приведены результаты RFA INNA и ICP-MS анализов следующих магматических пород: гранит-порфиров, фельзит-порфиров, диабазов. Дано краткое петрографическое описание пород, рассмотрены их геохимические особенности. Сделано предположение о новом, не выделявшемся ранее вулканическом районе, расположенном в 150–200 км к западу от Туапсинской поперечной структуры и Гойтхского вулканического района. Проявившийся здесь вулканизм развивался в надсубдукционных условиях на молодой, утоненной, эпипалеозойской Скифской плите.

Ключевые слова: Таманский полуостров; грязевые вулканы; петрография; гранит-порфиры; геохимия; диагностические диаграммы; геодинамические реконструкции.

КРАТКАЯ ГЕОЛОГИЯ ТАМАНО-КЕРЧЕНСКОЙ ЗОНЫ

Тамано-Керченская зона (ТКЗ), объединяющая складчатые сооружения Керченского и Таманского полуостровов и прилегающих шельфов Черного и Азовского морей, является наиболее глубокой частью Индоло-Кубанского краевого прогиба. Она граничит с зонами переклиналичного погружения Большого Кавказа и Горного Крыма (рис. 1). В структурном отношении ТКЗ представляет собой область длительного прогибания (погружения) с четкой геоморфологической особенностью от смежных структур. Со всех сторон ТКЗ ограничена разрывными нарушениями. Предполагается, что в триасовый и юрский периоды, когда формировались троговые бассейны Горного Крыма и Кавказа [3] на месте ТКЗ располагался выступ эпигерцинской Скифской плиты (СП) [2]. В его пределах формировался чехол из карбонатных и терригенно-карбонатных мезозойско-кайнозойских пород. Вследствие сложной истории развития смежных структур и интенсивных тектонических движений, связанных с орогенезом Кавказа этот выступ СП приобретает сложное блоковое строение. Считается, что основание ТКЗ разбито параллельными разломами на узкие блоки. Вдоль разломов глубинного заложения образовались складки в верхнем не-

оген-антропогеновом комплексе. Начиная с сарматского времени регион характеризуется широким проявлением грязевого вулканизма [5; 10].

МАГМАТИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ И МЕТОДЫ ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ

В 2007–10 годах при изучении экологических аспектов, связанных с эпизодической активностью грязевых вулканов Таманского полуострова, сотрудниками лаборатории петрографии ИГЕМ РАН и ВНЦ РАН были обнаружены обломки магматических пород в выбросах вулканов «Шуго» и «Плевака». Их координаты: с. ш. 45° 04' 13.9"; в. д. 37° 36' 43" и с. ш. 45° 00' 20.3"; в. д. 37° 43' 30.3", соответственно. Из собранных образцов изготовлено 29 шлифов и проведено их петрографическое изучение. В 2015 году в лаборатории анализа минерального вещества ИГЕМ РАН проведены определения концентраций петрогенных и микроэлементов рентгено-флуоресцентным анализом (XRF), редких и редкоземельных элементов методом спектроскопии с индукционно-связанной плазмой с масс-спектрометрическим окончанием (ICP-MS) на масс-спектрометре X-Series II. Концентрации рудных элементов определялись методом инструментального нейтронно-активационного анализа (INNA) в группе ядерно-физических ме-

¹ Газеев Виктор Магалимович – к. г.-м. н., с. н. с. ВНЦ РАН, г. Владикавказ, Россия; н. с. ИГЕМ РАН, г. Москва.

² Гурбанов Анатолий Георгиевич – к. г.-м. н., вед. н. с. ИГЕМ РАН, г. Москва, ВНЦ РАН г. Владикавказ, Россия.

³ Кондрашов Игорь Андреевич – н. с. ИГЕМ РАН, г. Москва.

⁴ Гурбанова Ольга Александровна – к. х. н., ассистент кафедры кристаллографии и кристаллохимии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

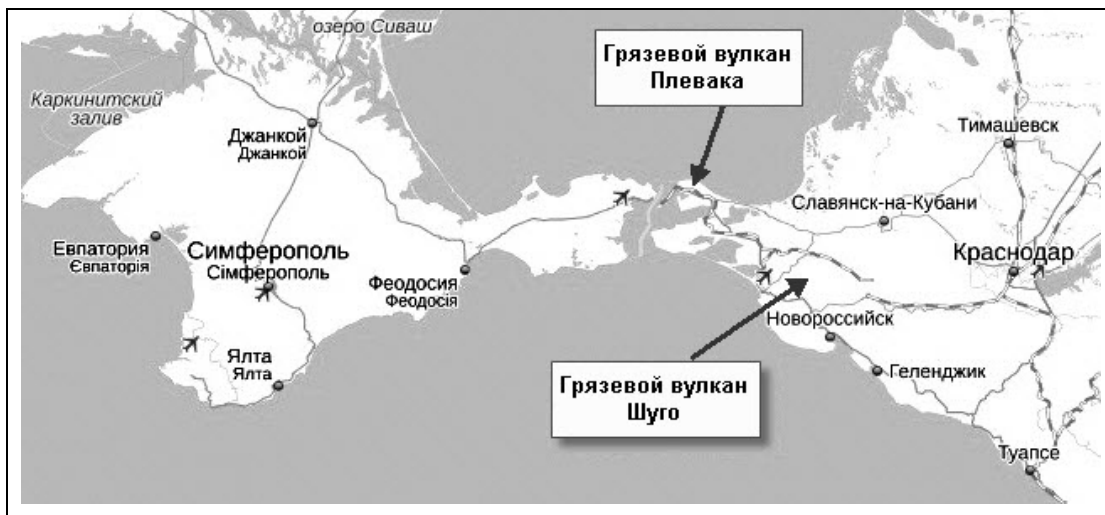


Рис. 1. Местоположение+ грязевых вулканов (по координатам GPS)

тодов лаборатории радиогеологии и радиогеоэкологии ИГЕМ РАН. Используемые методики и условия анализов описаны в [4]. На основе результатов анализов построены классификационные, петрогенетические диаграммы и графики, которые использовались для расшифровки геодинамической обстановки, существовавшей при формировании изучаемых вулканических образований. Полевые и лабораторные исследования проводились при финансовой поддержке темы НИР № 1 ВНЦ РАН и базовой темы ИГЕМ РАН (2008–2013 гг.) «Раннеальпийский магматизм южного обрамления Восточно-Европейской платформы».

КРАТКАЯ ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗУЧАЕМЫХ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД

Среди изученных обломков магматических пород выявлено несколько петрографических разновидностей – гранит-порфиры, фельзит-порфиры, гранодиорит-порфиры, плагиофельзит-порфиры и диабазы (рис.3) [9].

Гранит-порфиры и фельзит-порфиры обнаружены в выбросах грязевых вулканов «Шуго» и «Плевака». Структура породы порфировая и гломеропорфировая, основная масса – аллотриаморфнозернистая и фельзитовая. Вкрапленники представлены кварцем, плагиоклазом и биотитом. Кварц присутствует в виде субизометричных выделений разме-

ром до 2–4 мм. Иногда его зерна обрастают полевошпатовой каемкой или содержат включения рудного минерала, выполняющего микротрещинки в кварце. Плагиоклаз (андезин) наблюдается в виде широко-таблитчатых зональных кристаллов, размером до 0.7×1.5 мм, и их сростков размером до 3–4 мм. Зерна плагиоклаза в разной

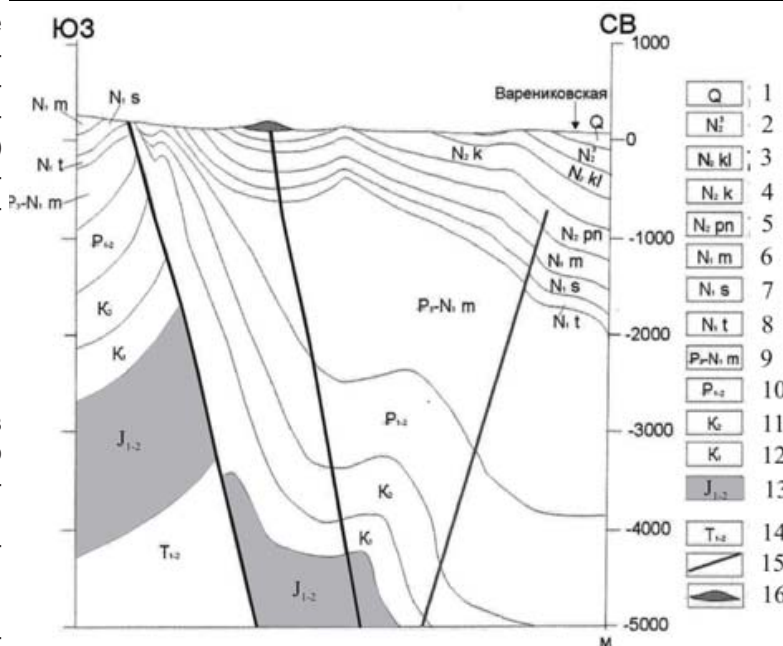


Рис. 2. Разрез через вулкан «Шуго» [5]

Условные обозначения: 1 – четвертичные отложения, конгломераты, пески; 2 – верхний плиоцен, пески, галечники; (3–8) кувальницкий, киммерийский, понтический, меотический ярусы, сарматский, тортонский ярусы, глины с прослоями известняков; мергелей, алевролитов; 9 – майкопская толща, битуминозные глины; 10 – палеоцен-эоцен, глины, мергели; 11 – верхний мел, мергели, известняки; 12 – нижний мел, песчаники, алевролиты; 13 – нижняя, средняя юра, алевролиты, песчаники, известняки, кварцевые порфиры; 14 – нижний средний триас, рифогенные известняки; 15 – разрывные нарушения; 16 – отложения грязевого вулкана «Шуго»

Таблица 1

**Результаты рентгено-флюоресцентного анализа обломков
магматических пород из выбросов грязевого вулкана «Шуго»**
(оксиды в весовых %; элементы в г/т)

Оксиды элементы	Номер образца								
	133- 1/08	133- 2/08	133- 3/08	133- 5/08	145-1/09	145-2/09	145- 3/09	145- 5/09	155/10
SiO ₂	75.55	67.54	68.32	63.14	66.01	69.17	76.00	63.81	70.56
TiO ₂	0.24	0.55	0.09	0.55	0.59	0.55	0.11	0.59	0.50
Al ₂ O ₃	12.56	15.07	12.67	14.54	16.10	14.49	10.84	13.89	13.30
Fe ₂ O ₃	1.44	1.80	0.81	2.52	2.10	2.07	0.72	1.51	1.66
MnO	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02
MgO	0.71	1.23	0.43	0.95	0.69	0.98	0.26	0.44	0.55
CaO	1.38	4.90	3.24	6.35	4.52	2.93	2.15	9.53	1.43
Na ₂ O	2.30	2.15	0.76	2.08	1.61	1.33	2.58	2.32	1.13
K ₂ O	4.76	4.72	9.43	4.87	6.70	7.31	5.08	5.00	7.85
P ₂ O ₅	0.06	0.17	0.03	0.28	0.18	0.08	0.02	0.11	0.06
S	0.02	0.03	0.02	0.14	0.07	0.17	0.05	0.09	0.21
ппп	н.о	н.о	н.о	н.о	н.о	н.о	н.о	н.о	2.21
Сумма	99.03	98.18	95.82	95.44	98.59	99.10	97.82	97.32	99.48
Cr	84	71	18	45	60	91	36	63	36
V	43	83	9	40	53	57	3	45	47
Co	7	9	3	9	7	9	6	3	7
Ni	15	10	5	23	14	13	1	5	8
Cu	5	5	5	5	12	11	1	52	10
Zn	14	23	13	24	21	31	17	39	18
Pb	18	25	14	25	23	17	18	23	18
Rb	97	145	188	164	190	143	148	121	132
Sr	129	306	86	1144	633	130	105	245	106
Ba	1145	522	413	779	614	517	469	429	540
Nb	10	16	12	16	11	8	2	9	11
Zr	148	200	112	213	202	164	94	179	167
Y	28	33	33	30	26	29	22	29	25

степени пелитизированы, часто содержат включение карбоната (in situ), по плагиоклазу развивается альбит и иногда эпидот. В некоторых образцах отмечены его серицитизированные псевдоморфозы. Редкие пластинки биотита, размером до 1 мм, часто замещены хлоритом. Основная масса полнокристаллическая, аллотриаморфнозернистая и гранофировая, иногда неравномернозернистая (размер зерен варьирует от 0.02 до 0.2 мм). Состоит из полевого шпата, кварца, карбоната и рудного минерала. Микрополости, наблюдаемые в основной массе, выполнены карбонатом и хлорит-монтмориллонитовым агрегатом.

Гранодиорит-порфиры и плагиофельзит-порфиры обнаружены в выбросах грязевого вулкана «Плевака». Структура пород порфировая. Вкрапленники представлены пелитизированным пла-

гиоклазом (андезин), погруженным в аллотриаморфнозернистую или фельзитовую основную массу, состоящую преимущественно из полевого шпата с примесью кварца, хлорита и рудного минерала.

Диабазы обнаружены в выбросах грязевого вулкана «Плевака». В них отмечены две структурные разновидности – порфировые и афировые. Первые обладают порфировой, гломеропорфировой структурой и состоят из вкрапленников плагиоклаза с размером зерен до 1.0 × 2.0 мм и их сростков, размером до 3,0–5.0 мм. Плагиоклаз пелитизирован, деанортизирован, содержит включения карбоната in situ, замещается альбитом. Основная масса спилитовая. Состоит она из разноориентированных лейст плагиоклаза, в промежутках между которыми развиваются хло-

Таблица 2

Результаты рентгено-флюоресцентного анализа обломков магматических пород из выбросов грязевого вулкана «Плевака»
(оксиды в весовых %; элементы в г /т)

Оксиды элементы	Номер образца									
	146- 1/09	146- 2/09	146- 3/09	146- 4/09	156/10	156- 1/10	156- 2/10	156- 3/10	156-4/10	156- 7/10
SiO ₂	77.98	77.96	46.05	69.62	69.41	69.41	65.27	79.10	74.31	73.73
TiO ₂	0.11	0.20	2.19	0.31	0.64	0.68	0.52	0.27	0.28	0.47
Al ₂ O ₃	12.40	14.42	18.66	14.12	13.35	13.70	14.70	11.11	14.15	12.92
Fe ₂ O ₃	1.47	0.58	15.13	2.22	4.15	4.02	3.34	2.28	2.63	4.69
MnO	0.01	0.06	0.15	0.24	0.04	0.04	0.17	0.02	0.08	0.05
MgO	1.48	0.19	8.87	1.36	3.73	3.50	1.52	1.90	2.55	1.37
CaO	0.39	2.08	2.07	6.75	0.39	0.39	4.98	0.53	1.81	1.97
Na ₂ O	5.62	3.74	3.40	3.77	2.76	2.70	3.59	4.17	2.73	4.00
K ₂ O	0.13	0.36	0.20	0.25	1.13	1.09	0.11	0.28	0.85	0.10
P ₂ O ₅	0.02	0.02	0.25	0.09	0.07	0.08	0.07	0.05	0.04	0.07
S	0.04	0.02	0.06	0.03	0.02	0.02	0.1	0.19	0.02	0.05
ппп	н.о	н.о	н.о	н.о	3.93	4.09	5.52	н.о	н.о	н.о
Сумма	99.65	99.63	97.03	98.76	99.62	99.72	99.89	99.90	99.45	99.42
Cr	32	44	245	43	53	48	38	31	20	28
V	29	23	248	24	92	100	68	20	42	45
Co	10	6	31	7	8	9	8	5	6	6
Ni	21	2	75	9	14	12	7	5	9	17
Cu	13	14	74	15	10	9	8	9	8	9
Zn	22	16	102	31	31	31	19	13	24	29
Pb	5	5	11	4	8	7	8	7	9	8
Rb	2	11	4	6	49	44	3	10	46	5
Sr	95	77	153	167	74	69	110	104	62	99
Ba	80	70	320	125	81	73	108	98	75	113
Nb	7	4	5	9	8	6	6	8	8	10
Zr	121	106	175	153	185	170	151	150	123	242
Y	33	13	23	23	23	26	19	20	16	20

рит, карбонат и присутствует рудный минерал. Вторые – равномерно зернистые с апоинтерсертальной и спилитовой структурами – состоят из плагиоклаза (альбит-олигоклаз), карбоната, хлорита и рудного минерала.

ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ, ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРОД

На классификационной диаграмме магматических пород (Na₂O + K₂O) – SiO₂ (рис. 4), построенной по результатам XRF (табл. 1, 2), фигуративные точки составов исследованных образцов сгруппированы в полях кислых (гранодиориты – граниты) и основных пород. По петрохимическим критериям среди изученных пород выделяются три разрозненные группы: 1 – кислые, нормально и умеренно щелочные; 2 – кислые и

до ультракислых, низко щелочные; 3 – основные, умеренно щелочные. Породы первой группы обнаружены в выбросах грязевого вулкана «Шуго», второй и третьей групп – в выбросах вулкана «Плевака». Ниже рассмотрим характеристики пород с привязкой к выделенным петрохимическим группам. **Породы первой группы** (табл. 1) являются низкотитанистыми, высококалийевыми (K₂O = 4.72–9.13; среднее 6.19 %), плюмазитовыми (пересыщенные глиноземом CaO + Na₂O + K₂O < Al₂O₃), реже известково-щелочными (CaO + Na₂O + K₂O > Al₂O₃ > Na₂O + K₂O), с калиево-натриевым и калиевым типами щелочности (Na₂O/K₂O = 0.5–0.08; среднее 0.29). **Породы второй группы** (табл. 2) относятся к низкотитанистым, низкокалийевым (K₂O = 0.1–1.13; среднее 0.47 %), плюмазитовым с калиево-натриевым и натриевым типами щелочности (Na₂O/K₂O = 1.5–43.0;

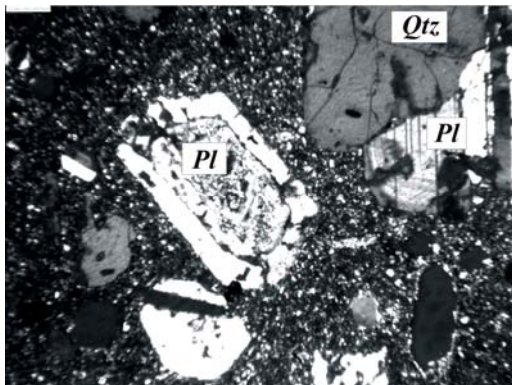


Рис. 3-1. Фельзит порфир. Диагональ снимка (Д) – 3 мм

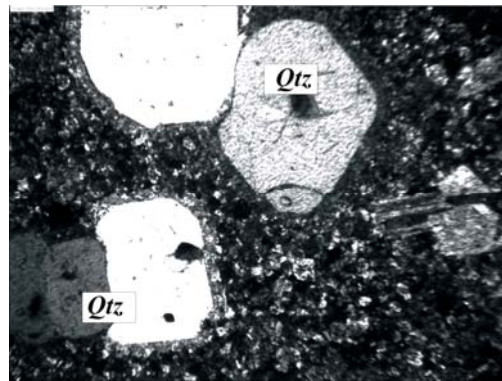


Рис. 3-2. Полевошпатовая каемка вокруг кварца в гранит порфирах. Д – 3 мм

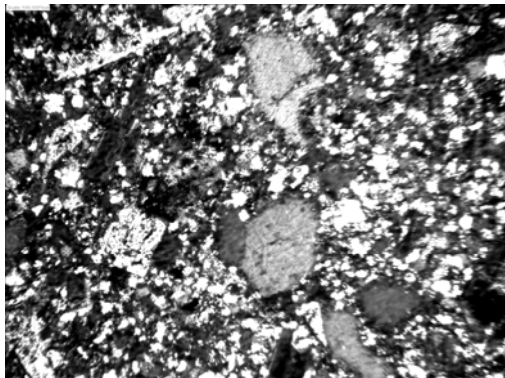


Рис. 3-3. Гранит порфир. Аллотриаморфнозернистая структура основной массы. Д – 3 мм

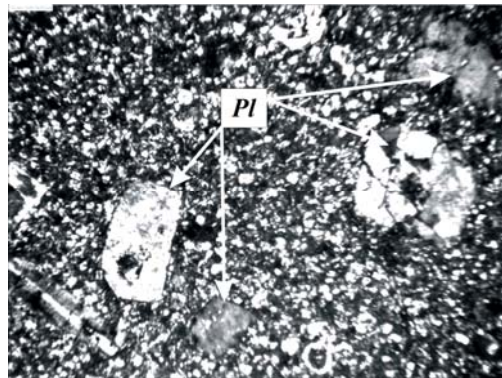


Рис. 3-4. Гранодиорит порфир. Д – 3 мм



Рис. 3-5. Диабаз. Структура порфировая, основная масса спиллитовая. Д – 3 мм

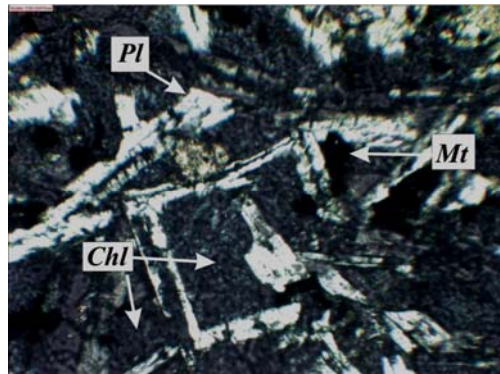


Рис. 3-6. Диабаз. Апоинтерсертальная структура

Рис. 3. Микрофотографии пород

среднее 7.8). **Породы третьей группы** (табл. 2, обр. 146-3/09) соответствуют низкокалиевым (K_2O 0.2 %), умеренно глиноземистым с натриевым типом щелочности ($Na_2O/K_2O = 17$). На вариационных диаграммах SiO_2 – петрогенные элементы (рис. 5) отмечается общая для первой и второй групп обратная корреляция содержания TiO_2 ; Al_2O_3 ; Fe_2O_3 ; CaO с количеством SiO_2 и отсутствие какой-либо корреляции Na_2O , K_2O с SiO_2 . Можно отметить, что породы первой и второй групп заметно отличаются по содержанию Na_2O , K_2O , MgO и Fe_2O_3 . На петрогенетических диаграммах (рис. 6) фигуративные точки со-

ставов изученных пород сгруппированы: в поле пород Андийского вулканического пояса ($TiO_2 - MgO$); на диаграмме, позволяющей различать адакитовые и прочие островодужные расплавы ($(La/Yb)_n - Yb_n$, $Sr/Y - Y$ – в поле островодужных магм; и в поле гранитов вулканических дуг – $Rb - (Y + Nb)$.

По геохимическим данным, полученным методом ICP-MS (табл. 3), построены мультиэлементные спектры и спектры распределения REE. На спайдер-диаграммах (рис. 7) при нормировании по хондриту [12] в кислых породах первой и второй групп отмечается существенное фрак-

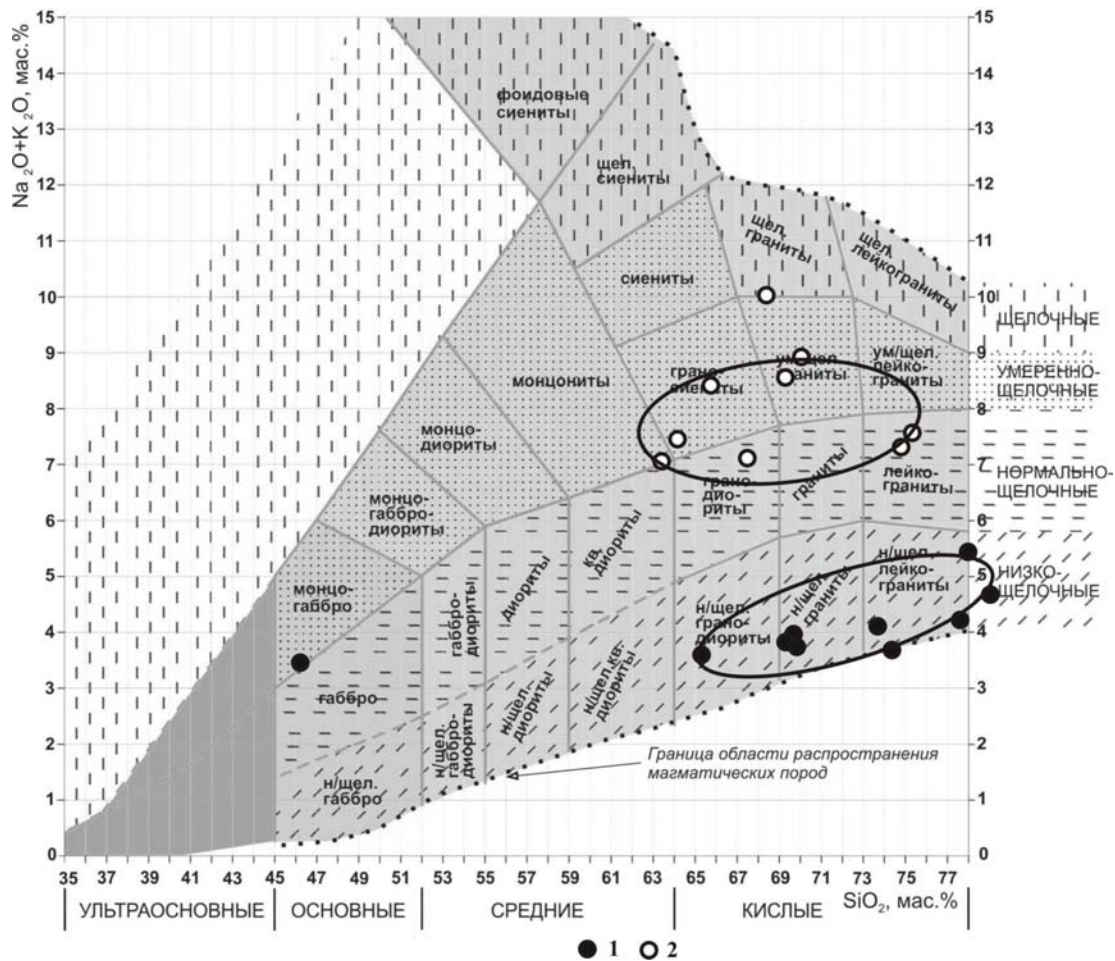


Рис. 4. Положение составов обломков магматических пород на классификационной диаграмме [9]
Обломки магматических пород в выбросах грязевого вулкана: 1 — «Плевака»; 2 — «Шууго»

ционирование редких земель, с обогащением LREE при относительно ровном распределении TREE. Наблюдается четко выраженный Eu минимум. Для пород третьей группы (обр. 146-3) характерно слабое фракционирование REE и отсутствие существенной Eu аномалии. Средняя величина La^{III}/Lu^{III} отношения в породах первой группы равна 7.4, второй группы — 5.0 и третьей группы — 1.9, а величины La^{III}/Yb^{III} составляют 7.8, 5.3, 2.0; La^{III}/Sm^{III} — 3.2, 3.3, 1.0; Gd^{III}/Yb^{III} — 1.5, 1.0, 1.6, соответственно.

Величина количественного дефицита европия, используемая для оценки степени дифференциации расплава, характеризуется коэффициентом Eu/Eu^* , где $Eu^* = \sqrt{(Sm_{пор}/Sm_{хонд} \times Gd_{пор}/Gd_{хонд})}$. В выделяемых трех группах Eu/Eu^* отношение соответственно равно 0.37; 0.39; 0.91, что указывает на наличие процесса дифференциации, со значительной ролью фракционирования плагиоклаза в кислых породах первой и второй групп и практическое отсутствие фракционирования плагиоклаза в

основных по составу породах третьей группы.

Мультиэлементные спектры, нормированные по эталону N-MORB [12], свидетельствуют об обогащении пород легкими литофильными элементами (LILE) и обеднении высокозарядными элементами с высокой валентностью (HFSE). На графиках для пород первой и второй групп отмечаются характерные негативные аномалии Ti, P, Nb. Подобные особенности редкоэлементного состава пород указывают на то, что формирование расплавов контролировалось субдукционными процессами. Диабазы, выделенные в третью породную группу, по отношению к N-MORB характеризуются небольшим повышением содержания LILE.

Сравнение средних содержаний рудных и редких элементов (табл. 1–4) с кларковыми концентрациями элементов для кислых по составу пород показало, что в большинстве случаев они близки к ним либо ниже таковых. Повышенные содержания (Kк) установлены для Bi — 10, Ag — 7.4, Sc — 5.6, Mo — 4.0, Y — 4.0, U — 2.4.

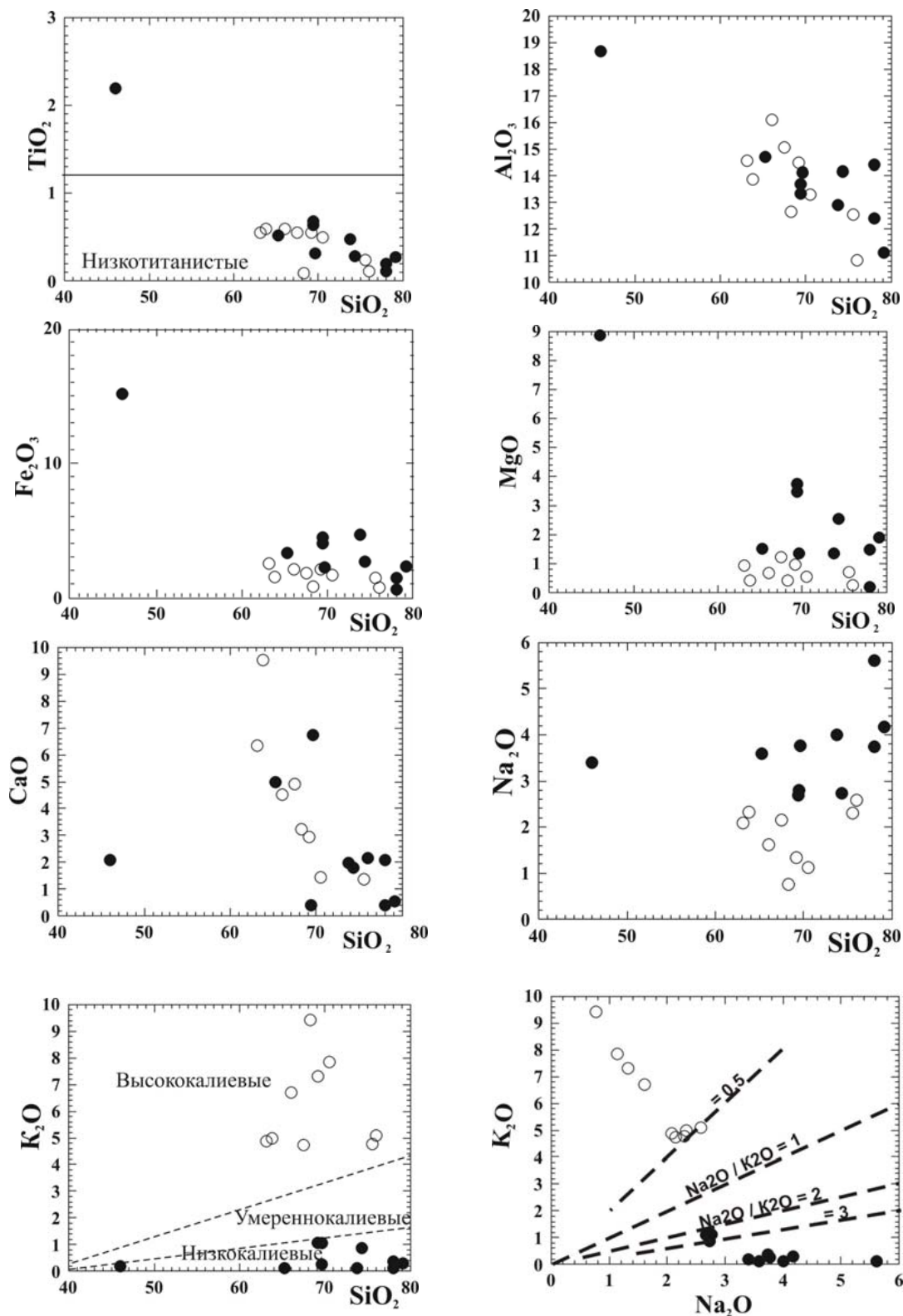


Рис. 5. Составы магматических пород из выбросов грязевых вулканов «Шуго», «Плевака» на вариационных диаграммах SiO₂ – петрогенные элементы

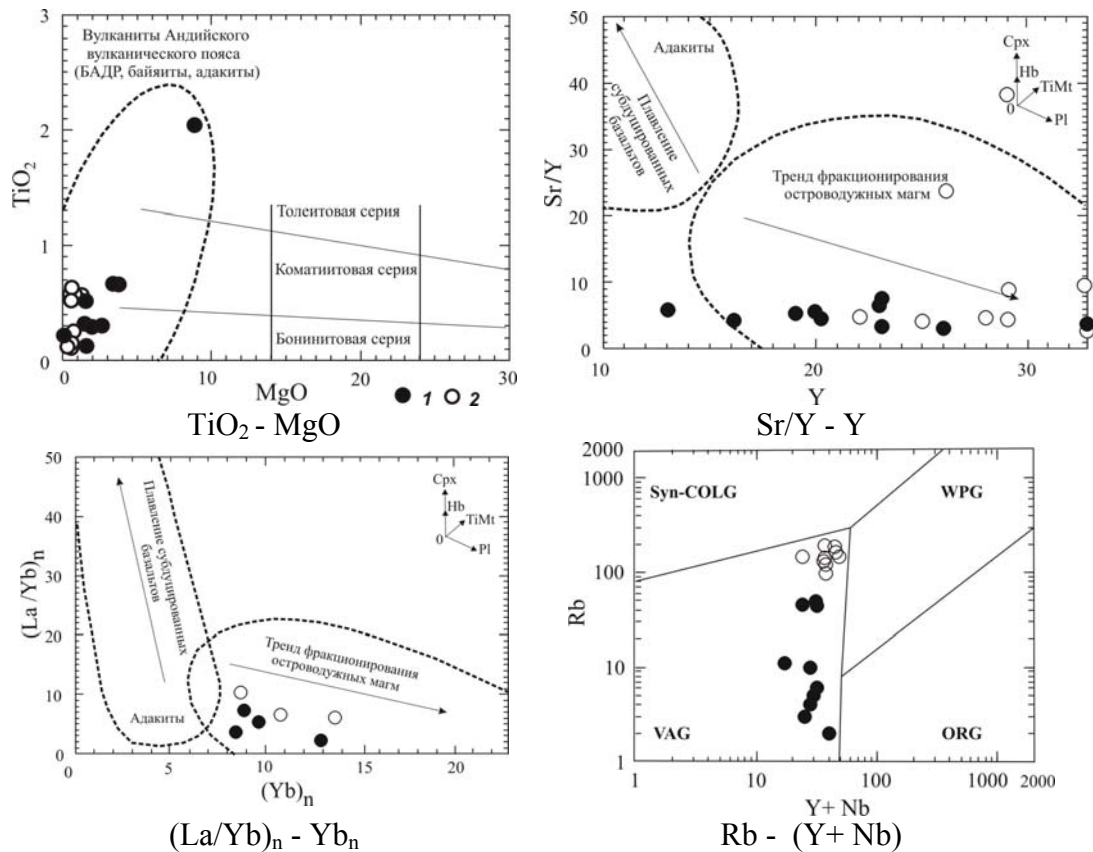


Рис. 6. Магматические породы из выбросов грязевых вулканов «Шуго» и «Плевака» на петрогенетических диаграммах

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Магматические образования в Предкавказье встречаются на различных стратиграфических уровнях [6]. Так, вулканы основного состава локализованы в верхнепермских комплексах фундамента, а кислого и среднего составов – в верхней части разреза переходного комплекса (поздний триас-лейас) Восточного Предкавказья. Раннемеловые (апт-альб) вулканы основного состава известны в Западном Предкавказье, а миоценовые граниты и граносиениты – в Центральном Предкавказье. Эффузивы среднего и кислого составов приурочены к плиоценовым отложениям Восточного Предкавказья. Западнее Туапсинского поперечного поднятия, в районе активных грязевых вулканов Шуго и Плевака, на глубине 4–5 километров (рис. 2) [5] присутствует толща ранне-среднеюрских отложений, представленная алевритами, песчаниками, известняками с горизонтом кварцевых порфиров. Последние, судя по некоторым угловато-окатанным образцам, являются, скорее всего, переотложенными.

Считается, что поздне триасовая вулканическая активность в Северо-Кубанском и Крым-

ском регионах связана с формированием протяженного магматического известково-щелочного пояса, протягивающегося вдоль Скифской платформы. Этот магматический пояс «андийского типа» испытал значительную эрозию в юре [11]. В последующий ранне-среднеюрский тектономагматический цикл Скифско-Кавказско-Понтидский регион с юга был ограничен гипотетической магматической дугой и зоной субдукции океанической коры Нео-Тетиса. Начиная с синемюра начал формироваться троговый бассейн Большого Кавказа. На бортах трога изливались лавы кислого и среднего составов, формирующие надсубдукционный вулканический пояс [11]. В связи с этим изученные породы могут быть как поздне триасовыми, так и ранне-среднеюрскими. Поэтому до появления надежных изотопных датировок можно считать их раннемезозойскими образованиями.

В результате проведенных исследований установлено, что обломки кислых, по составу, магматических пород образуют две разрозненные группы, отличающиеся по петрохимическим критериям (рис. 4). Этот парадоксальный факт, даже при переотложенном залегании магматических пород, как нам кажется, указывает на их не-

Таблица 3

Результаты ICP-MS анализа обломков магматических пород из выбросов грязевых вулканов «Шуго» и «Плевака»
(элементы в г/т)

Элементы	Номер образца						
	145-3/09	145-5/09	146-2/09	146-3/09	155/10	156-2/10	156-3/10
Li	33	47	30	128	20	58	29
Be	1.7	1.4	0.80	0.55	0.53	0.85	0.95
Sc	17	20	19	21	<ПО	18	12
Ti	511	2705	884	9368	2530	2468	1203
V	2.8	34	14	209	34	58	15
Cr	35	75	55	194	30	30	24
Mn	73	217	354	763	88	1144	122
Co	1.2	3.5	1.6	28	6.8	9.7	8.8
Ni	2.9	5.6	2.7	64	23	13	10
Cu	6.1	56	12	71	3.2	2.7	11
Zn	4.6	51	10	76	11	13	7.4
Rb	130	120	4.5	5.2	107	3.3	8.7
Sr	96	262	31	121	109	100	93
Y	12	22	7.7	21	16	13	12
Zr	63	70	69	157	60	73	120
Nb	4.3	7.6	4.5	4.8	7.6	6.9	5.5
Mo	0.74	1.3	1.8	0.31	0.72	0.64	1.6
Ag	0.37	0.33	0.32	0.75	0.31	0.35	0.59
Cd	0.10	0.17	0.15	0.21	0.06	0.14	0.21
Cs	2.3	3.4	2.2	6.0	3.8	1.0	1.0
Ba	431	439	29	257	489	52	64
La	21	21	7	6.3	17	15	12
Ce	47	47	14	19	42	36	29
Pr	5.0	5.4	1.8	2.8	5.0	3.9	3.1
Nd	18	22	7	14	21	16	12
Sm	3.2	4.4	1.4	3.8	4.4	3.0	2.1
Eu	0.23	0.68	0.18	1.2	0.52	0.36	0.24
Gd	2.4	3.8	1.2	4.3	3.9	2.3	2.1
Tb	0.42	0.70	0.22	0.77	0.64	0.44	0.39
Dy	2.4	4.3	1.5	4.5	3.7	2.6	2.4
Ho	0.51	0.87	0.34	0.91	0.75	0.53	0.52
Er	1.3	2.4	1.0	2.4	1.8	1.3	1.4
Tm	0.22	0.37	0.17	0.36	0.28	0.21	0.24
Yb	1.5	2.3	1.4	2.2	1.8	1.5	1.6
Lu	0.25	0.33	0.22	0.35	0.28	0.23	0.28
Hf	2.4	2.0	2.7	3.4	1.9	2.4	3.6
Ta	0.79	0.75	0.73	0.35	0.70	0.62	0.71
W	1.8	7.3	3.2	0.33	1.0	0.52	1.3
Pb	17	20	2.9	4.7	16	5.8	3.1
Bi	0.17	0.21	0.09	0.002	0.028	0.015	0.19
Th	12	9.3	7.9	0.55	10.1	8.8	13
U	1.2	2.4	2.0	0.31	1.6	1.7	3.5

Образцы вулкана «Шуго» 145-3/09, 145-5/09, 155/10. «Плевака» 146-2/09, 146-3/09, 156-2/10, 156-3/10.

Таблица 4

Результаты INAA анализа обломков магматических пород из
выбросов грязевых вулканов «Шуго» и «Плевака»
(элементы в г/т)

элементы в г/т	Номер образца											
	133- 1/08	133- 2/08	133- 3/08	133- 5/08	145- 1/09	145- 2/09	145- 3/09	145- 5/09	146- 1/09	146- 2/09	146- 3/09	146- 4/09
Sc	3.4	8.0	2.8	7.60	8.6	6.1	2.6	7.9	2.9	3.9	32.4	4.8
Cr	127.7	85.8	24.6	48.5	80.3	64.5	32.0	80.8	44.3	58.1	228.3	46.2
Co	5.9	5.0	0.5	7.69	6.3	6.8	0.9	2.5	4.8	0.7	31.0	3.2
Zn	1.6	2.3	1.4	2.3	2.0	1.9	1.0	2.2	1.2	1.0	5.8	1.4
As	1.7	0.4	1.3	4.4	0.5	2.5	4.8	0.5	12.3	3.1	0.8	0.4
Se	0.2	0.9	0.2	0.4	0.4	0.3	0.5	0.4	0.7	0.5	1.1	0.7
Rb	82.4	138.2	191.9	143.5	196.3	133.6	164.7	125.0	2.0	10.6	8.3	7.0
Sr	134	280	100	1030	722	122	106	246	82	81	99	239
Zr	119	185	65	137	117	147	63	221	146	138	79	145
Mo	4.8	3.8	3.0	8.9	2.1	1.8	3.8	2.1	1.7	7.2	2.7	6.2
Sb	0.13	0.27	0.37	0.47	0.09	0.07	0.30	0.08	0.24	0.04	0.48	0.05
Te	2.1	2.5	1.8	1.2	2.2	1.3	1.5	2.0	1.9	1.8	3.2	1.9
Cs	0.61	4.38	1.65	4.77	3.71	3.88	2.21	3.42	0.59	2.32	6.68	1.05
Ba	962	458	396	781	543	475	445	487	20	20	236	164
La	14.2	27.6	17.1	26.61	27.2	21.7	25.1	26.0	21.4	16.7	6.7	12.9
Ce	32.9	65.1	42.1	56.9	58.7	49.1	56.9	54.9	54.9	35.9	18.4	32.4
Nd	12.7	27.1	18.3	21.2	23.5	21.2	18.2	23.4	25.0	11.8	12.7	12.9
Sm	2.55	5.30	3.44	4.78	4.99	5.05	3.92	5.02	5.25	2.41	4.09	2.87
Eu	0.46	0.70	0.20	0.59	0.55	0.62	0.26	0.71	0.88	0.34	1.37	0.39
Tb	0.39	0.68	0.52	0.71	0.49	0.76	0.36	0.74	0.74	0.31	0.56	0.44
Yb	2.08	1.95	2.64	1.93	1.61	2.08	1.60	2.18	2.74	1.80	2.12	2.32
Lu	0.34	0.37	0.48	0.29	0.26	0.31	0.26	0.36	0.42	0.27	0.32	0.37
Hf	3.56	4.92	3.17	4.85	5.36	4.38	2.63	4.97	4.03	4.16	3.55	5.24
Ta	0.42	0.69	0.60	0.66	0.74	0.58	0.66	0.66	0.78	0.60	0.35	0.75
Au	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.002
Th	9.52	13.21	13.71	12.26	1.30	1.94	1.24	2.14	1.33	2.00	0.17	1.96
U	1.67	1.82	2.76	1.66	11.92	9.47	14.59	10.44	13.66	14.64	0.60	14.97

значительный перенос от коренного источника. Отметим, что ближайшие, кислые по составу игнимбриты и туфы «свиты горы Индюк» [8] расположены в районе г. Туапсе на удалении 150–200 км от рассматриваемых нами объектов. Вероятно, исследованные породы относятся к ранее не выделявшемуся здесь району с раннемезозойской вулканической активностью.

Изученные гранит-порфиры, гранодиорит-порфиры и плагиофельзит-порфиры относятся к низкотитанистым, плюмазитовым, реже известково-щелочным образованиям с калиево-натриевым, калиевым либо натриевым типом

щелочности, и они заметно различаются по содержанию Na_2O , K_2O , MgO и Fe_2O_3 . На петрогенетических диаграммах (рис. 6) фигуративные точки их составов сгруппированы в поле производных островодужных магм $(\text{La}/\text{Yb})_n - \text{Yb}_n$; $\text{Sr}/\text{Y} - \text{Y}$ и гранитов вулканических дуг – $\text{Rb} - (\text{Y} + \text{Nb})$. На спайдер-диаграммах (рис. 7) при нормировании по хондриту [12] наблюдается их существенное обогащение LREE и четко выраженный Eu минимум, что указывает на наличие процесса дифференциации, со значительной ролью фракционирования плагиоклаза. Мультиэлементные спектры, нормированные по эталону N-MORB,

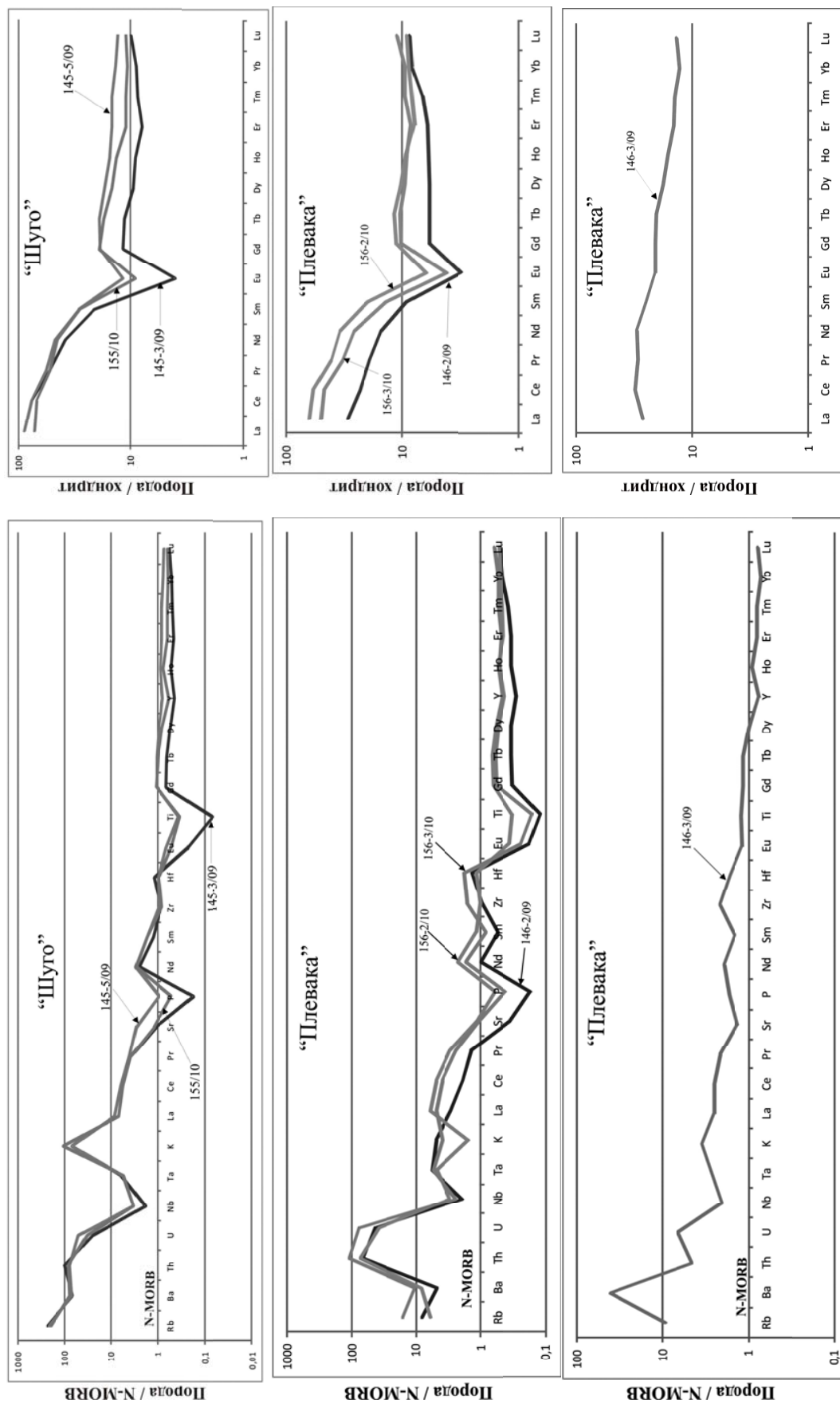


Рис. 7. Мультиэлементные спектры и спектры РЗЭ магматических пород из выбросов грязевых вулканов «Шуго» и «Плевака»

свидетельствуют об обогащении пород LILE и обеднении HFSE. Отмечаются негативные аномалии R, Ti, Nb, что является важным геохимическим маркером субдукционных обстановок [1; 7].

Встречающиеся в районе вулкана «Плевака» диабазы являются низкокальциевыми, умеренно глиноземистыми образованиями с натриевым типом щелочности. Для них характерно слабое фракционирование REE и отсутствие Eu аномалии. По отношению к N-MORB они характеризуются небольшим повышением содержаний LILE. Однако малое количество анализов основных, по составу, пород не позволяет нам проводить их сопоставление и соответствующие интерпретации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выбросах активных грязевых вулканов Таманского полуострова «Шуго», «Плевака» обнаружены обломки предположительно ранне-мезозойских магматических пород, среди которых

встречаются гранит-порфиры, фельзит-порфиры, гранодиорит-порфиры, плагиофельзит-порфиры и диабазы. Петрохимические исследования показали, что здесь встречаются породы: кислые нормально и умеренно щелочные; кислые низко щелочные; основные умеренно щелочные. На основании анализа петрогенетических диаграмм $(La/Yb)_n - Yb_n$; $Sr/Y - Y$; $Rb - (Y + Nb)$ установлено, что кислые разновидности пород являются производными островодужных магм и что они формировались в субдукционной обстановке на южной окраине эпипалеозойской Скифской плиты. Это подтверждается геохимическими данными: фракционирование REE (La^{III}/Lu^{III} отношение равно 5.0 и 7.4); обогащение их LREE, LILE и обеднение HFSE; наличие четко выраженного Eu минимума и негативных аномалий Ti, R, Nb. Появление этих пород указывает на существование в раннем мезозое в районе современного Таманского полуострова центров магматической активности.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Абрамович И.И., Залепугин В.Н., Аглонов С.Д. и др.** Основы геодинамического анализа при геологическом картировании. – Москва: Всегеи, 1997. 499 с.
2. **Бобылев В.В., Пишванова Л.С., Яценко Т.В.** К тектонике Керченско-Таманской зоны // Геология нефти и газа, 1981. № 7. С. 36–41.
3. **Большой Кавказ в альпийскую эпоху** (Под. ред. акад. Ю.Г. Леонова). – М.: ГЕОС, 2007. 368 с.
4. **Газеев В.М., Гурбанов А.Г. и др.** Фиагдонский эффузивно-силловый комплекс (Россия, РСО-А): геохимия, геодинамическая обстановка формирования проблемы рудоносности // Вестник ВНИЦ РАН, 2014. Том 14. № 2. С. 21–33.
5. **Изменение окружающей среды и климата: природные и связанные с ними техногенные катастрофы** (под. ред. акад. Н.П. Лаврова). – М.: ИГЕМ РАН, 2007. 200 с.
6. **Клавдиева Н.В.** Тектоническое погружение Предкавказских краевых прогибов в Кайнозой // Дисс., на соиск. уч. степени к. г.-м. н., МГУ, 2007. 179 с.
7. **Короновский Н.В., Демина Л.И.** Магматизм как индикатор геодинамических обстановок. – Москва: Изд. «КДУ», 2011. 209 с.
8. **Ломидзе М.Г.** Вулканизм Северо-Западного Кавказа и его связь с тектоникой // М.: Изд-во МГУ, 1969. 220 с.
9. **Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования.** – Санкт-Петербург: Всегеи, 2009. 198 с.
10. **Собисевич А.Л., Собисевич Л.Е., Тееритинова Т.Ю.** О грязевом вулканизме в позднеальпийском складчатом сооружении Северо-Западного Кавказа (на примере изучения глубинного строения грязевого вулкана Шуго) // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2014. № 2. С. 80–93.
11. **400 миллионов лет геологической истории южной части Восточной Европы** (под ред. Морозова А.Ф., Никишина А.М., Фокина П.А.). – М.: Геокарт, изд. «ГЕОС». 2005. 351 с.
12. **Sun S.S., McDonough W.F.** Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts // Geol. Spec. Publ. 1989. № 42. P. 313–345.

FRAGMENTS OF MAGMATIC ROCKS IN A OUTBURST OF THE TAMANSKY PENINSULA MUD VOLCANOES: GEOCHEMICAL PECULIARITIES AND PALEO-GEODYNAMIC REVISIONS (KRASNODARSKY AREA, NORTHERN CAUCASUS)

V.M. Gazeev^{1,2}, A.G. Gurbanov^{1,2}, I.A. Kondrashov¹, O.A. Gurbanova³

¹ – Scientific budgetian institution of the Russian Academy of Science Institute of Ore Deposits Geology, Petrography, Mineralogy and Geochemistry (IGEM RAS), Moscow (gazeev@igem.ru), (lexin@igem.ru).

² – Vladikavkaz scientific center of the RAS, Vladikavkaz.

³ – Moscow State University named after Lomonosov, Moscow.

Abstract. In outburst of the Tamansky peninsula mud volcanoes the fragments of magmatic rocks of the Early Mesozoic age, supposedly, have been discovered. Its investigation has a great importance for refinements of geological evolution history of the West Caucasus and for determination of geodynamic processes which were shown here at that time. The results of RFA, INNA and ICP-MS analysis are listed for following magmatic rocks: granite-porphry, felsites-porphry, diabase. The concise petrographic description of the rocks and its geochemical peculiarities was done. The supposition about a new, unknown early, volcanic area, which are placed in 150-200 km to the west from Tuapsinsky transversal structure and Goitchsky volcanic area. Volcanism, which have been shown here, evolved at under-subduction conditions on young, thin Epi-Paleozoic Scythian plate.

Keywords: Tamansky peninsula, mud volcanoes, petrography, granite-porphry, geochemistry, diagnostic diagrams, geodynamic reconstructions.

REFERENCES

1. Abramovich I.I., Zalepugin V.N., Aplonov S.D., i dr. *Osnovy geodinamicheskogo analiza pri geologicheskoy kartirovaniy.* – Moskva: Izd. Vsegei, 1997. 499 s.
2. Bobylev V.V., Pishvanova L.S., Yatsenko T.V. *K tektonike Kerchensko-Tamanskoj zony // Geologiya nefi i gaza, 1981. № 7. S. 36–41.*
3. *Bol'shoy Kavkaz v al'piyskuyu Epokhu (Pod. Red. Akad. Yu.G. Leonova).* – M.: GEOS, 2007. 368 s.
4. Gazeev V.M., Gurbanov A.G., i dr. *Diagdonskiy effuzivno-sillovyy kompleks (Rossiya, RSO-A): geokhimiya, geodinamicheskaya obstanovka formirovaniya problemy rudonosnosti // Vestnik VNTs RAN, 2014. Tom 14. № 2. C. 21–33.*
5. *Izmenenie okruzhayushchey credy i klimata: prirodnye i svyazannye s nimi tekhnogennyye katastrofy. (Pod. Red. Akad. N.P. Laverova).* – M.: IGEM RAN, 2007. 200 s.
6. Klavdieva N.V. *Tektonicheskoe pogruzhenie Predkavkazskikh kraevykh progibov v Kaynozoe //Diss., na soisk., uch., stepeni k-gmn., MGU, 2007. 179 s.*
7. Koronovskiy N.V., Demina L.I. *Magmatizm kak indikator geodinamicheskikh obstanovok.* – Moskva: Izd. «KDU», 2011. 209 s.
8. Lomize M.G. *Vulkanizm Severo-Zapadnogo Kavkaza i ego svyaz' s tektonikoy // M.: Izd-vo MGU, 1969, 220 s.*
9. *Petrograficheskiy kodeks Rossii. Magmaticheskie, metamorficheskie, metasomaticheskie, impaktnyye obrazovaniya.* – Sankt-Peterburg: Izd. Vsegei, 2009. 198 s.
10. Sobisevich A.L., Sobisevich L.E., Tveritina T.Yu. *O gryazevom vulkanizme v pozdneal'piyskom skladchatom sooruzhenii Severo-Zapadnogo Kavkaza. (Na primere izucheniya glubinnogo stroeniya gryazevogo vulkana Shugo) // Geologiya i poleznye iskopaemye Mirovogo okeana. 2014. № 2. C. 80–93.*
11. *400 millionov let geologicheskoy istorii yuzhnoy chasti Vostochnoy Evropy (Pod red. Morozova A.F., Nikishina A.M., Fokina P.A.).* – M: Geokart, izd. «GEOS». 2005. 351 s.
12. Sun S.S., McDonough W.F. *Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts // Geol. Spec. Publ. 1989. № 42. P. 313–345.*

