УДК 552.514+552.313.8 (234.853) DOI: 10.31084/2619-0087/2020-3-8

ФРАНСКИЕ ГРАУВАККИ ХУДОЛАЗОВСКОЙ МУЛЬДЫ. СООБЩЕНИЕ 2. КРАТКАЯ ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

А. М. Фазлиахметов

Институт геологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН, 450077, г. Уфа, ул. К. Маркса, 16/2. E-mail: famrb@mail.ru

Целью исследований является петрографическая характеристика франских граувакк западного крыла Худолазовской мульды, расположенной на территории Западно-Магнитогорской зоны, несколько южнее широты города Магнитогорск. В основу исследований положены описания 130 шлифов.

На территории исследований выделены пять обломочных комплексов (снизу вверх): верхней части улутауской свиты, мукасовской свиты, ялангасской, идяш-кускаровской и худолазовской линз, относящихся к нижней подсвите биягодинской свиты.

Мобилизация обломочного материала протекала при высокой тектонической активности. Существенной обработки обломочного материала в водотоках не произошло. Песчаники улутауской свиты и ялангасской линзы являются тефроидами, их формирование вызвано эксплозиями. Обломочные породы идяш-кускаровской линзы являются вулканотерригенными, сформированными при разрушении вулканогенных пород разного состава и степени метаморфизма. Песчаники худолазовской линзы отнесены к терригенным. В их петрофонде состоят вулканогенные, осадочные и метаморфические породы.

Особняком стоят обломочные породы мукасовской свиты (целенаправленно не изучались). Большое количество глинистого матрикса и зерен кварца в их составе, ассоциация их с аргиллитами и глинистыми сланцами не свойственны девонским обломочным комплексам Западно-Магнитогорской зоны.

Ключевые слова: граувакки, петрография, улутауская свита, мукасовская свита, биягодинская свита, зилаирская свита, франский ярус, глубоководные песчаники, турбидиты

FRASNIAN GREYWACKES OF THE KHUDOLAZ SYNCLINE. MESSAGE 2. BRIEF DESCRIPTION OF PETROGRAPHY

A. M. Fazliakhmetov

Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences. 450077, Russia, Ufa, K. Marks street, 16/2. E-mail: famrb@mail.ru

The purpose of research is the petrographic description of the Frasnian greywackes of the western limb of the Khudolaz syncline located in the territory of the West Magnitogorsk zone, slightly south of the latitude of the Magnitogorsk. The research is based on descriptions of 130 thin sections.

On the study area, five debris complexes (bottom to top) were identified: the upper part of the Ulutau Formation, the Mukasevo Formation, the Yalangas, Idash-Kuskarovo and Khudolaz lentils.

Generation of clastic material proceeded with high tectonic activity. Significant processing of detrital material in watercourses did not occur. The sandstones of the Ulutau Formation and the Yalangas lentil are tephra. Their formation is caused by explosions. The detrital rocks of the Idash-Kuskarovo lentil formed during the destruction of volcanogenic rocks of different composition and degree of metamorphism. The sandstones of the Khudolaz lentil are classified as terrigenous. They consist of debris of volcanogenic, sedimentary and metamorphic rocks.

Для цитирования: *Фазлиахметов А.М.* Франские граувакки Худолазовской мульды. Сообщение 2. Краткая петрографическая характеристика // Геологический вестник. 2020. № 3. С. 94–111. DOI: 10.31084/2619-0087/2020-3-8.

For citation: Fazliakhmetov A.M. (2020) Frasnian greywackes of the Khudolaz syncline Message 2. Brief description of petrography. *Geologicheskii vestnik.* No. 3. P. 94–111. DOI: 10.31084/2619-0087/2020-3-8.

© А. М. Фазлиахметов, 2020

The detrital rocks of the Mukasevo Formation stand apart (they have not been studied purposefully). A large amount of clay matrix and quartz grains in their composition, their association with mudstones and shale is not characteristic of the Devonian detrital complexes of the West Magnitogorsk zone.

Key words: greywackes, petrography, the Ulutau Formation, the Mukasevo Formation, the Biyagoda Formation, the Zilair Formation, the Frasnian, deep-sea sandstones, turbidities

Введение

Этой статье предшествует Сообщение 1 — «Франские граувакки Худолазовской мульды. Краткая характеристика отложений» [Фазлиахметов, 2020].

Франские отложения западного крыла Худолазовской мульды представлены преимущественно кластолитами и кремнями верхней части улутауской свиты, мукасовской свиты и нижней подсвиты биягодинской свиты. Мощность их превышает 2500 м в разрезе у оз. Ялангаскуль, а по направлению к северу и к югу сокращается, составляя в разных разрезах от 500 до 1500 м.

На протяжении всего франского века на изучаемой территории накапливались осадки преимущественно лишь двух категорий — кремневые (силициты), относящиеся к хемогенно-биогенному генетическому ряду по классификации В.Т. Фролова [1984], и гравититы — представители механогенного генетического ряда. Осадконакопление протекало в глубоководных условиях и носило монотонный характер. В противоположность этому, состав обломочного материала франских кластолитов был весьма разнообразным, а объем — огромным, что ярко свидетельствует о разнообразии источников сноса и протекающих в них масштабных геологических процессах. Раскрытие их сущности невозможно без петрографической характеристики кластолитов, которая и приводится в данном сообщении.

Согласно [Фазлиахметов, 2020], в разрезе франских отложений Худолазовской мульды выделяется пять обломочных комплексов, различающихся по составу и имеющих сложные пространственные взаимоотношения (рис. 1): верхней части улутауской свиты, мукасовской свиты, ялангасской, идяшкускаровской и худолазовской линз. Последние три комплекса относятся к нижней подсвите биягодинской свиты.

Методика работ

Все исследованные образцы были отобраны из естественных обнажений. Положение точек опробования показано на рис. 4 в первой публикации [Фазлиахметов, 2020]. Всего описано 130 шлифов.

Наименования обломочных пород даны в соответствии с [Шванов и др., 1998], т.е. по гранулометрическому составу с граничными размерами псаммитовых зерен 0.05–2.0 мм. Разделение песчаников по составу зерен приведено по классификации В.Д. Шутова [1967]. Дополнительно применен термин «вулканитовый», введенный Ф.Т. Фроловым и М.Н. Щербаковой [1988] для характеристики обломочных пород, состоящих из зерен вулканитов без детализации их генезиса (пирокластика, вулканотерригенные и т.д.). Содержание кварца, полевых шпатов и обломков пород рассчитано в процентах от общего количества зерен, содержание зерен пород разного состава — в процентах от общего количества зерен пород.

Для характеристики сортировки зерен применены трафареты по [Pettijohn et al., 1973]. В основу описания идиоморфных особенностей кварца положена классификация И.М. Симановича [1978].

Подсчет зерен проведен в образцах, наименее измененных вторичными процессами. Зерна измененных пород, сохранившие реликтовые структуры, характерные для осадочных и магматических пород, отнесены к метаморфическим разностям. Зерна моно- и поликристаллического кальцита, иногда в срастании с плагиоклазом и кварцем, в расчет не брались ввиду высокой вероятности аутигенного происхождения карбоната.

Необходимо отметить особо, что в предшествующие годы петрографическое изучение франских граувакк Западно-Магнитогорской зоны уже проводилось [Аржавитина, 1976, 1978; Хворова, Ильинская, 1980; Мизенс, 2002, 2008 и др.], но ввиду сложности увязки данных (недостаточная привязка проб, изменившаяся стратиграфия, иная территориальная принадлежность) сопоставление результатов не выполнялось.

Песчаники улутауской свиты

Песчаники улутауской свиты относятся к полевошпатовым и в меньшей мере к кварцево-полевошпатовым граувакам (рис. 2). Зерна представлены

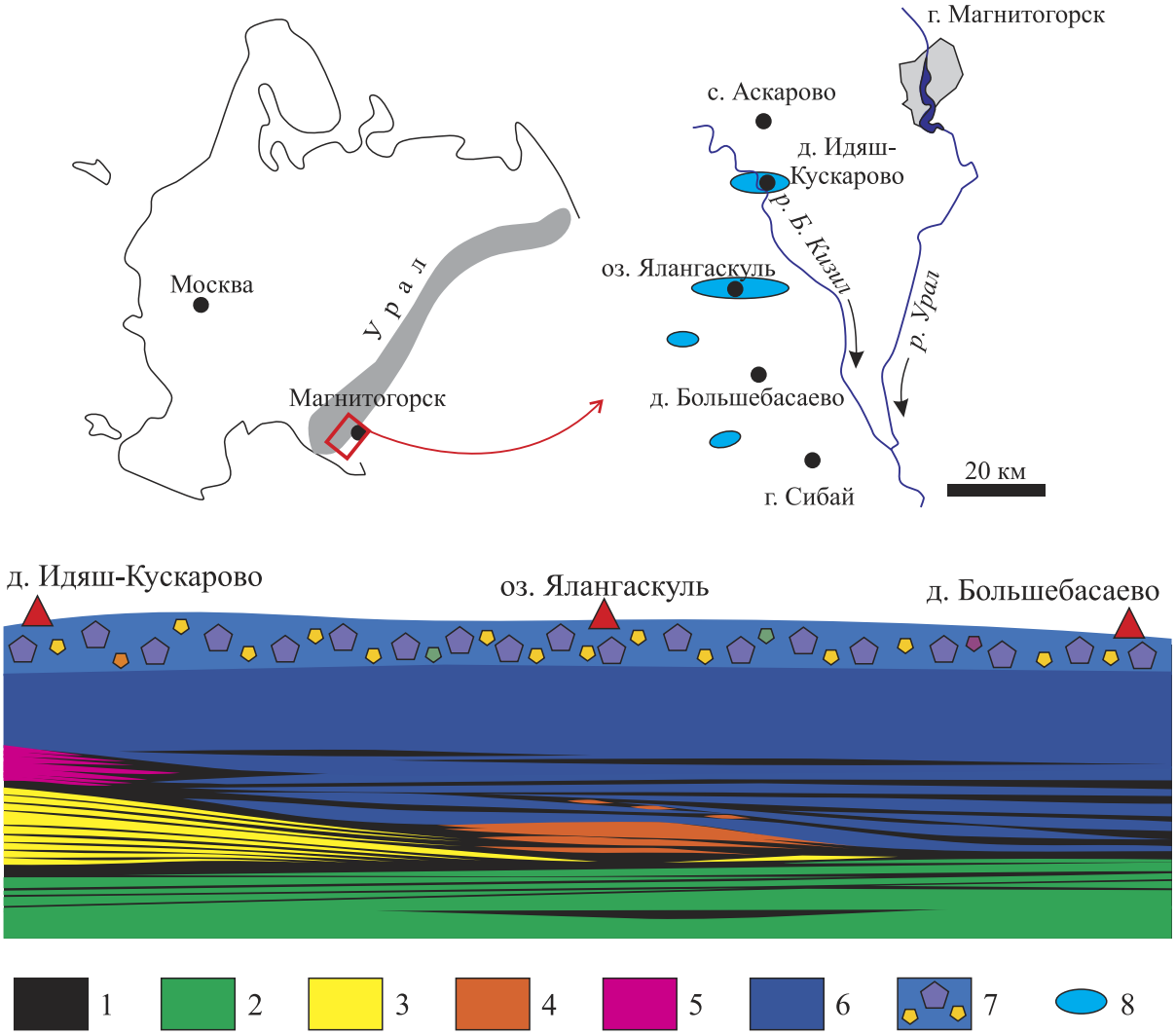

Рис. 1. Расположение района работ и модель пространственного соотношения франских обломочных комплексов западного крыла Худолазовской мульды

Условные обозначения: 1 — кремни (без стратиграфической привязки); 2–6 — обломочные комплексы: 2 — верхней части улутауской свиты, 3 — мукасовской свиты, 4 — ялангасской линзы, 5 — идяш-кускаровской линзы, 6 — худолазовской линзы; 7 — верхняя подсвита биягодинской свиты — биягодинский олистостром, 8 — расположение опробованных разрезов.

Fig. 1. Location of the work area and the Frasnian debris complexes relationship

Legend: 1 — cherts (without stratigraphic binding); 2–6 — detrital complexes: 2 — the upper part of the Ulutau Formation, 3 — the Mukasevo Formation, 4 — the Yalangas lentil, 5 — the Idash-Kuskarovo lentil, 6 — the Khudolaz lentil; 7 — upper part of the Biyagoda Formation — the Biyagoda olistostrom, 8 — location of tested sections.

кварцем, плагиоклазом и обломками пород. Среди последних явно преобладают вулканиты. Сортировка умеренная, распределение зерен однородное (рис. 3).

Кварц (0–10%) изометричный и слабоудлиненный. Контуры угловатые и с закругленными вершинами. Иногда встречаются треугольные и саблевидные осколки (рис. 4). У единичных зерен присутствуют «заливы» и изолированные включения, заполненные основной массой кислых вулканитов с фельзитовой структурой. В большинстве своем зерна не имеют оптических дефектов, единичные обладают волнистым облачным погасанием.

Полевые шпаты (35–60%) представлены плагиоклазом (преимущественно олигоклазом) монокристаллическим, с полисинтетическими двойниками или в виде гломеропорфировых сростков (см. рис. 4, нижний ряд). Форма близкая к изометричной или слабоудлиненная. Наиболее часто встречаются кристаллы с острыми, редко —

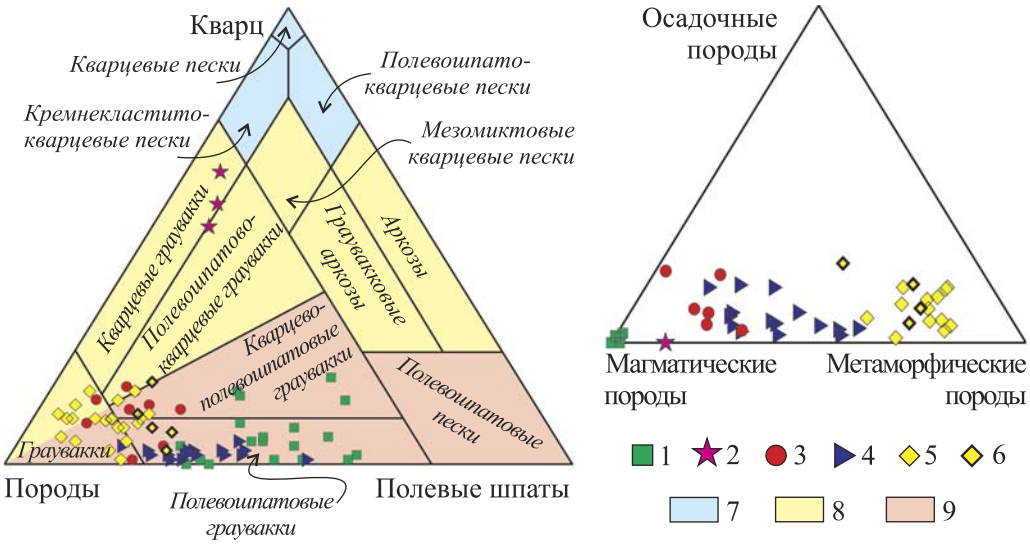

Рис. 2. Диаграммы В Д. Шутова (слева — основная, справа — вспомогательная) для франских песчаников Худолазовской мульды

Условные обозначения: 1 — граувакки верхней части улутауской свиты; 2 — песчаники мукасовской свиты; 3–6 — граувакки нижней подсвиты биягодинской свиты: 3 — ялангасской линзы, 4 — идяш-кускаровской линзы, 5 — худолазовской линзы разреза у д. Идяш-Кускарово, 6 — худолазовской линзы разреза на широте оз. Ялангаскуль; 7–9 — тектоно-полимиктовые уровни классификационной диаграммы В.Д. Шутова: 7 — первый, 8 — второй, 9 — третий.

Fig. 2. Shutov Diagrams (left — main, right — auxiliary) for Frasnian sandstones of the Khudolaz syncline

Legend: 1 — greywackes of the upper part of the Ulutau Formation; 2 — sandstones of the Mukasevo Formation; 3–6 — lower part Biyagoda Formation sandstones: 3 — the Yalangas lentil, 4 — the Idash-Kuskarovo lentil, 5 — the Khudolaz lentil in Idash-Kuskarovo section, 6 — the Khudolaz lentil in Yalangaskul section; 7–9 —levels of the Shutov classification diagram: 7 — the first, 8 — the second, 9 — the third.

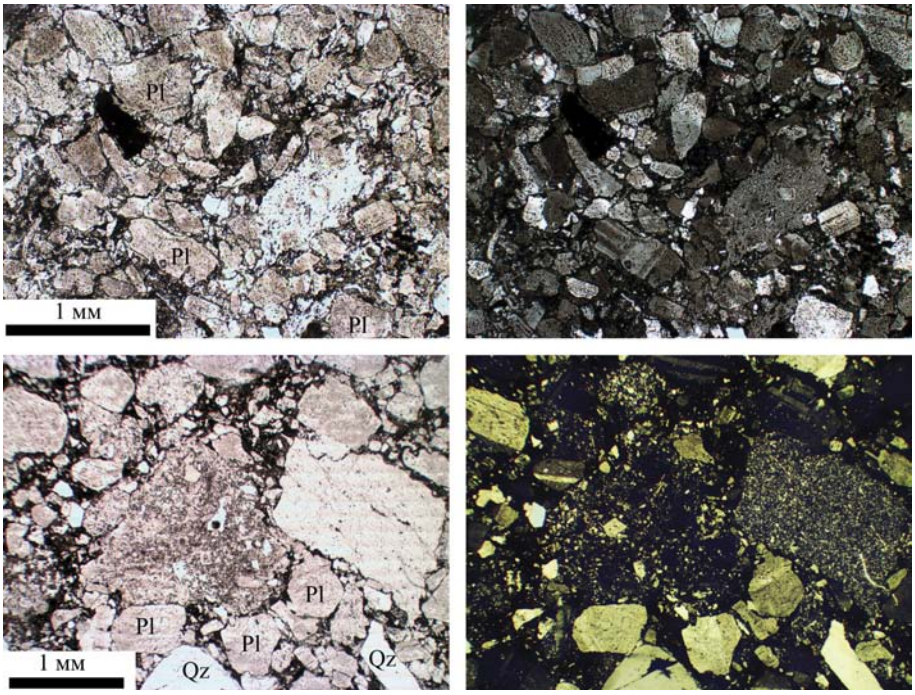

Рис. 3. Микрофотографии песчаников верхней части улутауской свиты

Примечания: Слева — без анализатора, справа — с анализатором. *Pl* — плагиоклаз, *Qz* — кварц.

Fig. 3. Micrographs of the upper part Ulutau Formation sandstones

Notes: Left — no analyzer, right — with an analyzer. *Pl* — plagioclase, *Qz* — quartz.

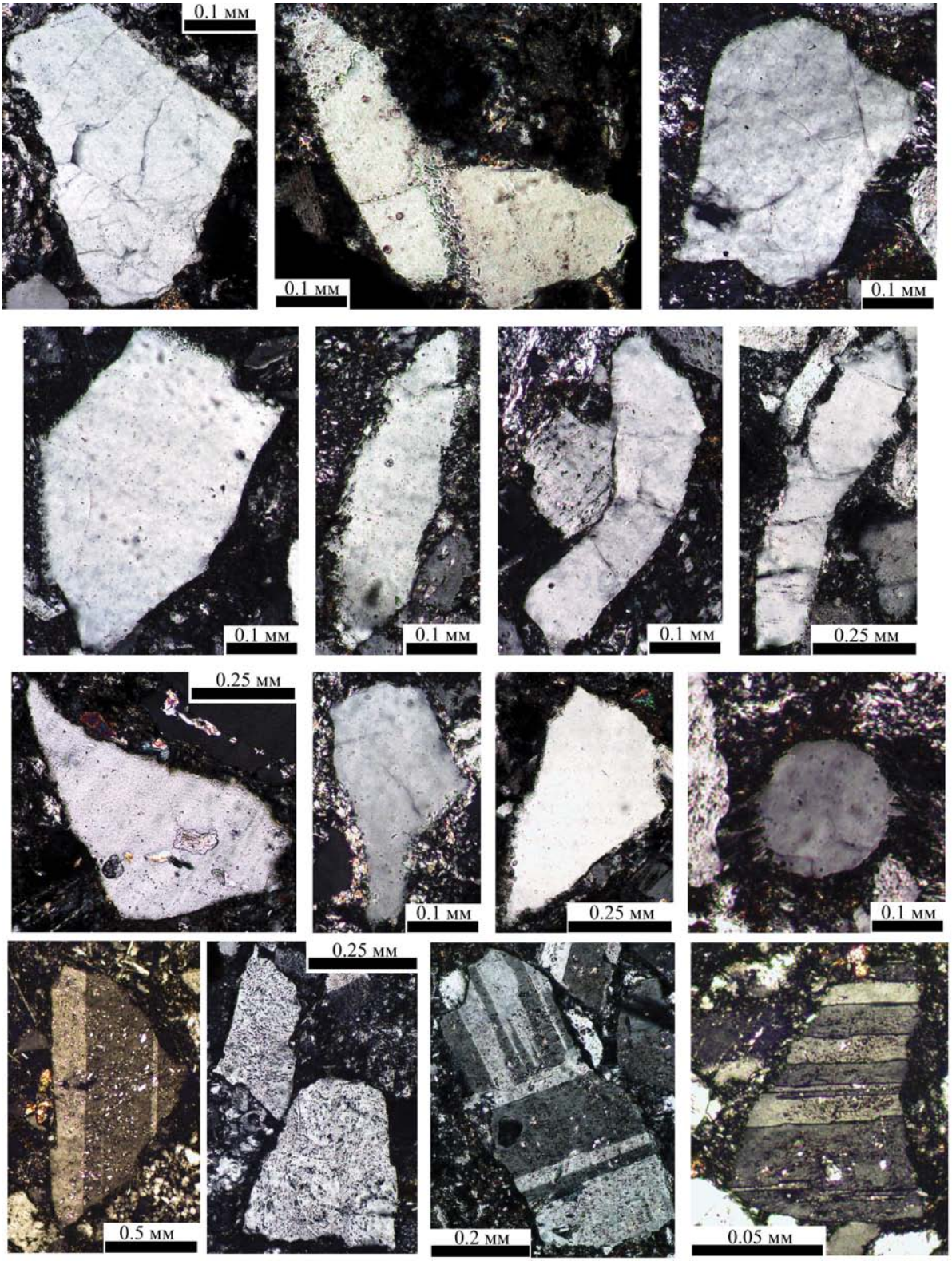

Рис. 4. Микрофотографии кварца и плагиоклаза (нижний ряд) песчаников верхней части улутауской свиты
Примечание: Все снимки с анализатором.

Fig. 4. Micrographs of quartz and plagioclase (bottom row) of the upper part of Ulutau Formation sandstones
Note: All images with an analyzer.

со слабо закругленными вершинами. Многие кристаллы расколоты, в связи с чем контуры их могут быть с одной стороны угловатые, а с другой — в разной степени округленные.

Единичные зерна кварца и плагиоклаза с одной или двух сторон окружены каймой, состоящей из базиса фельзитовой структуры.

Обломки пород (33–55%) представлены кислыми эффузивами с фельзитовой, микрофельзитовой и микролитовой структурами основной массы и с вкрапленниками плагиоклаза, редко кварца. Вкрапленники иногда образуют выступы на поверхности зерен (рис. 5). Зерна пород другого состава редки. Они представлены вулканитами с интерсертальной и пилотакситовой структурами, поликристаллическим кварцем с лапчатыми контурами отдельных индивидов (кварциты?) и кремнями. Интересно отметить, что встречены единичные зерна, с одной стороны имеющие порфировую структуру, характерную для кислых вулканитов, а с другой — зубчатую гранобластовую, свойственную кварцитам (см. рис. 5, верхний ряд). Помимо этого, в одном из образцов обнаружено зерно, по всей видимости, кварцевого песчаника (рис. 6).

Форма зерен преимущественно угловатая, редко округлая.

Цемент в неизмененных разностях глинисто-хлоритовый порового типа. Содержится в количестве до 10–15% от площади шлифа. Распространен равномерно. Участками зерна прилегают друг к другу плотно, контакты между ними конформные и микростилолитовые.

Степень вторичных преобразований меняется от разреза к разрезу. Наименее изменены граувакки на широте оз. Ялангаскуль. Вторичные изменения проявлены серицитизацией плагиоклазов, хлоритизацией базиса вулканитов и цемента. В некоторых случаях наблюдается ожелезнение по трещинам. В разрезах на широте д.д. Исянбетово и Мустаево граувакки сильно серицитизированы, хлоритизированы, иногда эпидотизированы. Первичная структура в них скрыта частично или полностью.

Обломочные породы мукасовской свиты

Практически повсеместно в Западно-Магнитогорской зоне (ЗМЗ) мукасовская свита сложена кремнями мощностью до 100 м. Исключением являются разрезы Худолазовской мульды. В ее северо-восточном обрамлении (оз. Бурсунсы) и на западном крыле в мукасовской свите помимо кремней залегают глинистые и обломочные породы — аргиллиты, алевролиты, песчаники и редко псефитолиты [Маслов и др., 1999; Мизенс, Клещенок, 2005].

На широте оз. Ялангаскуль, д. Назаркино и д. Хусаиново среди кремней и кремнисто-глинистых сланцев мукасовской свиты в виде единичных прослоев мощностью 0.7–1.0 м встречаются обломочные породы смешанного состава (содержание ни одного из компонентов не достигает 50% — микстолиты), названные при полевом описании дресвяно-песчанистыми аргиллитами. Основной их объем сложен криптокристаллической смесью чешуйчатых, вероятно, глинистых минералов и кварца. В ней равномерно рассеяны обломки большего размера: преобладают (30–40% площади шлифа) кварц (0.01–0.5 мм) и полевой шпат (0.25–1.0 мм). В подчиненном количестве (суммарно до 5%) присутствуют монокристаллический кальцит (0.5–3.5 мм), известняки микро- и мелкокристаллические (0.6–1.2 мм), вулканиты (0.5–3.0 мм). Последние представлены кварцевыми порфирами с микрогранитной структурой и плагиоклазовыми порфиритами с фельзитовым сильно кальцитизированным базисом. Иногда в штуфах видны членики криноидей и фрагменты кораллов. Под микроскопом в единичных обломках известняков определяется волокнистая структура, характерная, согласно [Маслов, 1973], для раковин брахиопод.

Севернее упомянутых пунктов, на широте д. Идяш-Кускарово, мощность мукасовской свиты существенно возрастает. Здесь она максимальна для всей территории ЗМЗ — 700 м. Разрез сложен многочисленными слоями кремней, аргиллитов, алевролитов и песчаников мощностью 1–10 см. Можно предположить, что песчаники этого разреза кратко охарактеризованы в статье [Мизенс, Клещенок, 2005]. Целенаправленные литологические исследования мукасовских обломочных отложений не проводились.

Судя по немногочисленным нашим образцам и шлифам из коллекции В.А. Маслова (экспедиция 1967 г.), кластолиты представлены алевролитами и песчаниками всех гранулометрических классов (рис. 7). Слагают их угловатые зерна кварца, кислых вулканитов, плагиоклаза, иногда присутствуют пластинки мусковита. Крупно- и грубозернистые песчаники относятся к кварцевым грауваккам, при этом фигуративные точки их состава на диаграмме В.Д. Шутова существенно удалены от точек, соответствующих всем остальным девонским песчаникам ЗМЗ и близки к полю кремнекластито-кварцевых песчаников.

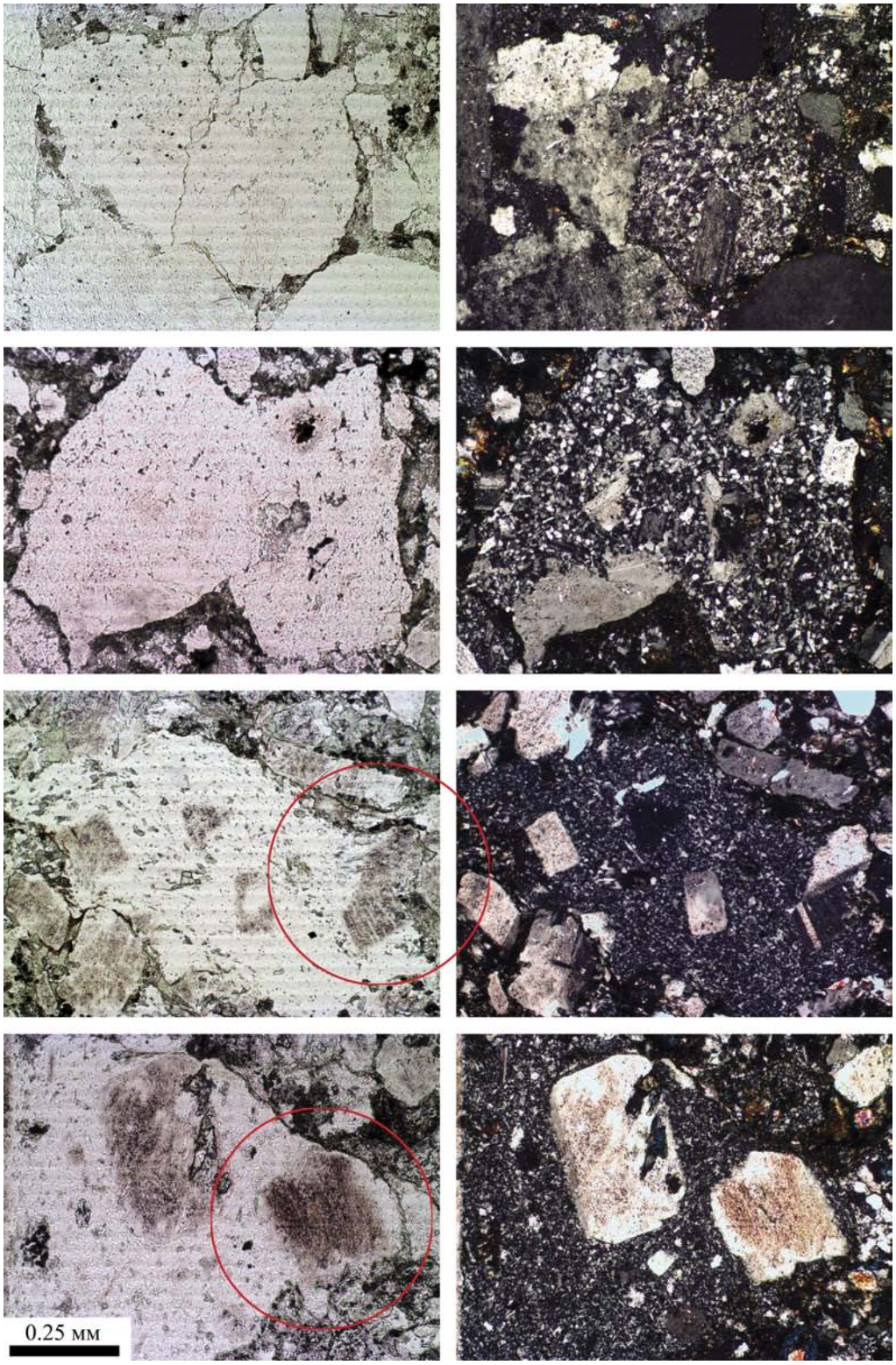

Рис. 5. Микрофотографии зерен вулканитов в песчаниках верхней части улутауской свиты

Примечания: Слева — без анализатора, справа — с анализатором. Красным кругом показаны выступающие вкрапленники плагиоклаза.

Fig. 5. Micrographs of volcanic grains from upper part Ulutau Formation sandstones

Notes: Left — no analyzer, right — with an analyzer. The red circle shows sticking phenocrysts of plagioclase.

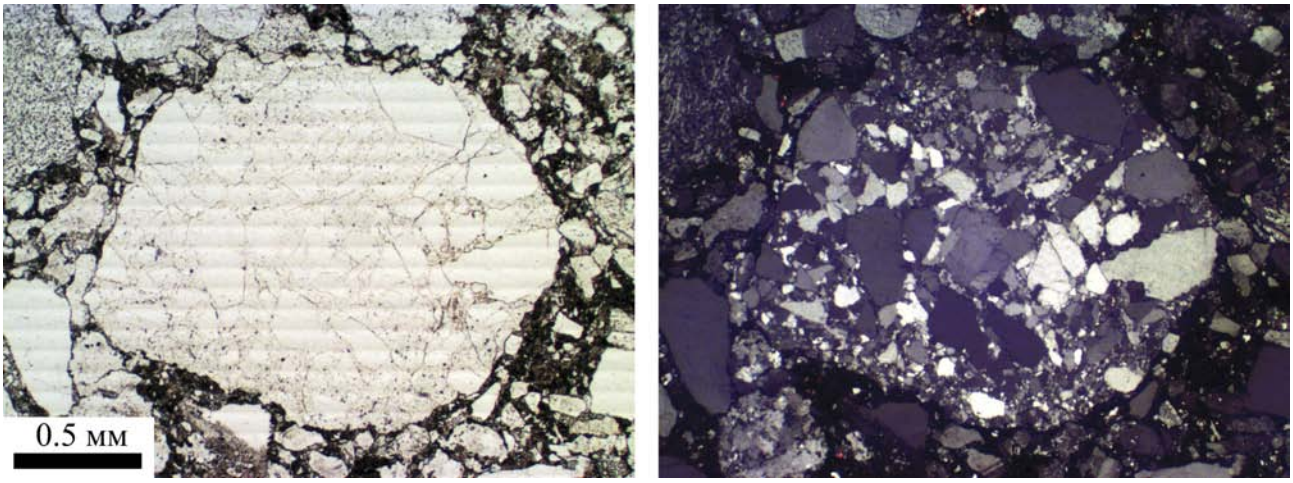

Рис. 6. Зерно кварцевого песчаника в граувакках верхней части улутауской свиты
Fig. 6. Grain of quartz sandstone in upper part Ulutau Formation sandstone

Содержание глинистого цемента в песчаниках и алевролитах колеблется от 5 до 50%, что так же, как и повышенное содержание кварца, является аномальным на фоне прочих девонских кластолитов.

Обломочные породы ялангасской линзы

Детально петрографические особенности кластолитов и силицитов ялангасской линзы изложены в публикациях [Фазлиахметов и др., 2016; Фазлиахметов, 2019].

Песчаники ялангасской линзы относятся к собственно грауваккам, полевошпатовым, кварцево-полевошпатовым и полевошпатово-кварцевым грауваккам (см. рис. 2). Слагающие их зерна представлены кварцем, плагиоклазом и обломками преимущественно вулканогенных пород. Сортировка умеренная, зерна разного размера распределены однородно.

Кварц (1–17%) в большинстве своем имеет неправильную изометричную или слабоудлиненную форму. Контуры его угловатые и слабоокругленные, иногда имеют заливообразные включения, заполненные серицитизированной фельзитовой или микрофельзитовой массой. Редко встречаются треугольные, квадратные, саблевидные и серповидные зерна.

Полевые шпаты (10–25%) представлены ортоклазом, монокристаллами и полисинтетическими двойниками плагиоклаза. Их форма неправильная изометричная, слабоудлиненная и удлиненная. Вершины обломков, как правило, острые или незначительно сглаженные. Идиоморфные кристаллы встречаются редко.

Обломки пород (63–80%) представлены вулканогенными, метаморфическими и осадочными разностями.

Магматические породы (64–76%) существенно преобладают. Среди них основная роль принадлежит кварцевым порфирам и кварц-плагиоклазовым порфиритам с микролитовой и микрофельзитовой структурами основной массы. Значительно им уступают зерна с гиалопилитовой, сферолитовой, гиалофитовой и ортофировой структурами базиса, характерными для вулканитов среднего и основного состава. Форма зерен от изометричной до удлиненной. Контуры неровные, угловатые, редко у кварцевых порфиров наблюдаются прихотливо изогнутые края с апофизами и заливами.

Зерна *метаморфических пород* (3–29%) в большинстве образцов немногочисленны. Представлены они преимущественно кварцитами с гранобластовой структурой и слюдистыми (мусковитовыми) кварцитами с лепидогранобластовой структурой. Границы индивидов кварца в них неровные, лапчатые.

В нескольких образцах встречены единичные зерна, сложенные тонковолокнистым хлоритом. Их форма разная: близкая к овальной, с округлыми выступами и заливами, прихотливая, напоминает рогульки из пепловых отложений.

Осадочные породы (4–21%) представлены кремнями и кремнисто-глинистыми разностями. Форма их слабоудлиненная и удлиненная, контуры угловатые и несущественно округленные, иногда с извилистыми рваными краями, напоминающими кляксу.

В некоторых прослоях песчаников и гравелитов присутствуют обломки известняков и поры,

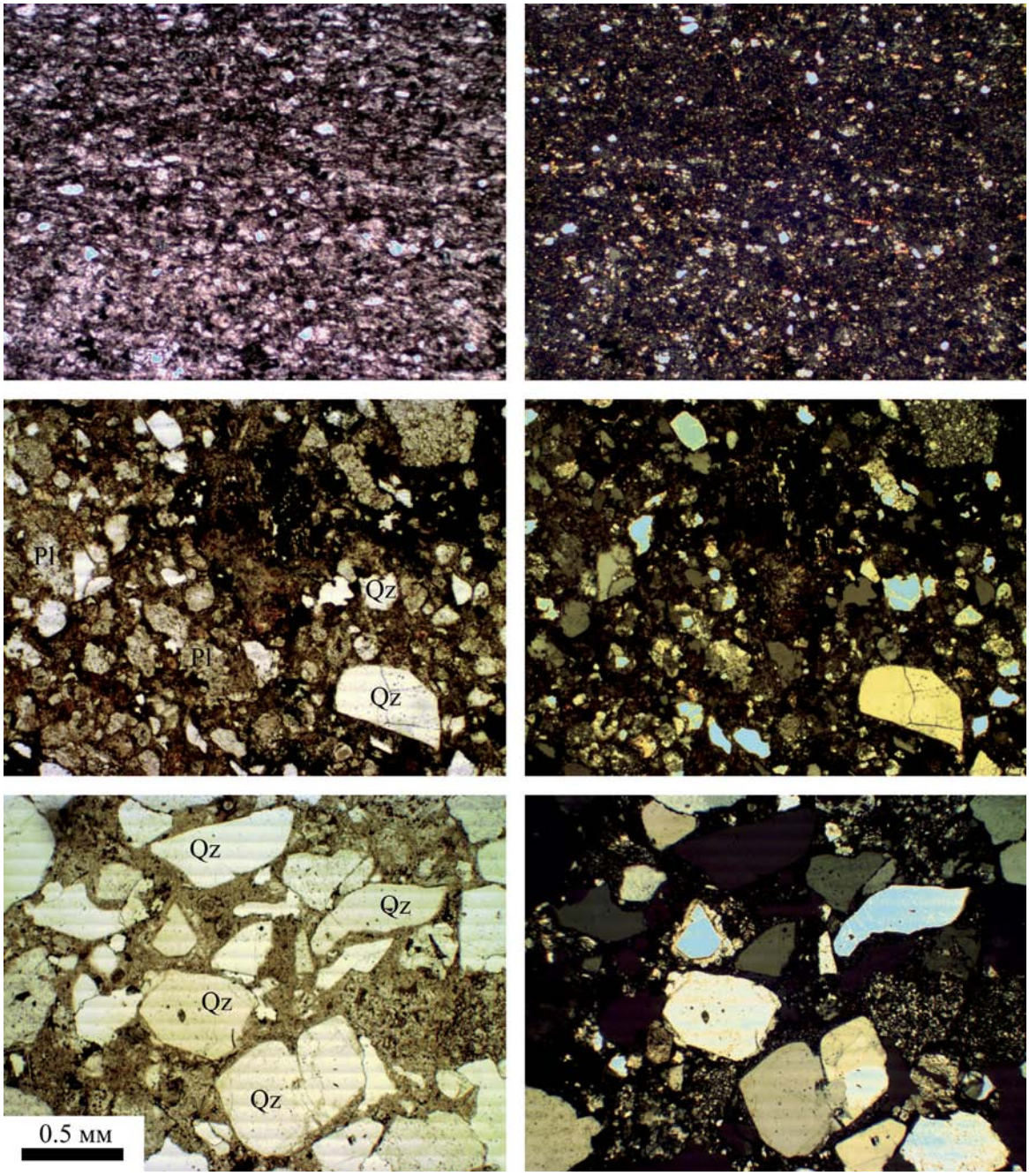

Рис. 7. Микрофотографии обломочных пород мукасовской свиты

Примечания: Слева — без анализатора, справа — с анализатором. *Pl* — плагиоклаз, *Qz* — кварц.

Fig. 7. Micrographs of the Mukasevo Formation debris rocks

Note: Left — no analyzer, right — with an analyzer. *Pl* — plagioclase, *Qz* — quartz.

образованные после их выщелачивания. В изученных шлифах карбонаты встречены не были. Ввиду интенсивных вторичных преобразований, например, грануляции и бластеза [Фазлиахметов, 2019], нельзя исключить, что карбонатные зерна в них присутствовали, но впоследствии были замещены поликристаллическим кварцем, который был принят за зерна кварцитов.

Цемент в мелко- и тонкозернистых песчаниках глинисто-хлоритовый базально-поровый. Для среднепсаммитовых и более грубых разностей характерен поликристаллический кварцевый цемент

порового типа, участками встречается регенерационный кварцевый и плагиоклазовый цемент.

Вторичные изменения проявлены развитием грануляционного кварца по заполнению межзернового пространства и краевым частям зерен с высоким содержанием кремнезема. По обломкам вулканитов среднего и основного состава, по кремнисто-глинистым сланцам развиты хлорит, серицит и прочие вторичные минералы. Плагиоклазы серицитизированы, хлоритизированы, редко кальцитизированы.

Песчаники идяш-кускаровской линзы

Песчаники идяш-кускаровской линзы на диаграмме В.Д. Шутова занимают поле полевошпатовых граувакк и, в меньшей степени, собственно граувакк (см. рис. 2). Зерна представлены кварцем, плагиоклазами и обломками пород. Среди последних преобладают вулканогенные разности (рис. 8), реже встречаются осадочные и метаморфические. Зерна различного состава и размера распределены в породе равномерно. Сортировка умеренная.

Кварц (1–4%) имеет изометричную и слабоудлиненную форму. Контуры угловатые или со слегка сглаженными вершинами. В крупно- и грубозернистых песчаниках встречаются следующие разновидности зерен: хорошо окатанные, с «заливами» и включениями базиса кислых вулканитов, округлые с одной стороны и угловатые с другой. В мелко- и среднезернистых разностях присутствуют квадратные, саблевидные, треугольные, удлиненно-треугольные и шестоватые осколки.

Угасание кварца преимущественно равномерное. В явном подчинении находятся зерна с фронтальным или облачным волнистым угасанием, с неправильной блочностью и с деформационным пластинкованием.

Полевые шпаты (19–53%) представлены монокристаллами и полисинтетическими двойниками плагиоклаза. Форма их неправильная, но близкая к прямоугольной и квадратной. Контуры зерен угловатые и слабо округленные. Сравнительно редко встречаются осколки треугольной и саблевидной формы, зерна частично окруженные фельзитовой или микролитовой массой (базис вулканитов кислого состава), идиоморфные кристаллы, отколотые с одной стороны поперек двойниковых швов.

Обломки пород (46–77%) представлены магматическими, метаморфическими и осадочными разностями.

Среди *магматических пород* (38–68%) преобладают вулканиты разного состава, в подчинении к ним находятся крупнокристаллические (глубинные) разности.

Зерна кислых эффузивов имеют фельзитовую, микрофельзитовую, микролитовую и сферолитовую структуры основной массы с вкрапленниками кварца и плагиоклаза. Вулканиты среднего и основного состава представлены преимущественно плагиоклазовыми порфиритами и их основной массы с интерсертальной, пилотакситовой и гиалиновой структурами. В единичных зернах порфиритов вкрапленники плагиоклаза выступают из базиса.

Помимо вулканитов встречены редкие зерна, сложенные сростками гипидиоморфных кристаллов плагиоклаза и кварца, по-видимому, являющимися гипабиссальными породами кислого состава.

Форма зерен магматических пород разнообразна — от изометричной до слабоудлиненной. Контуры их угловатые, иногда слабоизвилистые, волнистые, с незначительно закругленными вершинами.

Осадочные породы (2–17%) представлены преимущественно аргиллитами и кремнями, в том числе радиоляритами. Значительно реже встречаются алевритистые, иногда углистые аргиллиты, алевролиты и тонкозернистые плагиоклазовые песчаники с обильным глинистым матриксом. Форма зерен изометричная, слабоудлиненная и удлиненная. В одних случаях контуры зерен гладкие округлые, без выступов и впадин, в других — изогнутые, кляксоподобные, с апофизами и вдавленными в них соседними зернами.

В ряде образцов встречается моно- и поликристаллический микрозернистый кальцит, имеющий как аллотигенное происхождение, т. е. характеризует петрофонд, так и аутигенное, обусловленное замещением плагиоклазов.

Метаморфические породы (23–58%) представлены хлоритовыми, хлорит-серицитовыми, серицитовыми, кварц-серицитовыми, кварц-эпидотовыми и кварц-хлоритовыми сланцами. Помимо этого, около половины зерен метаморфитов являются серицитизированными и хлоритизированными с реликтовыми структурами тонкообломочных осадочных и магматических пород среднего и основного состава. Редко встречаются кварциты и пумпеллиит-кварцевые разности.

Форма зерен от изометричной до удлиненной. Встречаются как угловатые, так и незначительно округленные обломки. Зерна хлоритолитов часто имеют округленную и причудливую форму, напоминающую рогульки пирокластических накоплений.

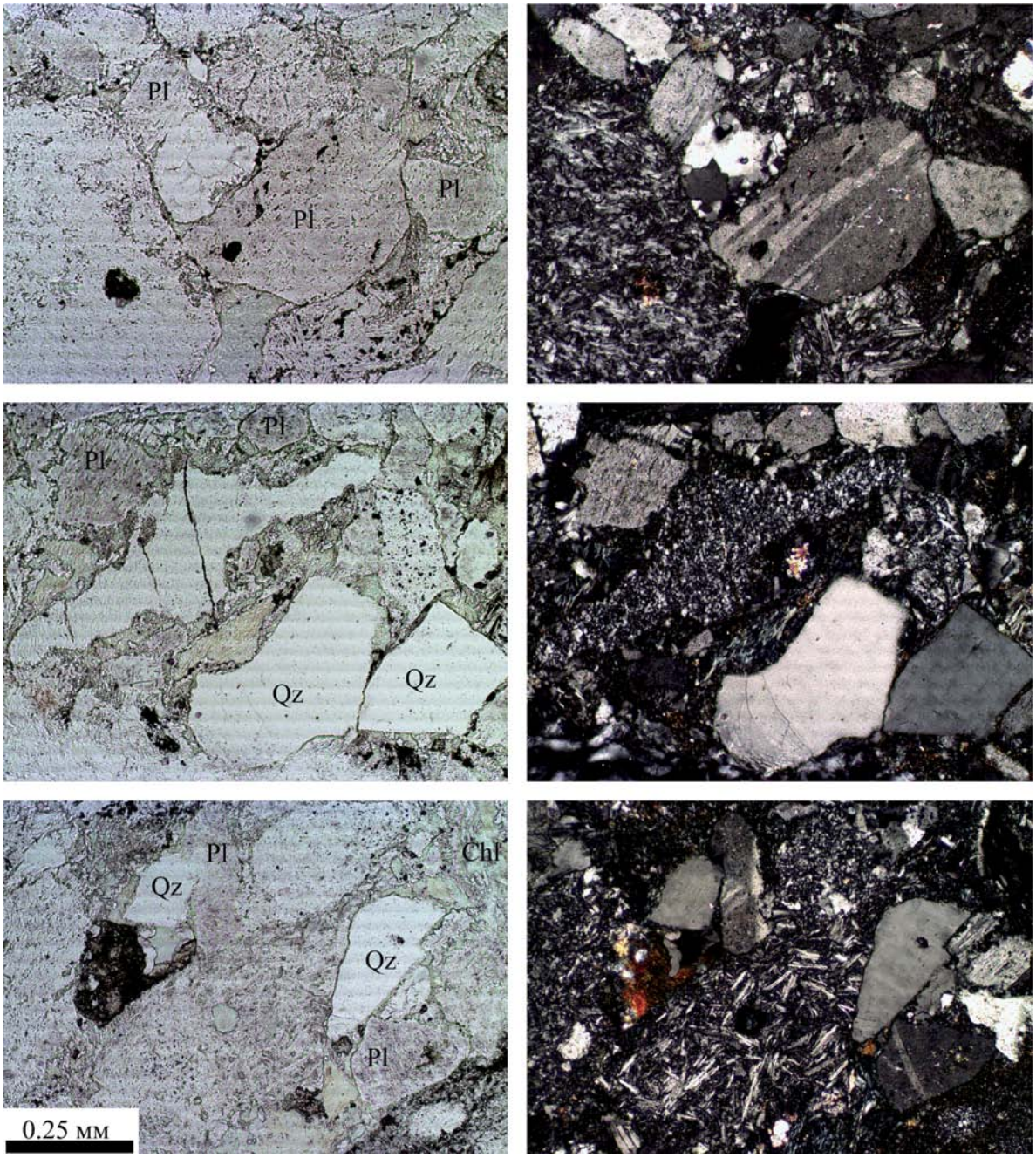

Рис. 8. Микрофотографии песчаников идяш-кускаровской линзы

Примечания: Слева — без анализатора, справа — с анализатором. *Pl* — плагиоклаз, *Qz* — кварц.

Fig. 8. Micrographs of the Idash-Kuskarovo lentil sandstones

Note: Left — no analyzer, right — with an analyzer. *Pl* — plagioclase, *Qz* — quartz.

В большинстве образцов зерна плотно прилегают друг к другу. Характерны конформные структуры. Инкорпорационные структуры редки. Участками развит поровый хлоритовый, глинисто-хлоритовый, редко поликристаллический кварцевый и кальцитовый цемент.

Песчаники худолазовской линзы

На диаграмме В.Д. Шутова подавляющее большинство фигуративных точек состава песчаников худолазовской линзы занимает поле граувакк, единичные точки — поля полевошпатовых, кварцево-

полевошпатовых и полевошпатово-кварцевых граувакк (см. рис. 2). Основными обломочными компонентами являются кварц, плагиоклазы и обломки преимущественно метаморфических пород.

Зерна распределены в породе равномерно (рис. 9). Сортировка плохая. Судя по размеру обломков, четкой грани от обломков к матриксу нет.

Кварц (1–6%) разнообразен по своим свойствам. Встречаются зерна с равномерным угасанием, линейной и неправильной блочностью, с фронтальным и облачным волнистым угасанием, с деформационным пластинкованием и поясами деформации.

Кварц чаще изометричный или слабоудлиненный, угловатый или с незначительно округленными

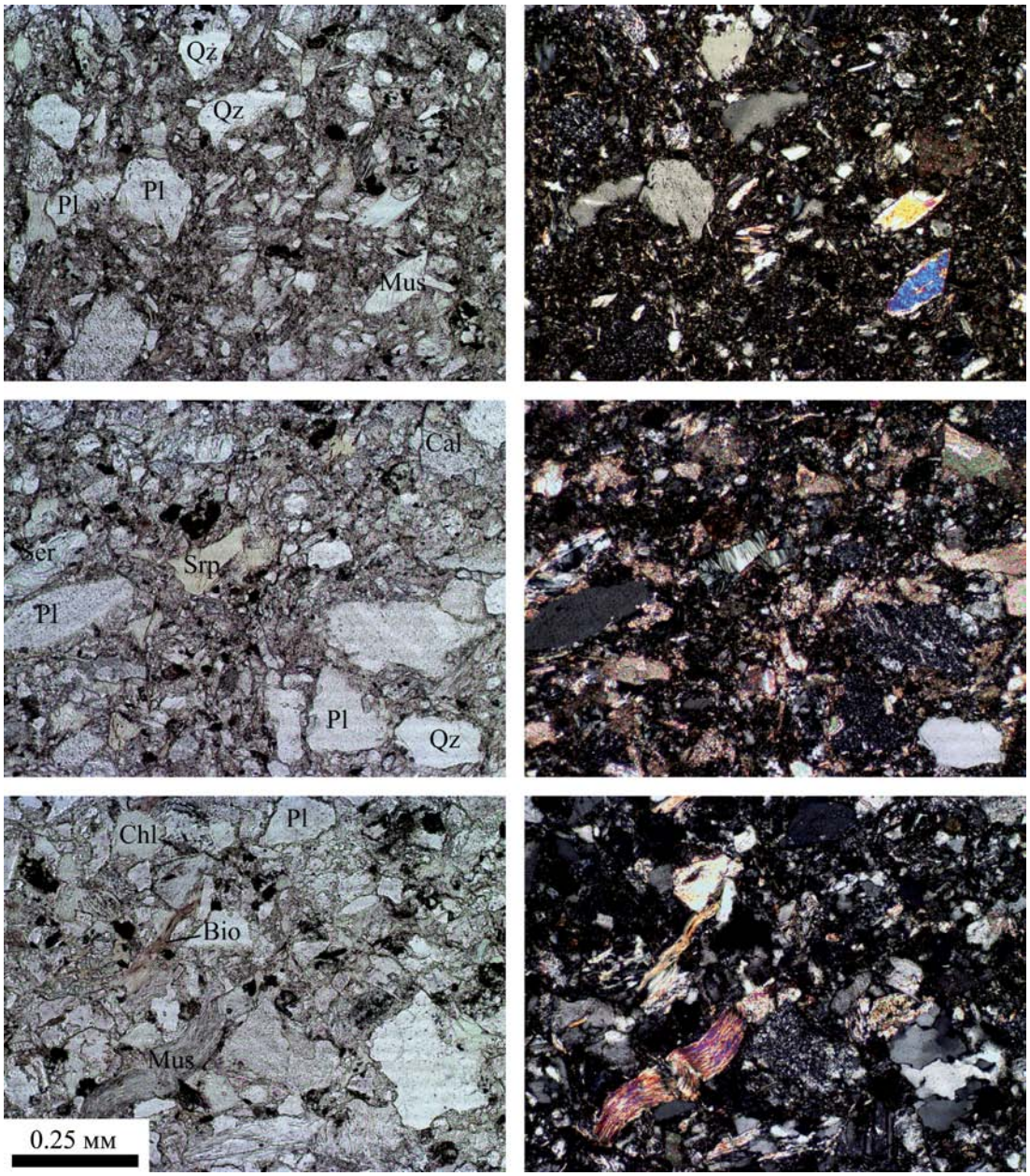

Рис. 9. Микрофотографии песчаников худолазовской линзы

Примечания: Слева — без анализатора, справа — с анализатором. *Bio* — биотит, *Cal* — кальцит, *Chl* — хлорит, *Mus* — мусковит, *Pl* — плагиоклаз, *Qz* — кварц, *Ser* — серицит, *Srp* — серпентин.

Fig. 9. Micrographs of the Khudolaz lentil sandstones

Note: Left — no analyzer, right — with an analyzer. *Bio* — biotite, *Cal* — calcite, *Chl* — chlorite, *Mus* — muscovite, *Pl* — plagioclase, *Qz* — quartz, *Ser* — sericite, *Srp* — serpentine.

углами, иногда с неглубокими «заливами». В единичных случаях хорошо окатан. Большинство зерен имеет неправильную, напоминающую осколки форму, редко — прямоугольную, треугольную и шестиугольную форму.

Полевые шпаты (4–20%) представлены преимущественно полисинтетическими двойниками, реже монокристаллами и сростками плагиоклаза. Форма слабоудлиненная, реже изометричная. Преобладают осколки с острыми и незначительно округленными углами, идиоморфные кристаллы и хорошо окатанные зерна единичны. В большинстве образцов плагиоклазы серицитизированы, хлоритизированы и кальцитизированы.

Обломки пород (69–87%) представлены магматическими, метаморфическими и осадочными разностями (см. рис. 2, 9, 10). Форма зерен разнообразная: изометричная и слабоудлиненная характерна для магматических пород и кварцитов, удлиненная — для пород, содержащих слюды. В большинстве своем зерна пород остроугольные и слабоокатанные, редко имеют хорошую окатанность.

Магматические породы (11–34%) представлены преимущественно кислыми разностями с микрофельзитовой, фельзитовой и микрогранитной структурами основной массы и вкрапленниками плагиоклаза и кварца. Во многих шлифах обнаружены единичные агрегаты кварца и плагиоклаза, по-видимому, являющиеся обломками гранитов или микропегматитов.

Зерна с реликтовой интерсертальной и гиалопилитовой структурами, характерными для вулканитов среднего и основного состава, единичны.

Метаморфические породы (58–79%) представлены хлоритолитами с аномальными сине-фиолетовыми и серо-коричневыми цветами интерференционного окраса, серпентинитами с мелкими беспорядочными и с линейно-ориентированными волокнами, кварцитами, серицит-кварцевыми, серицит-хлоритовыми, мусковит-кварцевыми и эпидот-кварцевыми породами.

Как и в отложениях улутауской свиты и ялангасской линзы встречаются единичные зерна, состоящие наполовину из базиса кислых вулканитов с фельзитовой структурой, наполовину из поликристаллического кварца (кварцит) (см. рис. 10, нижний ряд).

Около половины зерен, отнесенных к метаморфическим породам, имеют реликтовые структуры, свойственные осадочным (аргиллиты, алевролиты) и вулканогенным породам среднего и основного состава.

Осадочные породы (1–17%) представлены обломками кремнистых, кремнисто-глинистых и глинистых пород.

Зерна имеют конформные, реже инкорпорационные контакты. В менее уплотненных разностях присутствует глинисто-тонкообломочный матрикс или развитый по нему глинисто-хлоритовый поровый цемент.

Обсуждение

Согласно В.Д. Шутову [1967], положение фигуративных точек состава песчаников на предложенной им классификационной диаграмме позволяет судить о тектонических условиях бассейна седиментации и о процессах смешивания кластического материала из разных источников сноса. Признаками этих процессов являются ориентация кластеров, сформированных точками того или иного обломочного комплекса, и их удаление от вершины 100% содержания кварца, т. е. отношение к одному из трех тектоно-полимиктовых уровней диаграммы.

Подавляющее большинство фигуративных точек состава изученных песчаников расположилось в полях граувакк, полевошпатовых граувакк, полевошпатовых песчаников и кварцево-полевошпатовых граувакк. Эти поля отвечают третьему тектоно-полимиктовому уровню диаграммы (см. рис. 2). Следовательно, седиментация протекала в условиях высокой тектонической активности. Исключением являются песчаники мукасовской свиты. Точки, соответствующие их составу, расположились на втором тектоно-полимиктовом уровне диаграммы, к которому относятся кластолиты различных тектонических режимов, накапливающиеся как в платформенных, так и в складчатых областях. Согласно [Dickenson, Suczak, 1979], соотношение кварца, обломков пород и полевых шпатов песчаников мукасовской свиты характерно для рециклированных орогенов, что не согласуется с нынешними представлениями об истории развития Урала и требует последующего изучения.

Точки, отвечающие составу песчаников верхней части улутауской свиты и идяш-кускаровской линзы, формируют на классификационной диаграмме кластеры, ориентированные параллельно нижней стороне треугольника и границе полей полевошпатовых и кварцево-полевошпатовых граувакк. Согласно В.Д. Шутову, это свидетельствует о несмешанном составе обломочного материала, т. е. источник сноса для каждого из обломочных комплексов был один.

Кластеры песчаников ялангасской и худолазовской линз нижней подсвиты биягодинской свиты не ориентированы, что можно считать признаком смешения обломочного материала из разных источников сноса.

Песчаники верхней части улутауской свиты имеют однообразный состав. Набор основных компонентов ограничен: плагиоклазы и зерна вулканитов кислого состава. Последние составляют почти 100% от числа зерен пород. Кварц, зерна средних и основных вулканитов, кварциты и прочие разности присутствуют в незначительных количествах, что подтверждает вывод о несмешанном составе граувакк.

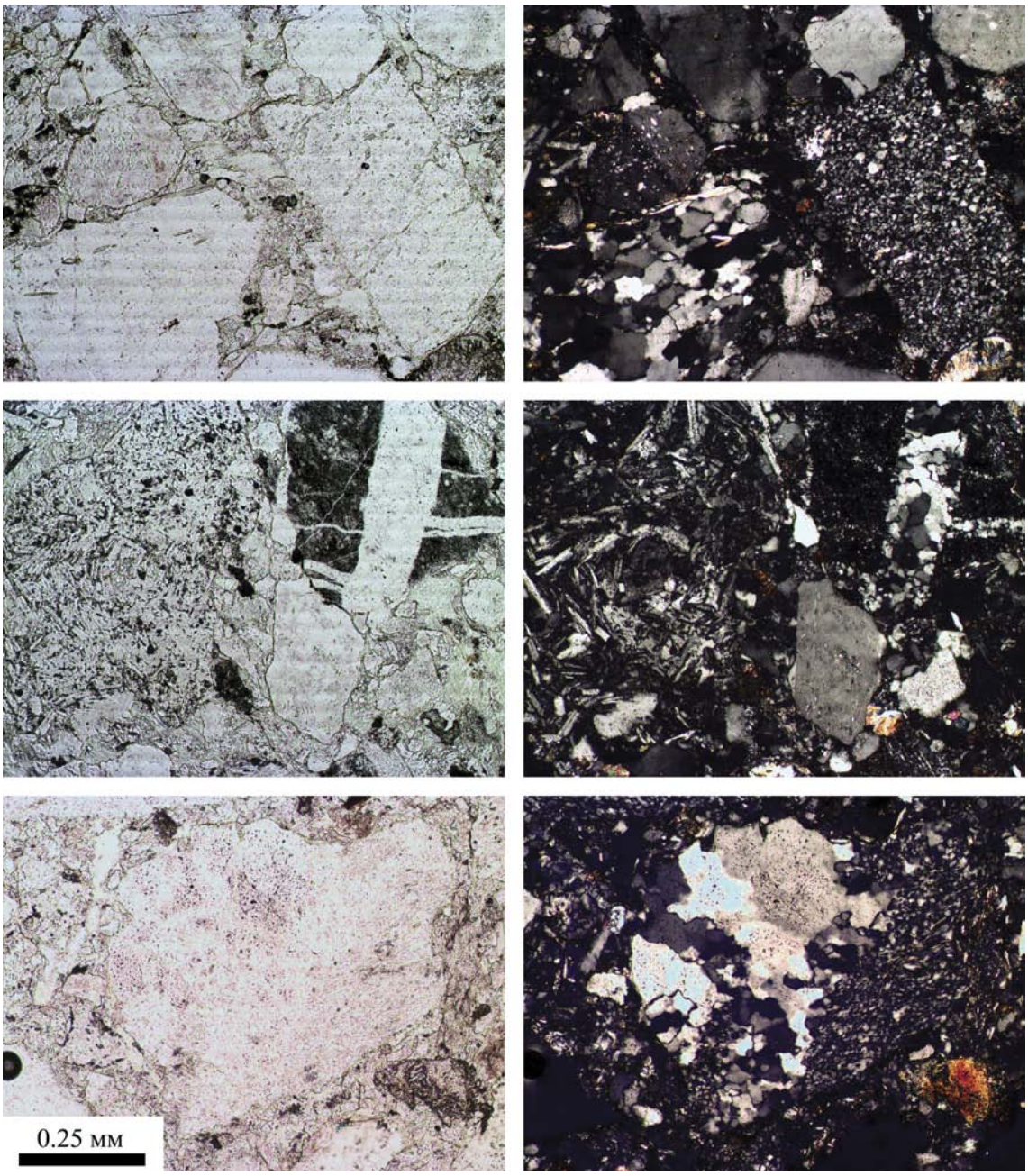

Рис. 10. Микрофотографии зерен пород из песчаников худолазовской линзы

Примечания: Слева — без анализатора, справа — с анализатором.

Fig. 10. Micrographs of grains of rocks from Khudolaz lentil sandstones

Notes: Left — no analyzer, right — with an analyzer.

Незначительное повышение содержания зерен кварца в четырех образцах улутауской свиты, по всей вероятности, унаследовано от исходной магмы, т.е. вкрапленников кварца в ней было больше. Примесь зерен кремней, вулканитов среднего – основного состава, вероятно, вызвана эрозией турбидными потоками дна бассейна, в том числе, выстланного тефрогенными песчаниками средней части улутауской свиты, по составу близкими к андезибазальтам.

Кристаллокласты плагиоклаза в большинстве своем не окатаны, расколоты поперек двойниковых швов. Кристаллы с незначительно округленными вершинами немногочисленные. Кварц практически не несет оптических дефектов, имеет включения базиса кислых эффузивов или характеризуется треугольной и саблевидной формой. Эти особенности, согласно [Хворова, 1980; Малеев, 1980; Шванов, 1987 и др.], характерны для плагиоклаза и кварца пирокластических отложений. На пирокластическую природу обломков порфиритов указывают выступающие из базиса вкрапленники плагиоклазов.

Таким образом, песчаники верхней части улутауской свиты являются тефрогенными, т.е. мобилизация большей части слагающего их обломочного материала осуществлялась в результате эксплозий. Впоследствии пирокластика, не претерпевая существенной обработки в водотоках и не испытывая существенного смешения с обломочным материалом из источников сноса иного состава, перемещалась в виде турбидных и обломочных потоков в относительно глубоководные зоны акватории Магнитогорской островодужной системы.

Песчаники мукасовской свиты контрастно отличаются от песчаников, не только рассмотренных в данном сообщении, но и от прочих девонских песчаников ЗМЗ повышенным содержанием кварца относительно содержания плагиоклазов и зерен пород. Помимо этого, во многих образцах кластолитов мукасовской свиты велико содержание глинистого матрикса — до 50%. В разрезах, прилегающих к д. Идяш-Кускарово и имеющих мощность несколько сотен метров, в ассоциации с песчаниками и алевролитами находятся аргиллиты или глинистые сланцы. Столь большое количество глинистого материала беспрецедентно для всего девонского разреза ЗМЗ и явно указывает на исключительные, но неисследованные особенности петрофонда и условия мобилизации обломочного материала мукасовского времени.

Согласно [Фазлиахметов и др., 2016], зерна **песчаников ялангасской линзы** имеют различное происхождение. Преобладают пирокластические (тефра), в меньших количествах присутствуют зерна, сформированные при разрушении литифицированных вулканитов (вулканотерригенные) и при размыве нелитифицированных кремневых осадков. Генезис зерен кварцитов спорный: они могут быть как терригенными, так и мобилизованными в результате эксплозий. Не исключена вероятность того, что некоторые из них вовсе не являются обломками, а образовались в постседиментационный период при заполнении пустот поликристаллическим кварцем, впоследствии подвергшимся бластезу.

Наличие зерен с признаками, характерными для пирокластических частиц, преобладание зерен, образованных из вулканического материала кислого состава [Фазлиахметов и др., 2016] приближает песчаники ялангасской линзы к тефрогенным образованиям и позволяет считать, что импульсом к мобилизации обломочного материала явились эксплозии и связанные с ними землетрясения. Однако примесь интракластического и вулканотерригенного материала, положение точек на диаграмме В.Д. Шутова заставляют рассматривать состав данных обломочных пород как смешанный.

Песчаники идяш-кускаровской линзы сложены обломками вулканических пород (в данном случае включая кварц и плагиоклазы) разного состава и разной степени метаморфических преобразований. Это позволяет отнести их к разряду вулканотерригенных. По всей видимости, источник сноса представлял собой подвергавшуюся размыву вулканическую область. Наличие осколков кварца и плагиоклаза, зерен порфиритов с выступающими вкрапленниками плагиоклазов, указывает на присутствие в обломочном материале пирокластики, что согласуется с данными о проявлении синхронного вулканизма (бугодакская свита) [Маслов и др., 1999].

Состав **песчаников худолазовской линзы** пестрый. В них присутствуют кварц с разнообразными идиоморфными свойствами, полевые шпаты, зерна кварцитов, слюдистых кварцитов, хлоритолитов, серпентинитов, кислых вулканитов, плутонических образований разного состава, известняков, кремнисто-тонкообломочных разностей и т.д. Столь широкий набор компонентов позволяет рассматривать данные образования как терригенные, при этом в источнике сноса размыву подвергались породы разного генезиса — эффузивные, плутонические, метаморфические и осадочные.

В песчаниках худолазовской линзы есть глинисто-алевритовый матрикс, а в переслаивании

с ними — глинистые сланцы. Это свидетельствуют о гораздо более интенсивном проявлении в источнике сноса химического выветривания (до и/или во время формирования худолазовской линзы).

В раду рассмотренных обломочных комплексов от древних к более молодым (мукасовский исключен ввиду малого количества данных) наблюдается переход от тефроидов к вулканотерригенным и далее к терригенным разностям. Усложнение состава граувакк отражает смену питающих провинций — от действующей островной дуги к разрушающейся вулканической провинции с признаками вулканической активности, и далее — к разрушающемуся «массиву» вулканитов, метаморфитов и серпентинитов.

Заключение

Проведенные исследования, основанные на описании 130 шлифов и подсчете зерен, позволили сделать следующие выводы.

1. Песчаники улутауской свиты и нижней подсвиты биягодинской свиты являются собственно граувакками, кварцевыми, кварцево-полевошпатовыми и полевошпатово-кварцевыми граувакками. Их накопление происходило в условиях высокой тектонической активности. Обломочный материал не испытывал длительной механической обработки в водотоках.

2. Песчаники улутауской свиты генетически являются тефроидами. Их накопление вызвано эксплозивной деятельностью Магнитогорской островной дуги.

3. Песчаники ялангасской линзы сложены зернами различного генезиса. Преобладает пирокластический материал. Менее распространены зерна, сформированные при разрушении литифицированных вулканогенных и нелитифицированных кремневых отложений. Предполагается, что мобилизация обломочного материала вызвана эксплозиями кислой пирокластики и сопровождающими их землетрясениями.

4. Песчаники идяш-кускаровской линзы отнесены к вулканотерригенным породам. Мобилизация формировавшего их обломочного материала протекала в результате разрушения «массива» вулканических пород разного состава и разной степени метаморфических изменений. Эти процессы сопровождались вулканизмом (бугодакская свита).

5. Песчаники худолазовской линзы являются терригенными. Они имеют смешанный состав, отражающий петрофонд, состоящий из осадочных, магматических и метаморфических пород. Граувакки имеют глинистый матрикс и переслаиваются в разрезе с глинистыми сланцами и аргиллитами. На этом основании сделано заключение о проявлении в источнике сноса химического выветривания.

6. В разрезе франских отложений наблюдается смена кластолитов разного генезиса в следующей последовательности: тефрогенные, вулканотерригенные, терригенные. Состав граувакк снизу вверх по разрезу усложняется, становится более пестрым.

7. Обломочные отложения мукасовской свиты существенно отличаются от всех остальных девонских отложений ЗМЗ повышенным содержанием кварца и глинистого матрикса в песчаниках, наличием большого числа прослоев аргиллитов и глинистых сланцев.

Исследования выполнены по теме государственного задания № 0246-2019-0118.

Список литературы:

Аржавитина М.Ю. К геохимии пород зилаирской свиты Магнитогорского мегасинклинория // Вопросы минералогии и геохимии руд и горных пород Южного Урала. Уфа: БФАН СССР, 1976. С. 105–111.

Аржавитина М.Ю. Особенности минерального состава терригенных пород зилаирской свиты Магнитогорского мегасинклинория // Минералого-геохимические особенности колчеданных месторождений, вулканогенных и осадочных образований Южного Урала. Уфа: БФАН СССР, 1978. С. 48–55.

Малеев Е.Ф. Вулканиты: Справочник. М.: Недра, 1980. 240 с.

Маслов В.А., Артюшкова О.В., Нурмухаметов Э.М. Франские отложения Магнитогорского мегасинклинория. Уфа: ИГ УфНЦ РАН, 1999. 82 с.

Маслов В.П. Атлас породообразующих организмов (известковых и кремневых). М.: Наука, 1973. 268 с.

Мизенс Г.А. Седиментационные бассейны и геодинамические обстановки в позднем девоне ранней перми юга Урала. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2002. 192 с.

Мизенс Г.А. Средне- и верхнепалеозойские обломочные породы юга Урала как индикаторы палеотектонических и палеогеодинамических обстановок // Литология и геология горючих ископаемых: Межвузовский научный тематический сборник. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008 Вып. 2(18). С. 183–195.

Мизенс Г.А., Клещенок Н.С. Некоторые особенности геологии мукасовской свиты (верхний девон Южного Урала) // Ежегодник–2005 / Институт геологии и геохимии им. акад. А.Н. Заварицкого: Информационный сборник научных трудов. Екатеринбург, 2005. С. 93–97.

Симанович И.М. Кварц песчаных пород. М.: Наука. 1978. 156 с.

Фазлиахметов А.М. Стадиальные преобразования кислых вулканокластических граувакк биягодинской свиты (Западно-Магнитогорская зона Южного Урала) // Геологический вестник. 2019. № 2. С. 72–87. DOI: 10.31084/2619-0087/2019-2-6.

Фазлиахметов А.М. Франские граувакки Худолазовской мульды. Сообщение 1. Краткая характеристика отложений // Геологический вестник. 2020. № 2. С. 3–23. DOI: 10.31084/2619-0087/2020-2-1.

Фазлиахметов А.М., Аржавитина М.Ю., Гилязов А.А. Петрографические особенности верхнефранских вулканокластических граувакк окрестностей озера Ялангаскуль (Западно-Магнитогорская зона Южного Урала) // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2016. № 12. С. 23–30.

Фролов В.Т. Генетическая типизация морских отложений. М.: Недра, 1984. 222 с.

Фролов В.Т., Щербакова М.Н. Принципы совершенствования классификации и номенклатуры вулканогенно-осадочных пород // Вест. Моск. Ун-та. Сер. 4: Геология. 1988. № 4. С. 3–11.

Хворова И.В. Вулканизм и осадкообразование // Литология в исследованиях геологического института АН СССР. М.: Наука, 1980. С. 9–55.

Хворова И.В., Ильинская М.Н. Верхнедевонские граувакковые отложения Южного Урала и механизм их формирования // Литология и полезные ископаемые. 1980. № 4. С. 55–67.

Шванов В.Н. Петрография песчаных пород (компонентный состав, систематика и описание минеральных видов). Л. Недра, 1987. 269 с.

Шванов В.Н., Фролов В.Т., Сергеева Э.И., Драгунов В.И., Патрунов Д.К., Кузнецов В.Г., Беленицкая Г.А., Куриленко В.В., Петровский А.Д., Кондитеров В.Н., Баженова Т.К., Жданов В.В., Щербаков Ф.А., Щербакова М.Н., Мизенс Г.А., Цейслер В.М., Трифонов Б.А., Верба Ю.Л., Ильин К.К. Систематика и классификация осадочных пород и их аналогов. СПб.: Недра, 1998. 352 с.

Шутов В.Д. Классификация песчаников // Литология и полезные ископаемые. 1967. № 5. С. 86–103.

Dickenson W., Suczak C.A. Plate tectonics and sandstones compositions // American Association of Petroleum Geologists Bulletin. 1979. Vol. 63, No. 12. P. 2164–2182. DOI: 10.1306/2f9188fb-16ce-11d7-8645000102c1865d.

Pettijohn F.J., Potter P.E., Siever R. Sand and sandstone. Springer-Verlag, Berlin, 1973. 618 p. DOI: 10.1007/978-1-4615-9974-6.

References:

Arzhavitina M.Yu. (1976) To the geochemistry of rocks of the Zilair suite of the Magnitogorsk megasynclinorium. *Voprosy mineralogii i geokhimii rud i gornykh porod Yuzhnogo Urala* [Questions of mineralogy and geochemistry of ores and rocks of the Southern Urals]. Ufa, BFAN SSSR, 105-111. (In Russian).

Arzhavitina M.Yu. (1978) Features of the mineral composition of terrigenous rocks of the Zilair suite of the Magnitogorsk megasynclinorium. *Mineralogo-geokhimicheskiye osobennosti kolchedannykh mestorozhdeniy, vulkanogennykh i osadochnykh obrazovaniy Yuzhnogo Urala* [Mineralogical and geochemical features of pyrite deposits, volcanogenic and sedimentary formations of the Southern Urals]. Ufa, BFAN SSSR, 48-55. (In Russian).

Dickenson W., Suczak C.A. (1979) Plate tectonics and sandstones compositions. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, **63**(12), 2164-2182. DOI: 10.1306/2f9188fb-16ce-11d7-8645000102c1865d.

Fazliakhmetov A.M. (2019) Epigenetic transformations in acidic volcaniclastic greywackes from Biygoda Formation (the West-Magnitogorsk zone, the Southern Urals). *Geologicheskii vestnik – Geological Bulletin*, (2), 72-87. DOI: 10.31084/2619-0087/2019-2-6. (In Russian).

Fazliakhmetov A.M. (2020) Frasnian greywackes of the Khudolaz syncline. Message 1. Brief description of deposits. *Geologicheskii vestnik – Geological Bulletin*, (2), 3-23. DOI: 10.31084/2619-0087/2020-2-1. (In Russian).

Fazliakhmetov A.M., Arzhavitina M.Yu., Gilyazov A.A. (2016) Petrographic features of the Upper Frasnian volcaniclastic greyushak surroundings of Lake Yalangaskul (West Magnitogorsk zone of the Southern Urals). *Vestnik Instituta geologii Komi NC UrO RAN – Bulletin of IG Komi Scientific Center Ural Branch of RAS*, (12), 23-30. (In Russian).

Frolov V.T. (1984) *Geneticheskaya tipizatsiya morskikh otlozheni* [Genetic typification of marine sediments]. Moscow, Nedra Publ., 222 p. (In Russian).

Frolov V.T., Shcherbakova M.N. (1988) Principles of improving the classification and nomenklotura of volcaniclastic rocks. *Moscow University Geology Bulletin*, (4), 3–11. (In Russian).

Khvorova I.V. (1980) Volcanism and sedimentation. *Litologiya v issledovaniyakh geologicheskogo instituta AN SSSR* [Lithology in studies of the Geological Institute of the Academy of Sciences of the USSR]. Moscow, Nauka Publ., 9-55. (In Russian).

Khvorova I.V., Il'inskaya M.N. (1980) Upper Devonian greywacke deposits of the Southern Urals and the mechanism of their formation. *Lithology and Mineral Resources*, (4), 55-67. (In Russian).

Maleyev Ye.F. (1980) *Vulkanity. Spravochnik* [Volcanic rocks. A handbook]. Moscow, Nedra Publ., 240 p. (In Russian).

Maslov V.A., Artyushkova O.V., Nurmukhametov E.M. (1999) *Franskie otlozheniya Magnitogorskogo megasinklinoriya* [Frasnian deposits of the Magnitogorsk megasynclinorium]. Ufa, IG UNC RAN, 82 p. (In Russian).

Maslov V.P. (1973) *Atlas porodoobrazuyushchikh organizmov (izvestkovykh i kremnevykh)* [Atlas of rock-forming fossils (calcareous and silica)]. Moscow, Nauka Publ., 268 p. (In Russian).

Mizens G.A. (2002) *Sedimentatsionnye basseiny i geodinamicheskie obstanovki v pozdnem devone rannei permi yuga Urala* [Sedimentation basins and geodynamic settings in the Late Devonian of the Early Permian south of the Urals]. Yekaterinburg, IGG UrO RAN, 192 p. (In Russian).

Mizens G.A. (2008) Middle and Upper Paleozoic detrital rocks of the south of the Urals as indicators of paleotectonic and paleogeodynamic settings. *Litologiya i geologiya goryuchikh iskopayemykh. Mezhvuzovskiy nauchnyy tematicheskiy sbornik*

[Lithology and geology of combustible minerals. Interuniversity scientific thematic collection]. Yekateriburg, UGGU Publ., **2**(18), 183-195. (In Russian).

Mizens G.A., Kleshchenok N.S. (2005) Some features of the geology of the Mukasov Formation (Upper Devonian of the Southern Urals). *Yezhegodnik–2005* [Yearbook–2005]. Yekaterinburg, IGG UrO RAN, 93-97. (In Russian).

Pettijohn F.J., Potter P.E., Siever R. (1973) Sand and sandstone. Springer-Verlag, Berlin, 618 p. DOI: 10.1007/978-1-4615-9974-6.

Shutov V.D. (1967) Classification of sandstones. *Litologiya i poleznyye iskopayemyye – Lithology and Mineral Resources*, (5), 86-103. (In Russian).

Shvanov V.N. (1987) *Petrografiya peschanykh porod (komponentnyi sostav, sistematika i opisanie mineral'nykh vidov)* [Petrography of sandy rocks (component composition, systematics and description of mineral species)]. Leningrad, Nedra Publ., 269 p. (In Russian).

Shvanov V.N., Frolov V.T., Sergeyeva E.I., Dragunov V.I., Patrunov D.K., Kuznetsov V.G., Belenitskaya G.A., Kurilenko V.V., Petrovskiy A.D., Konditerov V.N., Bazhenova T.K., Zhdanov V.V., Shcherbakov F.A., Shcherbakova M.N., Mizens G.A., Tseysler V.M., Trifonov B.A., Verba Yu.L., Il'in K.K. (1998) *Sistematika i klassifikatsiya osadochnykh porod i ikh analogov* [Systematics and classification of sedimentary rocks and their analogues]. Saint-Petersburg, Nedra Publ., 352 p. (In Russian).

Simanovich I.M. (1978) *Kvarts peschanykh porod* [Quartz of arenaceous rocks]. Moscow, Nauka Publ., 156 p. (In Russian).

Сведения об авторе:

Фазлиахметов Александр Маратович, кандидат геолого-минералогических наук, Институт геологии —обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН). E-mail: famrb@mail ru.

About the author:

Alexander Maratovich Fazliakhmetov, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS). E-mail: famrb@mail ru.