УДК 552.514 + 551.734 (234.853) DOI: http://doi.org/10.31084/2619-0087/2019-2-6

СТАДИАЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КИСЛЫХ ВУЛКАНОКЛАСТИЧЕСКИХ ГРАУВАКК БИЯГОДИНСКОЙ СВИТЫ (ЗАПАДНО-МАГНИТОГОРСКАЯ ЗОНА ЮЖНОГО УРАЛА)

© 2019 г. А. М. Фазлиахметов

Реферат. На широте озера Ялангаскуль на западном крыле Худолазовской синклинали в основании биягодинской свиты залегают кислые вулканокластические граувакки. Слагающие их зерна представлены кварцем, плагиоклазом, кислыми вулканитами. Подчиненное значение имеют зерна вулканитов среднего и основного состава, кварциты и кремни.

По условиям залегания выделяется три типа кислых граувакк. Первый тип — граувакки совместно с кремнями слагают самостоятельное линзовидное тело — ялангасскую линзу. Ее мощность — 350 м, протяженность — около 20 км. Второй тип — граувакки залегают в виде единичных прослоев среди полимиктовых граувакк, перекрывающих ялангасскую линзу, и тяготеют к слоям кремней. Третий тип — блок (отторженец) кислых вулканокластических граувакк размером 150×10–25 см залегает в слое полимиктовых граувакк.

Петрографическое изучение кислых вулканокластических граувакк позволило описать и интерпретировать развитые в них весьма различные постседиментационные структуры. На стадии диагенеза и раннего катагенеза сформировались регенерационные каемки кварца и кварцевый поликристаллический цемент порового типа. На стадии позднего катагенеза образовались конформные и инкорпорационные структуры, кварц и плагиоклаз были регенерированы. На стадии метагенеза были сформированы структуры деформационного пластинкования и фронтальное волнистое угасание в зернах кварца, трещины, бластопсаммитовая и бластоцементная структуры. Гнезда и жилы, заполненные поликристаллическим кварцем и редкими кристаллами аутигенного плагиоклаза, образовались на стадии регрессивного эпигенеза. Степень преобразований повышается от граувакк третьего типа к первому.

Выявленные стадии литогенеза увязаны с историей геологического развития территории. Процессы диа- и катагенеза протекали наиболее интенсивно на рубеже франского и фаменского веков в условиях седиментации высокой скорости (около 1500 мм/тыс. лет). В фаменском веке эти процессы, вероятно, постепенно затухли. Метагенез был вызван коллизионными процессами в позднем карбоне и ранней перми.

Проведенные исследования показали, что существенную роль при постседиментационных преобразованиях изученных пород играли растворы, насыщенные кремнеземом. Предполагается, что их источником были преимущественно кремневые осадки/породы, изобилующие в изученном разрезе.

Ключевые слова: катагенез, метагенез, регенерация, инкорпорация, кварц, плагиоклаз, бластез, кислые вулканокластические граувакки, франский ярус, биягодинская свита, лавинная седиментация, Южный Урал

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

For citation: Fazliakhmetov A.M. Epigenetic transformations in acidic volcaniclastic greywackes from Biygoda Formation (the West-Magnitogorsk zone, the Southern Urals) // Geologicheskii vestnik. 2019. No. 2. P. 72–87. DOI: http://doi.org/10.31084/2619-0087/2019-2-6.

EPIGENETIC TRANSFORMATIONS IN ACIDIC VOLCANICLASTIC GREYWACKES FROM BIYGODA FORMATION (THE WEST-MAGNITOGORSK ZONE, THE SOUTHERN URALS)

A. M. Fazliakhmetov

Abstract. At the latitude of the Lake Yalangaskul on the western limb of the Khudolaz syncline at the base of the Biyagoda formation are acidic volcaniclastic greywackes. The grains composing them are represented by quartz, plagioclase, and acid volcanics. Grains of medium and basic volcanics, quartzites and cherts are of primary importance.

Three types of acidic greywacke are distinguished. The first type — greywackes together with charts make up an independent lentil-like body — the Yalangas lentil. Its thickness is 350 m, its length is about 20 km. The second type — single layers of acid greywackes are deposited among polymictic greywackes, which overlap the Yalangas lentil and are associated with layers of cherts. The third type — the block of acidic volcaniclastic greywackes 150×10–25 cm in size lies in a bed of polymictic greywackes.

A petrographic study of acidic volcaniclastic greywackes allowed to describe and interpret very different penecontemporaneous textures developed in them. At the stage of diagenesis and early catagenesis, regeneration rims of quartz and quartz polycrystalline interstitial cement were formed. During the late catagenesis, conform and incorporation textures were formed, quartz and plagioclase were regenerated. At the metagenesis, deformation lamellae and undulatory extinction in quartz grains, cracks, blastic textures were formed. Nests and veins filled with polycrystalline quartz and rare crystals of authigenic plagioclase formed at the stage of retrograde epigenesis. The degree of transformation increases from the third-type acidic greywacke to the first.

The revealed stages of epigenesis are linked to the geological history of the territory. The processes of dia- and catagenesis proceeded most intensively at the turn of the Frasnian and Famennian under conditions of high-speed sedimentation (about 1500 mm/thousand years). In the Famennian these processes probably gradually faded out. Metagenesis was caused by collisional processes in the Late Carboniferous and Early Permian.

Studies have shown that a significant role in the epigenetic transformations of the studied rocks was played by solutions saturated with silica. It is assumed that their source was predominantly siliceous sediments/rocks abounding in the studied section.

Keywords: catagenesis, metagenesis, epigenesis, regeneration rims, incorporation textures, quartz, plagioclase, blastic textures, acidic volcaniclastic greywackes, the Frasnian, Biyagoda formation, avalanche sedimentation, South Urals

Введение

Кислые вулканокластические граувакки сравнительно редко встречаются в девоне Западно-Магнитогорской зоны. Их состав (кварц и кислые вулканиты, иногда кремни и кварциты), совместное накопление с кремневыми осадками (радиоляриты, яшмы и др.), высокая скорость седиментации перекрывающих отложений и последующее интенсивное тектоническое воздействие обусловили формирование специфических постседиментационных структур. Наиболее разнообразны они в кислых вулканокластических граувакках нижней подсвиты биягодинской свиты на широте озера Ялангаскуль. Их описание приведено в данном сообщении.

Положение района работ и фактический материал

Исследования проведены в Западно-Магнитогорской зоне Южного Урала, на западном крыле Худолазовской синклинали, в окрестностях озера Ялангаскуль. Здесь в непрерывной последовательности залегают плагиоклазовые вулканокластические граувакки улутауской свиты, кремни мукасовской свиты, граувакки и кремни нижней подсвиты биягодинской свиты (рис. 1). Детальная характеристика разреза приведена в статье [Фазлиахметов и др., 2016].

Кислые вулканокластические граувакки и дресвяники залегают в нижней части биягодинской

свиты (см. рис. 1). По условиям залегания их можно разделить на три типа.

Первый тип. Граувакки и дресвяники слагают самостоятельное стратиграфическое подразделение — ялангасскую линзу. Она залегает в самой нижней части биягодинской свиты и представляет собой непрерывную последовательность турбидитов и переслаивающихся с ними кремней мощностью на широте оз. Ялангаскуль около 350 м. По простиранию на север и на юг на расстоянии 20 км линза постепенно уменьшается в мощности и выклинивается.

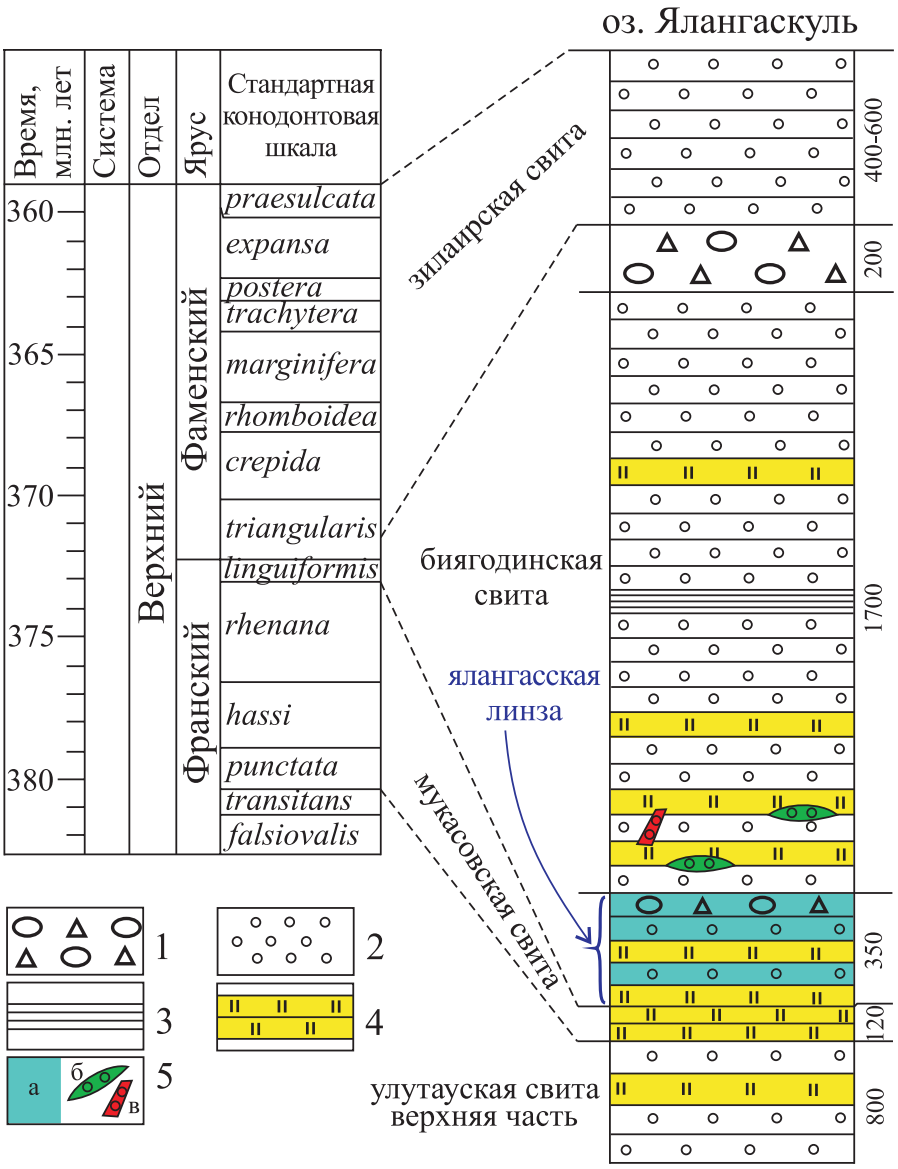

Рис. 1. Литолого-стратиграфическая характеристика верхнедевонских отложений западного крыла Худолазовской мульды на широте оз. Ялангаскуль. Составлена с использованием материалов [Маслов, Артюшкова, 2010; Becker et al., 2012; Фазлиахметов и др., 2016]

Условные обозначения: 1 — микститы; 2 — песчаники; 3 — аргиллиты; 4 — кремни; 5 — кислые вулканокластические граувакки первого (а), второго (б) и третьего (в) типов.

Fig. 1. Schematic lithologic and stratigraphic characteristics of the Upper Devonian sediments of the western limb of the Khudolaz syncline at the latitude of Lake Yalangaskul. Compiled using materials [Maslov, Artyushkova, 2010; Becker et al., 2012; Fazliahmetov et al., 2016]

Legend: 1 — mixtites; 2 — sandstones; 3 — mudstones; 4 — cherts; 5 — acidic volcaniclastic greywackes of the first (a), second (б) and third (в) types.

Второй тип. Кислые вулканокластические граувакки и дресвяники залегают в виде редких прослоев (турбидитов) среди полимиктовых граувакк и кремней, перекрывающих ялангасскую линзу, но также относящихся к нижней подсвите биягодинской свиты (N 53°01'36.90", E 58°25'46.06"; N 53°02'20.60", E 58°26'02.40"; N 53°02'18.63", E 58°26'03.24"; N 53°02'19.95", E 58°26'10.53"; N 53°00'14.13", E 58°25'15.94").

Третий тип встречен всего один раз: экзотический блок кислых вулканокластических граувакк и дресвяников размером 150×10–25 см. Залегает он поперек слоистости в одном из слоев полимиктовых граувакк (рис. 2), перекрывающих ялангасскую линзу (N53°00'22.04", E58°25'12.05").

Кислые вулканокластические граувакки всех трех типов были опробованы и изучены петрографически. Всего описано 18 шлифов. Из них 12 — первого, 4 — второго и 2 — третьего типа.

Особенности стадиальных преобразований

Граувакки и дресвяники всех типов имеют близкий состав зерен. Преобладающими являются кварц, плагиоклазы, кислые вулканические и субвулканические породы. В меньших количествах присутствуют зерна кремней, поликристаллического кварца (кварцитов?), известняков, вулканитов среднего и основного состава. Предполагается общий источник сноса для всех рассматриваемых кластолитов.

В отличие от состава зерен, характер их контактов, состав и структурные особенности связующего их материала контрастно отличаются в породах разных типов, что обусловлено разной степенью постседиментационных преобразований.

Наименее измененными являются песчаники и дресвяники **третьего типа**. Пространство между слагающими их зернами меняется даже в пределах одного шлифа. Наиболее часто, насколько об этом можно судить по двум шлифам, зерна прилегают друг к другу плотно, имеют конформные, реже инкорпорационные контакты (рис. 3). Участками пространство между зернами заполнено агрегатом тонкочешуйчатого хлорита, развитого, вероятно, по матриксу. Иногда среди хлорита равномерно распределены немногочисленные кристаллы плагиоклаза алевритовой и тонкопесчаной размерности.

Редко зерна сцементированы микрокристаллическим кальцитом.

Структура кластолитов на участках с сохранившимся матриксом и кальцитовым цементом

Рис. 2. Обнажение кислых вулканокластических граувакк и дресвяников третьего типа с поясняющей схемой (нижний правый угол)

Fig. 2. Outcrop of third-type acidic volcaniclastic greywackes and grussrock with an explanatory diagram (the lower right corner)

наиболее близка к той, что была сформирована на *стадии седиментогенеза*. Следовательно, судя по форме зерен и их сортировке, можно сделать вывод о том, что изначально в область седиментации поступал плохо отсортированный и плохо окатанный обломочный материал.

В песчаниках **второго типа** кварц имеет регенерационные каемки (рис. 4). Первичные контуры зерен трассированы отчетливо видимой полоской. Часто вдоль нее прерывисто развит грануляционный кварц в виде агрегатов размером 0.03–0.05 мм или цепочек толщиной 0.005–0.01 мм, состоящих из мельчайших кристаллов размером 0.005–0.05 мм. Толщина каемок колеблется от 0.02 до 0.25 мм, что составляет от 1/20 до 3/1 от поперечного размера зерна. Каемки прилегают к зернам с одной или

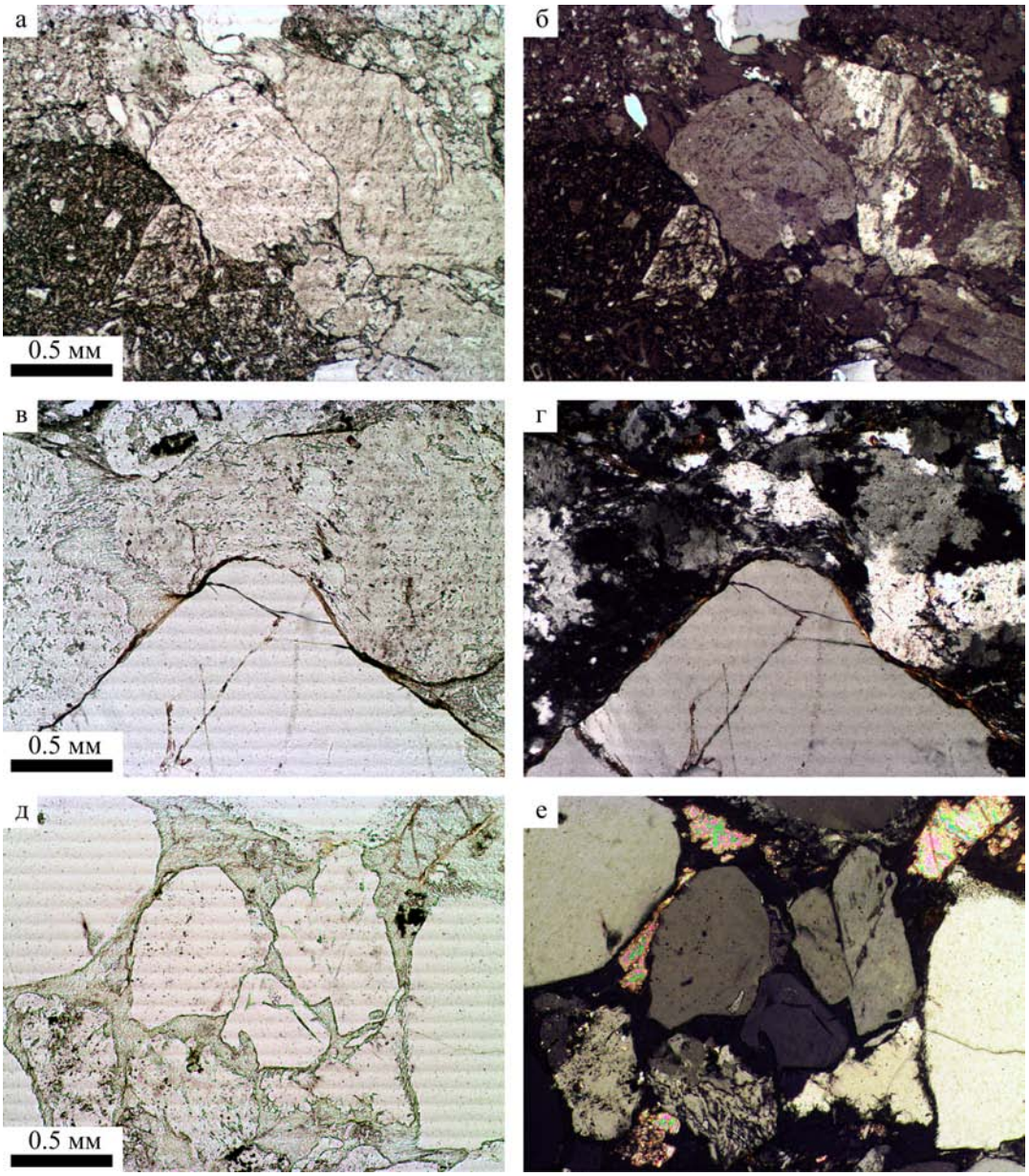

Рис. 3. Микрофотографии граувакк третьего типа

а, б — конформные и инкорпорационные структуры; в, г — инкорпорация кварца в зерно кварцита; д, е — хлорит и кальцит, заполняющие межзерновое пространство. Слева — без анализатора, справа — с анализатором.

Fig. 3. Thin sections of the third type greywacke

а, б — conform and incorporation textures; в, г — incorporation of quartz into quartzite grain; д, е — chlorite and calcite, filling the interstitial space. Left — no analyzer, right — with the analyzer.

нескольких сторон непрерывно, но чаще прерывисто, заполняя межзерновые поры, что, согласно [Махнач, 2000], свойственно диа- и катагенетическим кварцевым каемкам.

За внешним контуром каемок следует поликристаллический кварцевый цемент. Он преимущественно закрытый поровый, участками открытый поровый (рис. 5). Индивиды кварца в цементе имеют размеры 0.01–0.05 мм.

Перечисленные особенности граувакк второго типа позволяют сделать вывод о циркуляции в межзерновом пространстве растворов, богатых кремнекислотой. Ее поступление нельзя связать с гравитационной коррозией, поскольку конформные контакты зерен редки, а инкорпорационные и микростилолитовые структуры не встречены вовсе. Следовательно, источником кремнекислоты были подстилающие или перекрывающие слои,

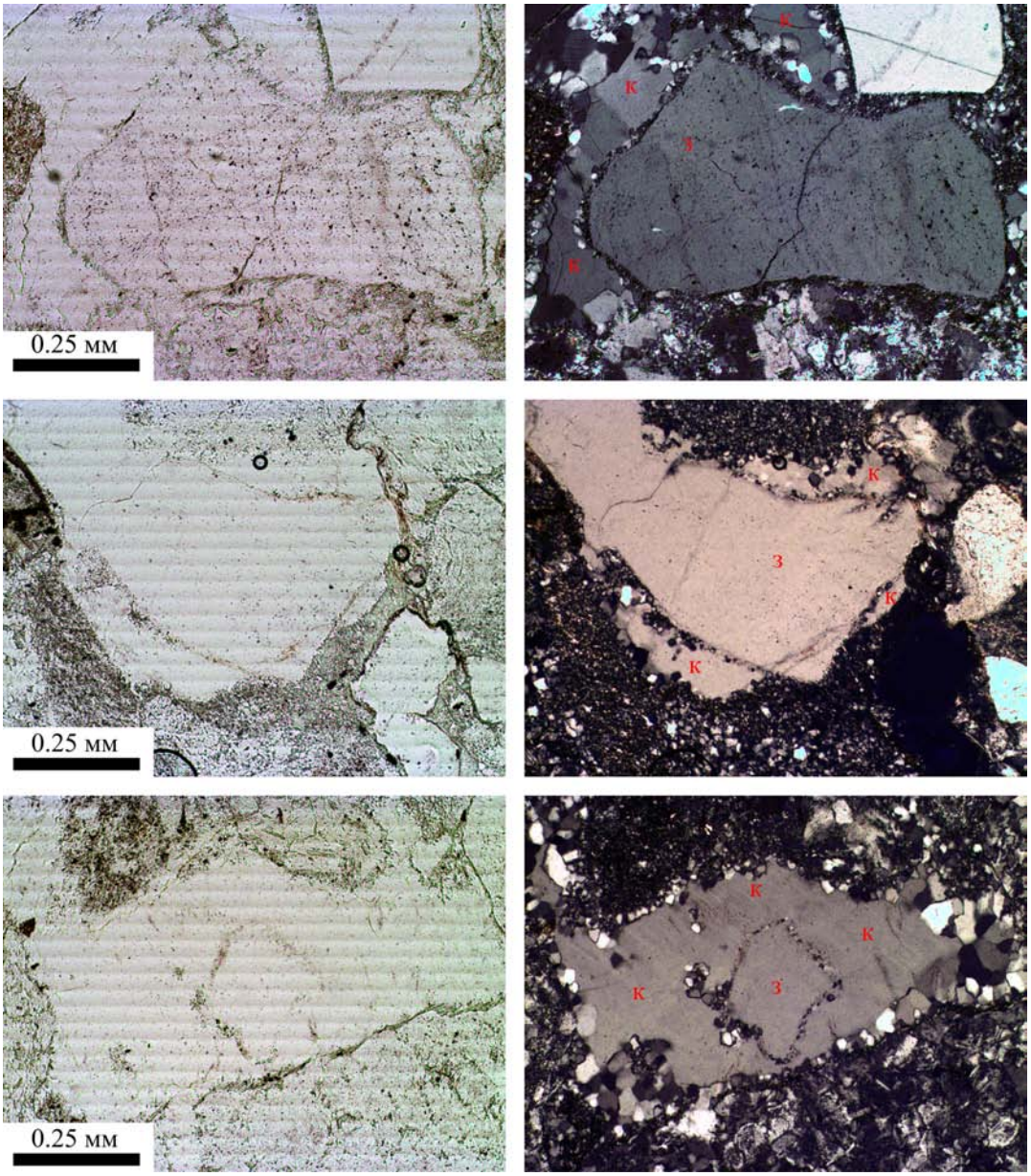

Рис. 4. Регенерационные каемки (к) на зернах (з) кварца в граувакках второго типа

Слева — без анализатора, справа — с анализатором.

Fig. 4. Regeneration rims (к) on the grains (з) of quartz in greywackes of the second type

Left — no analyzer, right — with the analyzer.

в том числе кремневые, к которым тяготеют кластолиты второго типа.

Заполнение аутигенным кварцем (регенерационные каемки, поликристаллический цемент) преимущественно закрытых межзерновых пор и ограниченное распространение структур гравитационной коррозии, в соответствии с данными [Логвиненко, 1968; Симанович, 1978; Япаскурт, 1995, 2008; Махнач, 2000], происходило на *стадии начального катагенеза*. Учитывая большой относительно зерен размер некоторых каемок, можно предполагать, что рост их начался в диагенезе, когда осадки не были уплотнены.

В граувакках **первого типа**, не затронутых процессами бластеза (см. ниже), приблизительно каждое десятое зерно кварца и плагиоклаза регенерировано (рис. 6–7). Около ⅓ зерен регенерированного кварца имеет два слоя регенерационных каемок.

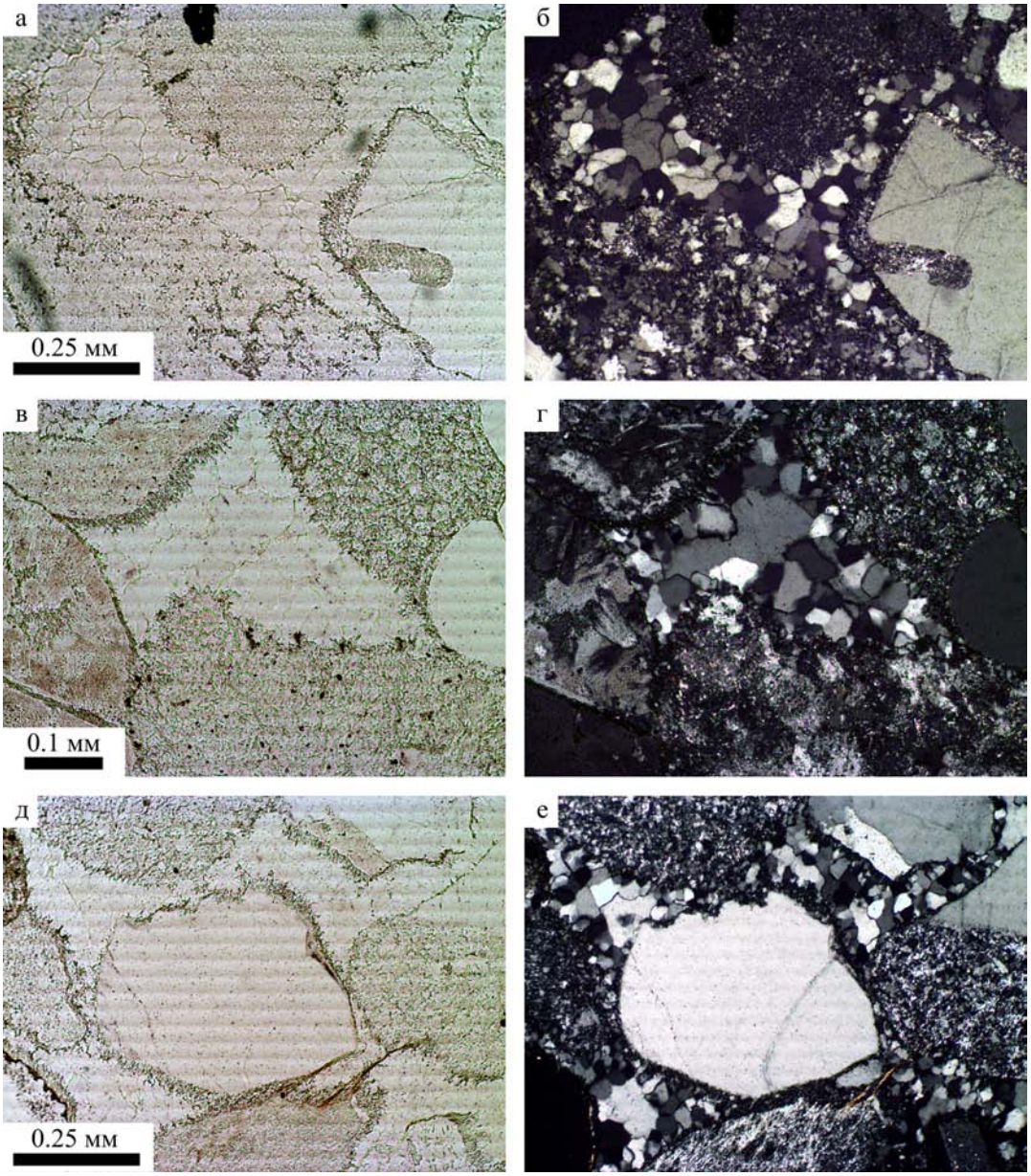

Рис. 5. Поликристаллический кварцевый цемент в граувакках второго типа

Слева — без анализатора, справа — с анализатором.

Fig. 5. Polycrystalline quartz cement in greywackes of the second type

Left — no analyzer, right — with the analyzer.

Структура каемок на зернах кварца с одним и двумя слоями регенерации и особенности границ зерно – каемка и каемка – каемка не имеют существенных отличий от описанных выше. Соотношение размеров внутренних и внешних каемок разнится в широких пределах. Внешние каемки нарастают поверх внутренних, иногда частично покрывают само зерно. В одном из зерен на его границе с каемкой развит хлорит, являющийся, вероятно, реликтом матрикса (см. рис. 6в).

Регенерационные каемки плагиоклаза чаще присутствуют с одной или двух противоположных

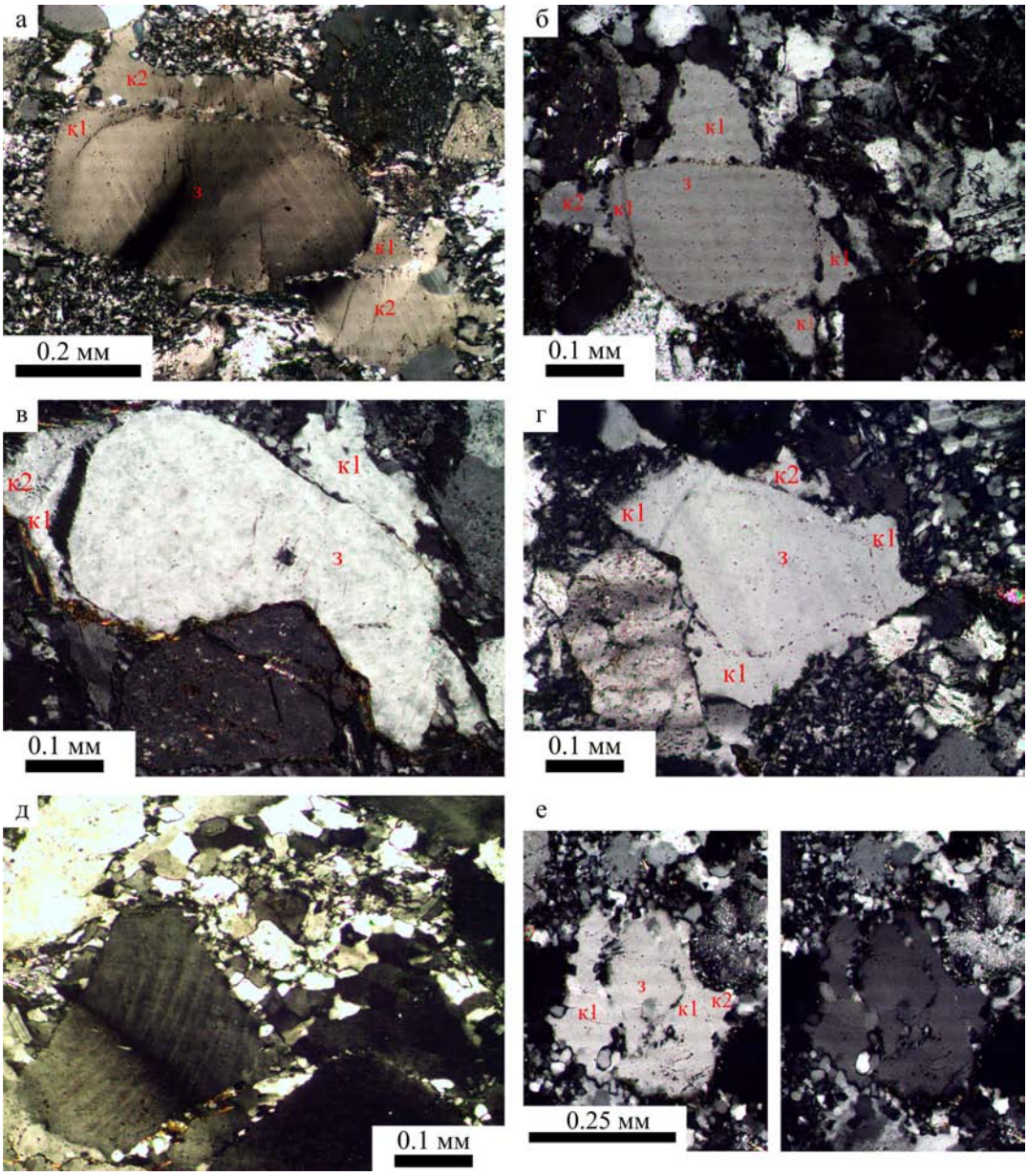

Рис. 6. Вторичные изменения кварца граувакк первого типа

а, д — пластинки деформации и фронтальное волнистое угасание; а–г, е — регенерационные каемки первого (к1) и второго (к2) слоя. Буквой «з» обозначены регенерированные зерна. Рисунок е состоит из двух фотографий, отличающихся поворотом относительно плоскости поляризации микроскопа. Все фотографии с анализатором.

Fig. 6. Penecontemporaneous changes of quartz in the first type greywackes

а, д — deformation lamellae and frontal undulatory extinction; а–г, е — regeneration rims of the interior (к1) and external (к2) layer. The letter «з» indicates regenerated grains. Figure е consists of two photographs differing in rotation relative to the polarization plane of the microscope. All photos with the analyzer.

сторон, наращивая кристалл по длине полисинтетических двойников (см. рис. 7). Редко плагиоклаз регенерирован с трех или всех четырех сторон. Кристаллографическая ориентация двойников в зерне и в его регенерированной части чаще совпадает, реже инвертирована, т.е. в скрещенных николях при максимальном просветлении одной из систем двойников зерна, наращивающая их система двойников находится в положении максимального погасания или близко к ней. Полоска Бекке на границе кристалла и каемки отсутствует или перемещается от кристалла при подъеме тубуса микроскопа. Следовательно, аутигенный плагиоклаз является таким же по составу, как в зерне или несколько обогащен анортитовой составляющей.

Совместно с регенерационными структурами в песчаниках и дресвяниках первого типа встречаются конформные и инкорпорационные контакты

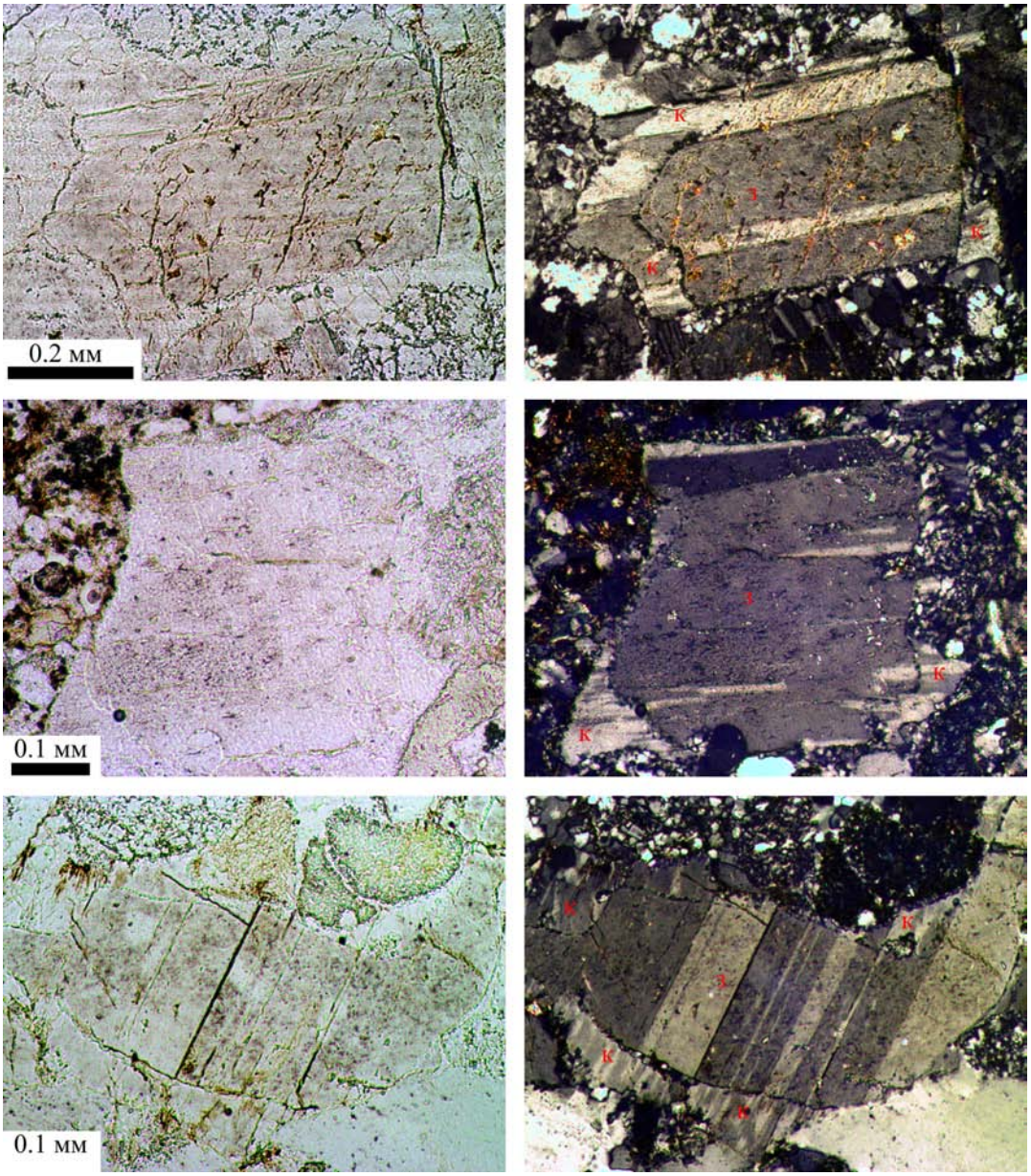

Рис. 7. Регенерационные каемки на кристаллокластах плагиоклаза в граувакках первого типа

Слева — без анализатора, справа — с анализатором. Буквенные обозначения см. на рис. 4.

Fig. 7. Regeneration rims on the plagioclase in the first type greywackes

Left — no analyzer, right — with the analyzer.

зерен. Согласно [Логвиненко, 1968; Симанович, 1978; Япаскурт, 1995; 2008; Махнач, 2000], их формирование обусловлено растворением под воздействием высокого геостатического давления (гравитационная коррозия) и свойственно *стадии глубинного катагенеза*.

Важно отметить, что плагиоклаз иногда внедряется (инкорпорация) в каемки первого слоя регенерации кварца (см. рис. 6г). Это подтверждает, что поступление богатых кремнекислотой растворов происходило до наступления стадии глубинного катагенеза, т.е. в диагенезе или в раннем катагенезе. Каемки второго слоя, по всей видимости, синхронны с конформно-инкорпорационными структурами и регенерацией плагиоклаза.

В зернах кварца часто встречаются пластинки деформации (см. рис. 6а, д), фронтальное волнистое угасание (см. рис. 6а, д), трещины и развитые по ним зоны грануляции (рис. 8б). Эти дефекты имеют свое продолжение в регенерационных каемках первого и второго слоя. В некоторых зернах кварца наблюдается две разноориентированные системы пластинок деформации или одна, но искаженная (см. рис. 6д). Эти особенности свидетельствуют о проявлении по меньшей мере двух фаз деформации, случившихся после завершения регенерации кварца.

В большинстве образцов песчаников первого типа встречаются бластопсаммитовая по [Япаскурт, 1999] и бластоцементная по [Половинкина, 1966] структуры. Их особенностью является развитие агрегата кварца с размером индивидов от 0.001 мм до 0.1 мм вдоль трещин, по цементу кластолитов и краевым частям зерен с высоким содержанием кремнезема — кварца, кремней, кислых вулканитов и кварцитов (см. рис. 8). Иногда можно видеть, как трещины и развитые по ним зоны грануляции секут каемки регенерации кварца. Первичная обломочная структура пород и форма зерен во многих образцах практически уничтожены бластезом.

Согласно данным [Япаскурт, 1999; Махнач, 2000], проявление бластеза и пластической дефор-

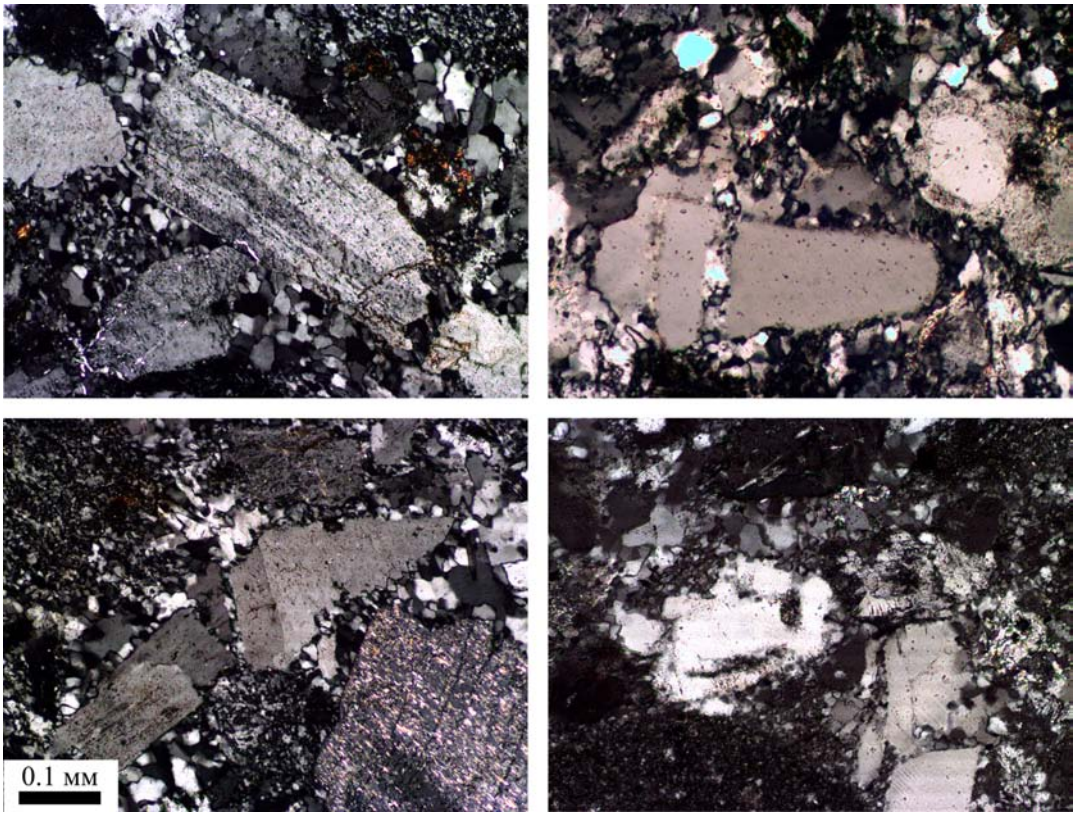

Рис. 8. Бластопсаммитовая и бластоцементная структуры в граувакках первого типа

Все фотографии с анализатором.

Fig. 8. Blastic textures in the first type greywackes

All photos with the analyzer.

мации кварца (структуры деформационного пластинкования, фронтальное волнистое угасание) свидетельствует о *завершении стадии катагенеза и начале метагенеза (начального метаморфизма, анхиметаморфизма)*.

В единичных образцах песчаников первого типа встречены гнезда и жилы, заполненные мозаичным кварцем. Их границы четкие, иногда прямолинейные, рассекают участки с бластоцементной и бластопсаммитовой структурой. В некоторых гнездах и жилах присутствуют идиоморфные кристаллы полевого шпата (альбит?) длиной до 0.05 мм (рис. 9а, б). В одном из гнезд среди поликристаллического кварца обнаружена тень (реликт), напоминающая кристалл плагиоклаза (см. рис. 9в, г).

Бластез в гнездах и жилах мозаичного кварца не проявлен. Следовательно, образовались они после метагенеза, при более низких значениях температуры и давления. С определенной долей условности их формирование можно отнести к *стадии регрессивного эпигенеза*, выделяемой О.В. Япаскуртом [1999].

Проведенные петрографические исследования кислых вулканокластических граувакк и дресвяников из нижней подсвиты биягодинской свиты позволили выявить ряд структур, сформированных на стадиях седиментогенеза, диагенеза, начального катагенеза, глубинного катагенеза, метагенеза и регрессивного эпигенеза. Представляется интересным увязать эти стадии с историей геологического развития территории.

Связь стадиальных изменений с историей развития территории

Выявленные стадиальные преобразования кислых вулканокластических граувакк и дресвяников свидетельствуют о многообразии процессов, протекавших на исследуемой территории с конца франского века. В этой связи представляется интересным провести их сопоставление.

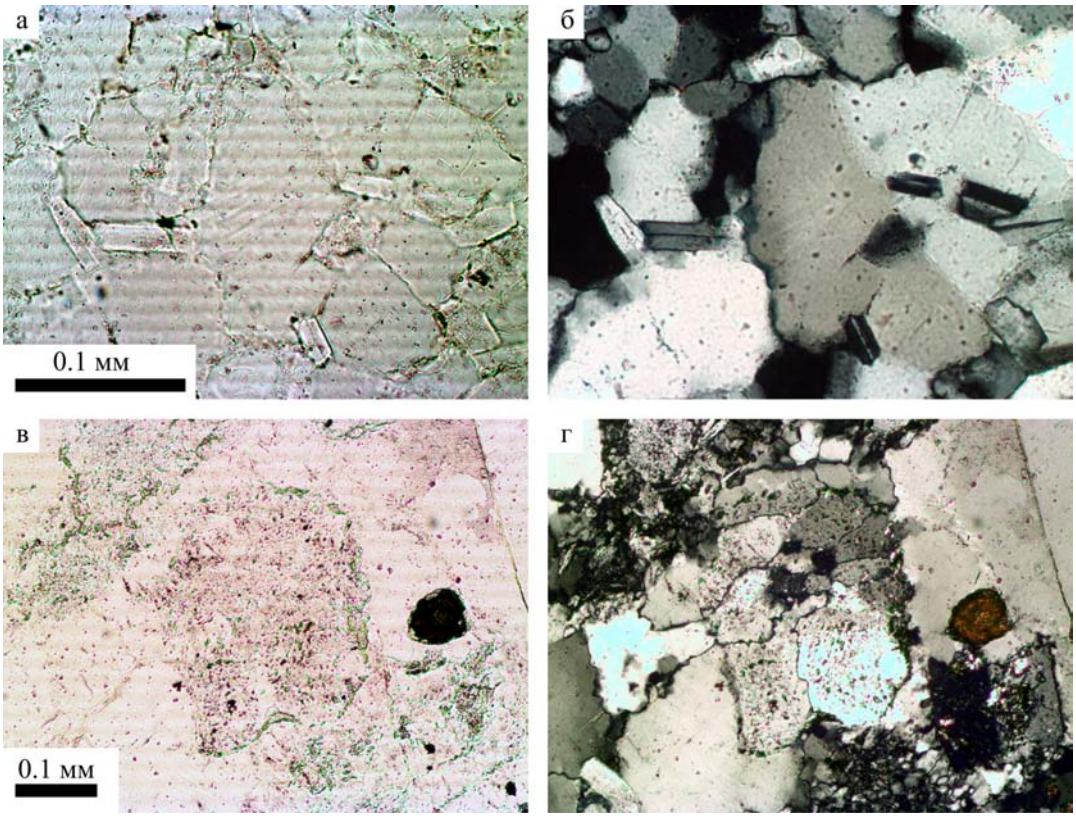

Рис. 9. Аутигенный плагиоклаз (альбит?) (а, б) и реликт плагиоклаза (в, г) в гнездах кварца в граувакках первого типа
Слева — без анализатора, справа — с анализатором.

Fig. 9. Authigenic plagioclase (albite?) (а, б) and relict of plagioclase (в, г) in quartz nests in the first type greywackes
Left — no analyzer, right — with the analyzer.

Биягодинская свита хорошо охарактеризована конодонтами [Маслов и др., 1999; Маслов, Артюшкова, 2010]. Это дает возможность сопоставить ее с международной стратиграфической шкалой [Becker et al., 2012] и приближенно рассчитать среднюю (для свиты в целом) скорость седиментации.

Продолжительность формирования биягодинской свиты составляет около 1.5 млн лет (см. рис. 1). Мощность ее на широте оз. Ялангаскуль — 2250 м. Соответственно скорость седиментации превышала 1500 мм/тыс. лет, что, согласно классификации А.П. Лисицына [1988], соответствует скорости *сверхлавинной седиментации*. Следовательно, ялангасская линза была стремительно (в геологических масштабах) погребена под толщей отложений мощностью почти 2000 м. Изначально это повлекло за собой уплотнение обломочных и кремневых осадков. Учитывая их состав, следует сделать вывод о насыщенности отжимаемых вод кремнекислотой, что, по всей видимости, и стало причиной регенерации кварца и формирования кварцевого поликристаллического цемента на стадии раннего катагенеза, а возможно и в диагенезе.

Дальнейшее увеличение мощности отложений, перекрывающих ялангасскую линзу, постепенно привело к повышению геостатического давления и температуры до уровня, отвечающего стадии глубинного катагенеза, судя по совместному нахождению структур гравитационной коррозии и регенерации плагиоклаза и кварца (второй слой каемок).

Процессы, вызванные погружением отложений ялангасской линзы под мощным чехлом осадков (диа- и катагенез), начались, по всей вероятности, уже на рубеже франского и фаменского веков, когда скорость седиментации на изучаемой территории была максимальной [Фазлиахметов, 2012].

Воздействие высокого геостатического давления на исследуемые породы, по всей видимости, не было продолжительным. Подтверждением этого служит наблюдаемое в некоторых образцах малое распространение конформно-регенерационных структур и незавершенность позднекатагенетических преобразований. Показательным в этом отношении является один из прослоев гравелитов, залегающий в нижней части биягодинской свиты, в 120 м выше кровли ялангасской линзы (N53°00’49.57", E58°25’21.43"). Обломки в нем представлены преимущественно плагиоклазовыми порфиритами дацитового состава. Контакты между ними микростилолитовые (рис. 10), указывающие на проявление условий глубинного катагенеза. В противоположность этому, матрикс, заполняющий пространство между обломками даже не хлоритизирован — состоит из кристаллокластов плагиоклаза алевритовой размерности и глинистого материала.

Согласно [Симанович, Япаскурт, 2002], переход от катагенеза к метагенезу происходит в результате смены геодинамических режимов, выражающихся в складчатости, кливаже, изменении флюидно-термального воздействия. Учитывая это, можно предположить, что наиболее вероятной причиной метагенетических преобразований кластолитов ялангасской линзы является стресс, связанный с коллизией (фамен – пермь) островной дуги и континента, а впоследствии двух континентов [Пучков, 2010]. Иных масштабных геологических событий на изучаемой территории не отмечается. Тектонические напряжения в Худолазовской мульде, согласно [Салихов, Пшеничный, 1984], проявились в позднем карбоне – ранней перми. В это время были сформированы разрывные нарушения, внедрились интрузивные тела и образовались золоторудные объекты [Салихов, Пшеничный, 1984; Серавкин и др., 2001; Знаменский, 2009]. С этими же процессами, вероятно, связан кливаж, развитый в полимиктовых граувакках, перекрывающих ялангасскую линзу. Примечательно, что в кислых вулканокластических граувакках он не проявлен вовсе. Это хорошо видно в обнажениях (рис. 11) и наглядно показывает разную реакцию на стресс кластолитов разного состава.

Заключение

Проведенные петрографические исследования кислых вулканокластических граувакк и дресвяников из нижней подсвиты биягодинской свиты позволили выявить следующие особенности их формирования.

1. На стадии седиментогенеза, в конце франского века, накапливался плохо сортированный и плохо окатанный обломочный материал, представленный преимущественно кварцем, плагиоклазами и обломками кислых вулканитов. Реликты матрикса состоят из хлорита, смеси хлорита и мельчайших кристаллокластов плагиоклаза, сохранившихся в межзерновом пространстве и, вероятно, в промежутках между зернами кварца и их регенерационными каемками.

2. Высокая скорость седиментации на рубеже франского и фаменского веков обусловила

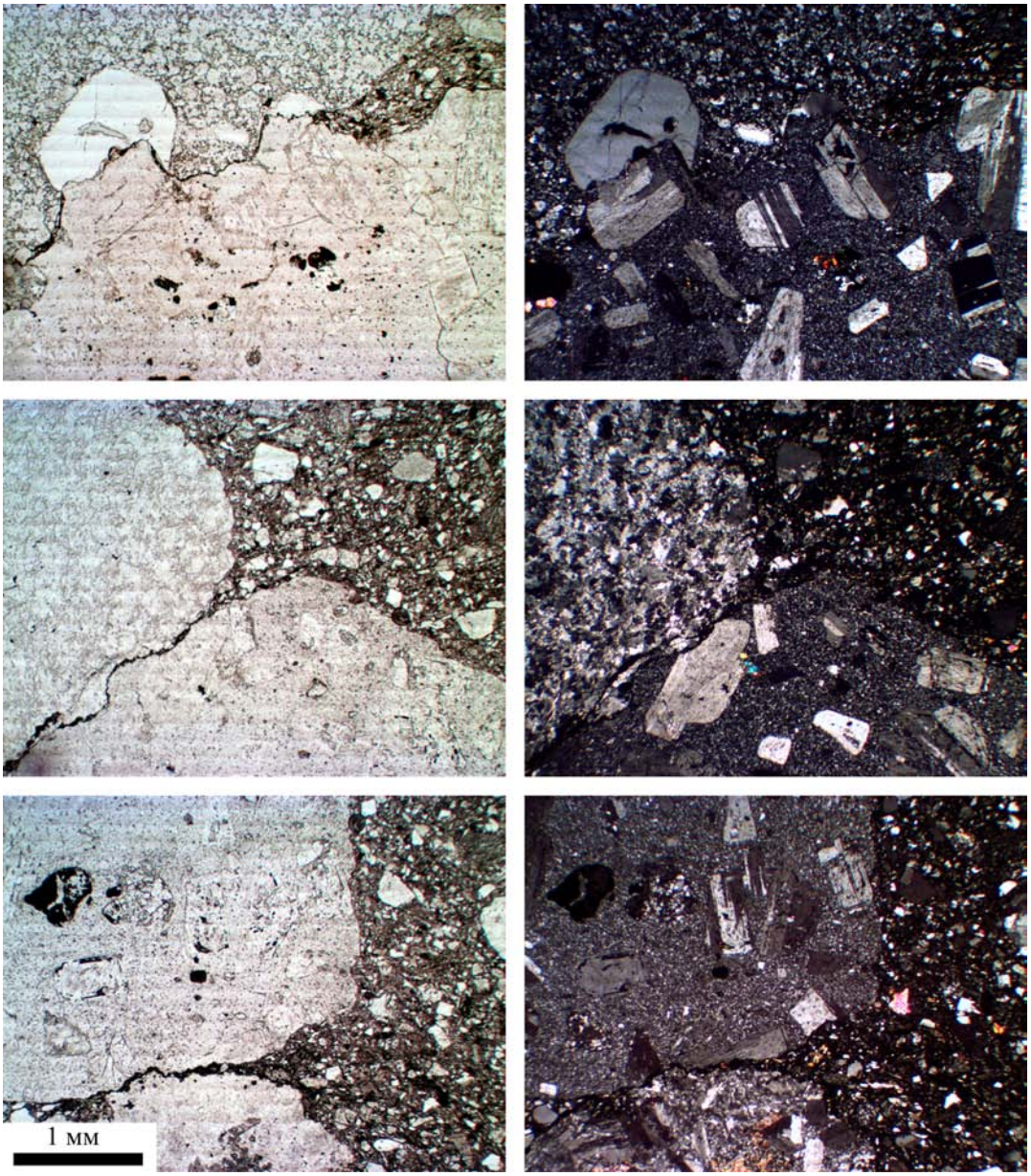

Рис. 10. Микростилолитовые контакты в вулканокластических гравелитах нижней подсвиты биягодинской свиты

Fig. 10. Microstylolitic contacts in volcaniclastic gritstones of the lower part of the Biyagoda formation

стремительное погребение исследуемых кластолитов под толщей мощностью более 2 км. Это привело к уплотнению обломочных и кремневых осадков и отжиму из них насыщенных кремнекислотой вод. На стадии начального катагенеза и, вероятно, диагенеза кремнекислота расходовалась на регенерацию кварца и образование кварцевого поликристаллического цемента.

3. Последующее погружение исследуемых отложений под толщу осадков привело к проявлению процессов, типичных для стадии глубинного катагенеза — к гравитационной коррозии зерен и сопряженной с ней регенерации кварца и плагиоклаза.

4. Возникновение фронтального волнистого погасания кварца, деформационных пластнок, бластопсаммитовых и бластоцементных структур протекало в метагенезе, обусловленном коллизионными процессами позднего карбона и ранней перми.

Рис. 11. Зона контакта кислых вулканокластических граувакк ялангасской линзы и перекрывающих ее полимиктовых граувакк (N53°01'41.75", E58°25'40.06")

Положение контакта показано пунктирной линией.

Fig. 11. Contact zone of acid volcaniclastic greywacke of the Yalangas lentil and polymictic greywacke overlapping it (N53°01'41.75", E58°25'40.06")

The position of the contact is indicated by a dotted red line.

5. Впоследствии, на стадии регрессивного эпигенеза, при сравнительно более низких температуре и давлении были сформированы гнезда и жилы поликристаллического кварца с микрокристаллами аутигенного плагиоклаза (альбита?).

Современные представления о стадиальных преобразованиях обломочных пород в осадочных бассейнах активных континентальных окраин, судя по обобщениям И.М. Симановича и О.В. Япаскурта [2002, 2005], весьма скудны. Стоит отдельно отметить, что существенно восполнили этот пробел недавние работы Л.В. Кокшиной [2012, 2013 и др.]. Представленные выше описания и полученные на их основе результаты, несмотря на гипотетичность некоторых заключений, наглядно демонстрируют ведущую роль кремнекислоты практически на всех этапах постседиментационного преобразования изученных пород.

В качестве одного из источников кремнекислоты рассматриваются кремневые осадки. Их отжим под давлением перекрывающих толщ мог вызвать миграцию насыщенных кремнекислотой растворов в близлежащие обломочные осадки/породы и их преобразование. Этот близкий к элизионному процесс требует дальнейшего изучения.

Автор выражает благодарность студентам и выпускникам кафедры геологии и полезных ископаемых БашГУ А.А. Гилязову, Н.И. Тимуршину, И.Х. Сафину, Д.В. Миняровой, А.А. Демидовой, А.Ф. Атнагулову и водителю ИГ УФИЦ РАН И.М. Мунасипову за помощь в проведении экспедиционных работ.

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

Список литературы:

Знаменский С.Е. Структурные условия формирования коллизионных месторождений золота восточного склона Южного Урала. – Уфа: Гилем, 2009. – 348 с.

Кокшина Л.В. Глинистые минералы в цементе палеозойских граувакк: Магнитогорская мегазона (Южный Урал) и Боровская зона (юго-запад Западной Сибири) // Литосфера. – 2012. – № 2. – С. 33–42.

Кокшина Л.В. Особенности катагенеза девонских петрокластических граувакк Магнитогорской мегазоны (Южный Урал) // Литосфера. – 2013. – № 5. – С. 26–41.

Лисицын А.П. Лавинная седиментация и перерывы в осадконакоплении в морях и океанах. – М.: Наука, 1988. – 309 с.

Логвиненко Н.В. Постдиагенетические изменения осадочных пород. – Л.: Наука, 1968. – 92 с.

Маслов В.А., Артюшкова О.В. Стратиграфия и корреляция девонских отложений Магнитогорской мегазоны Южного Урала. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. – 288 с.

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

Махнач А.А. Стадиальный анализ литогенеза: Уч. пособие. – Минск: Изд-во БелГУ, 2000. – 255 с.

Половинкина Ю.И. Структуры и текстуры изверженных и метаморфических пород.– М.: Недра, 1966. – Ч. 2, Т. 1: Изверженные породы. – 424 с.

Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. – 280 с.

Салихов Д.Н., Пшеничный Г.Н. Магматизм и оруденение зоны ранней консолидации Магнитогорской эвгеосинклинали. – Уфа: БФАН СССР, 1984. – 112 с.

Серавкин И.Б., Знаменский С.Е., Косарев А.М. Разрывная тектоника и рудоносность Башкирского Зауралья. – Уфа: Полиграфкомбинат, 2001. – 318 с.

Симанович И.М. Кварц песчаных пород.– М.: Наука. 1978. – 156 с. – (Тр. ГИН АН СССР; Вып. 314).

Симанович И.М., Япаскурт О.В. Геодинамические типы постседиментационных литогенетических процессов // Вест. Моск. Ун-та. Сер. 4: Геология. – 2002. – № 6. – С. 20–31.

Симанович И.М., Япаскурт О.В. Осадочные бассейны и постседиментационный литогенез терригенных толщ // Вест. Моск. Ун-та. Сер. 4: Геология. – 2005. – № 4. – С. 24–31.

Фазлиахметов А.М. Первые результаты расчета скоростей седиментации отложений среднего и верхнего девона Западно-Магнитогорской зоны Южного Урала // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий: Матер. 9-й Межрег. науч.-практ. конф. – Уфа: ДизайнПресс, 2012. – С. 59–60.

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. – doi.org/10.19110/2221-1381-2016-12-23-30.

Япаскурт О.В. Стадиальный анализ литогенеза: Уч. пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 142 с.

Япаскурт О.В. Предметаморфические изменения осадочных пород в стратисфере. Процессы и факторы. – М.: ГЕОС, 1999. – 260 с.

Япаскурт О.В. Генетическая минералогия и стадиальный анализ процессов осадочного породо- и рудообразования: Уч. пособие. – М.: ЭСЛАН, 2008. – 356 с.

Becker R.T., Gradstein F.M., Hammer O. The Devonian Period // The Geological Time Scale 2012. – Amsterdam: Elsevier, 2012. – P. 559–601. – doi.org/10.1016/b978-0-444-59425-9.00022-6.

References:

Becker R.T., Gradstein F.M., Hammer O. The Devonian Period // The Geological Time Scale 2012. Amsterdam: Elsevier, 2012. P. 559–601. doi.org/10.1016/b978-0-444-59425-9.00022-6.

Fazliakhmetov A.M. Pervyye rezul'taty rascheta skorostey sedimentatsii otlozheniy srednego i verkhnego devona Zapadno-Magnitogorskoy zony Yuzhnogo Urala [The first results of the calculation of sedimentation rates of sediments of the middle and upper Devonian of the West Magnitogorsk zone of the Southern Urals] // Geologiya, poleznyye iskopayemyye i problemy geoekologii Bashkortostana, Urala i sopredel'nykh territoriy: Materialy IX Mezhregional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Geology, minerals and geoecology problems of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories: materials of the 12 Interregional Scientific and Practical Conference]. Ufa: DizaynPress, 2012. P. 59–60 (in Russian).

Fazliakhmetov A.M., Arzhavitina M.Y., Gilyazov A.A. Petrograficheskiye osobennosti verkhnefranskikh vulkanoklasticheskikh grauvakk okrestnostey ozera Yalangaskul' (Zapadno-Magnitogorskaya zona Yuzhnogo Urala) [Petrographic features of the Upper Frasnian volcaniclastic greywacke surroundings of Lake Yalangaskul (West Magnitogorsk zone of the Southern Urals)] // Vestnik IG Komi NTS UrO RAN. 2016. No. 12. P. 23–30 (in Russian). doi.org/10.19110/2221-1381-2016-12-23-30.

Kokshina L.V. Glinistyye mineraly v tsemente paleozoyskikh grauvakk: Magnitogorskaya megazona (Yuzhnyy Ural) i Borovskaya zona (yugo-zapad Zapadnoy Sibiri) [Clay minerals in Paleozoic greywackes cement: Magnitogorsk Megazone (the South Ural) and Borovsk Zone (the south-west of Western Siberia)] // Litosfera. 2012. No. 2. P. 33–42 (in Russian).

Kokshina L.V. Osobennosti katageneza devonskikh petroklasticheskikh grauvakk Magnitogorskoy megazony (Yuzhnyy Ural) [Catagenesis' features of Devonian greywackes: Magnitogorsk megazone (Southern Ural)] // Litosfera. 2013. No. 5. P. 26–41 (in Russian).

Lisitsyn A.P. Lavinnaya sedimentatsiya i pereryvy v osadkonakoplenii v moryakh i okeanakh [Avalanche sedimentation and interruption in sedimentation in the seas and oceans]. M.: Nauka, 1988. 309 p. (in Russian).

Logvinenko N.V. Postdiageneticheskiye izmeneniya osadochnykh porod [Post-diagenetic changes in sedimentary rocks]. Leningrad: Nauka, 1968. 92 p. (in Russian).

Makhnach A.A. Stadial'nyi analiz litogeneza [Analysis of sedimentary rocks epigenic rtansformations]. Minsk: BGU, 2000. – 255 p. (in Russian).

Maslov V.A., Artyushkova O.V. Stratigrafiya i korrelyatsiya devonskih otlozheniy Magnitogorskoy megazonyi Yuzhnogo Urala [Stratigraphy and correlation of the Devonian deposits of the Magnitogorsk megazone of the Southern Urals]. Ufa: DizaynPoligrafServis, 2010. 288 p. (in Russian).

Maslov V.A., Artyushkova O.V., Nurmukhametov E.M. Franskiye otlozheniya Magnitogorskogo megasinklinoriya [Fransian deposits of the Magnitogorsk megasynclinorium]. Ufa: IG UFSC RAS, 1999. 82 p. (in Russian).

Polovinkina Y.I. Struktury i tekstury izverzhennykh i metamorficheskikh porod. Chast' vtoraya. Tom I. Izverzhennyye porody [Structures and textures of igneous and metamorphic rocks. Part two. Volume I. Igneous rocks]. M.: Nedra, 1966. 424 p. (in Russian).

Puchkov V.N. Geologiya Urala i Priural'ya (aktual'nyye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallogenii) [Geology of the Urals and the Fore-Urals (actual issues of stratigraphy, techtonics, geodynamics and metallogeny)]. Ufa: DizaynPoligraf Servis Press, 2010. 280 p. (in Russian).

Salikhov D.N., Pshenichnyy G.N. Magmatizm i orudeneniye zony ranney konsolidatsii Magnitogorskoy evgeosinklinali [Magmatism and mineralization of the zone of early consolidation of the Magnitogorsk eugeosyncline]. Ufa: BF AS SSSR, 1984. 112 p. (in Russian).

Seravkin I.B., Znamenskiy S.Ye., Kosarev A.M. Razryvnaya tektonika i rudonosnost' Bashkirskogo Zaural'ya [Fault tectonics and ore deposites of the Trans-Uralian Bashkiria]. Ufa: Poligrafkombinat, 2001. 318 p. (in Russian).

Simanovich I.M. Kvarts peschanykh porod. [Quartz of sandy rocks]. M.: Nauka. 1978. 156 p. (in Russian). (Trudy GIN AN SSSR; Vyp. 314 [Works of GIN AS USSR; Is. 314]).

Simanovich I.M., Yapaskurt O.V. Geodinamicheskiye tipy postsedimentatsionnykh litogeneticheskikh protsessov [Geodynamic types of postsedimentation lithogenetic processes] // Vest. Mosk. Un-ta. Ser. 4: Geologiya. 2002. No. 6. P. 20–31 (in Russian).

Simanovich I.M., Yapaskurt O.V. Osadochnyye basseyny i postsedimentatsionnyy litogenez terrigennykh tolshch [Sedimentary basins and postsedimentary lithogenesis of terrigenous strata] // Vest. Mosk. Un-ta. Ser. 4: Geologiya. 2005. No. 4. P. 24–31 (in Russian).

Yapaskurt O.V. Stadial'nyy analiz litogeneza: Uchebnoye posobiye [Stage analysis of lithogenesis: Tutorial]. M.: MGU, 1995. 142 p. (in Russian).

Yapaskurt O.V. Predmetamorficheskiye izmeneniya osadochnykh porod v stratisfere. Protsessy i factory [Subject-amorphous changes in sedimentary rocks in the stratisphere. Processes and factors]. M.: GEOS, 1999. 260 p. (in Russian).

Yapaskurt O.V. Geneticheskaya mineralogiya i stadial'nyy analiz protsessov osadochnogo porodo- i rudoobrazovaniya: Uchebnoye posobiye [Genetic mineralogy and stadial analysis of sedimentary rock formation and ore formation: A study guide]. M.: ESLAN, 2008. 356 p. (in Russian).

Znamenskiy S.E. Strukturnyye usloviya formirovaniya kollizionnykh mestorozhdeniy zolota vostochnogo sklona Yuzhnogo Urala [Structural conditions for the formation of collision gold deposits in the eastern slope of the Southern Urals]. Ufa: Gilem, 2009. 348 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:

Fazliakhmetov Alexander Maratovich, 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.