

ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ ТАКАТИНСКОЙ СВИТЫ ПЛАТФОРМЕННОЙ ЧАСТИ БАШКОРТОСТАНА И ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

© Сергеева Н.Д.,

кандидат геолого-минералогических наук,
старший научный сотрудник,
Институт геологии,
Уфимский научный центр РАН,
ул. К. Маркса, 16/2,
450077, г. Уфа, Российская Федерация,
эл. почта: riphey@ufaras.ru

© Аржавитина М.Ю.,

кандидат геолого-минералогических наук,
доцент,
Башкирский государственный университет,
ул. З. Валиди, 32,
450000, г. Уфа, Российская Федерация

© Козлова О.В.,

инженер-исследователь,
Институт геологии,
Уфимский научный центр РАН,
ул. К. Маркса, 16/2,
450077, г. Уфа, Российская Федерация,
эл. почта: riphey@ufaras.ru

В статье приведены новые материалы по литолого-петрографическому и минералогическому изучению обломочных пород такатинской свиты нижнего девона платформенного Башкортостана и Оренбургской области. Для такатинских отложений, не содержащих палеонтологических остатков, выделены минералогические критерии и проведено расчленение и корреляция их в разобренных разрезах скважин Волго-Уральской области. По характеру аксессуарно-минеральных ассоциаций (апатит-рутил - циркон - турмалиновая или апатит-рутил - турмалин-цирконовая) такатинская свита отличается от подстилающих отложений карлинской свиты венда с турмалин-циркон-апатитовой ассоциацией и аслыкульской свиты ордовикского уровня с циркон-гранатовой ассоциацией.

В скважинах 10 Бaleyкинская и 27 Бишкаинская достаточно однородные по литологическому составу песчаники по минералогическим признакам подразделены на две толщи: верхнюю - такатинскую с циркон-турмалиновой ассоциацией (эмсский ярус нижнего девона) и нижнюю - дотакатинскую с существенно цирконовой ассоциацией, которая может соответствовать лохковскому и пражскому ярусам нижнего девона, а, возможно, и более древним горизонтам: грязнушинской свите (силур-нижний девон) Юрюзано-Айской впадины.

Полученные материалы по изучению такатинских осадков платформенного Башкортостана и Оренбургской области позволили выделить литолого-минералогические признаки для расчленения и корреляции терригенных отложений нижнего девона в разобренных разрезах скважин региона. Интерес к изучению терригенных отложений нижнего девона связан с тем, что на Урале такатинские песчаники считаются промежуточными коллекторами алмазов, а на сопредельной части Русской плиты эти отложения нефтеносны. Нефтяные залежи в отложениях нижнего девона были открыты на Культюбинском месторождении в районе города Аша в такатинской свите эмсского яруса, на Тобойском и Медымском месторождениях Печорской плиты в отложениях пражского яруса. Эти открытия значительно расширили стратиграфический диапазон промышленной нефтегазоносности нижнедевонских отложений востока Русской плиты и усилили интерес к изучению вещественного состава и строения базальных слоев нижнего девона для решения проблем стратификации отложений и направления поисковых работ в нижнем девоне на углеводородное сырье.

Ключевые слова: Волго-Уральская область, стратиграфия, рифей, венд, палеозой, такатинская свита, вещественный состав

© N.D. Sergeeva¹, M.Yu. Arzhavitina², O.V. Kozlova³

THE TAKATA FORMATION OF THE PLATFORM PART OF BASHKORTOSTAN AND THE ORENBURG OBLAST (PETROGRAPHIC FEATURES AND MINERALOGICAL CORRELATION)

^{1,3} Institute of Geology,
Ufa Scientific Centre,
Russian Academy of Sciences,
16/2, ulitsa Karla Marksa,
450077, Ufa, Russian Federation,
e-mail: riphey@ufaras.ru

² Bashkir State University,
32, ulitsa Zaki Validi,
450000, Ufa, Russian Federation

The paper considers new materials on litho-petrographic and mineralogical studies of clastic rocks of the Lower Devonian Takata Formation in the platform part of Bashkortostan and the Orenburg Oblast. It suggests mineralogical criteria for the Takata deposits containing no paleontological remains and gives their subdivision and correlation in the discrete well sections of the Volga-Ural Region. According to the type of accessory-mineral associations (apatite-rutile-tourmaline or apatite-rutile-tourmaline-zircon), the Takata Formation differs from underlying deposits of the Vendian Karly Formation with the tourmaline-zircon-apatite association and the Ordovician Aslykul Formation with the zircon-garnet association.

In Baleykino-10 and Bishkain-27 wells, lithologically rather uniform sandstones are subdivided into two units, according to their mineralogical

скв. 2 на Бавлинской разведочной площади в 1945 г. (территория Республики Татарстан). Позднее К.Р. Тимергазиным [10] для додевонских (бавлинских) отложений была разработана стратиграфическая схема, где были выделены 2 серии: нижнебавлинская (рифейская) и

верхнебавлинская (в современном понимании вендская). Стратиграфическое подразделение (бавлинская свита) в последующих стратиграфических схемах было упразднено в связи со стратиграфической неоднородностью свиты, неясностью вещественного наполнения и соот-

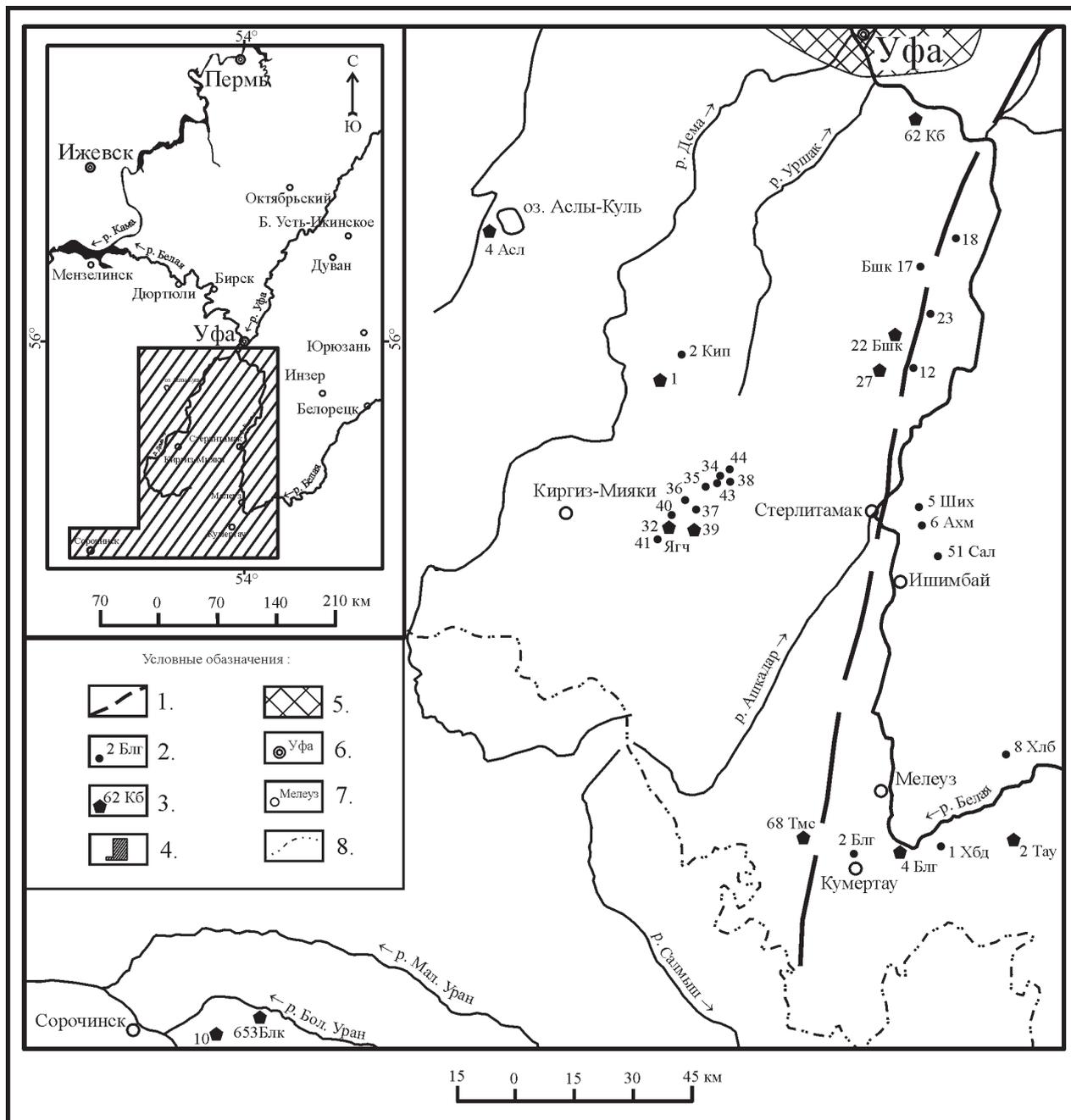


Рис. 1. Схема расположения скважин, вскрывших отложения нижнего палеозоя на юго-востоке Волго-Уральской области:

1 – западная граница Предуральского краевого прогиба; 2 – местоположение скважины и ее номер; 3 – изученные разрезы скважин; 4 – местоположение изученной площади; 5 – такатинские отложения отсутствуют; 6 – столицы республик и края; 7 – крупные населенные пункты и города; 8 – административные границы.

Разведочные площади:

Асл – Аслыкульская, Ахм – Ахмеровская, Блк – Балеikinская, Блг – Белоглинская, Бшк – Бишкаинская, Кб – Кабаковская, Кип – Кипчакская, Сал – Салиховская, Тмс – Таймасовская, Тау – Таушская, Хбл – Хлебодаровская, Ших – Шиханская, Ягч – Янгурчинская

Как отмечено выше, наиболее полные и мощные разрезы такатинской свиты расположены в Оренбуржье, где нами изучен керн скважин 653 и 10 Балеikinской разведочной площади. Наиболее полное представление о составе такатинской свиты, ее взаимоотношениях с подстилающими и перекрывающими отложения дает разрез, вскрытый скважиной 653 Балеikinская (рис. 3).

В скв. **653 Балеikinская** снизу (от забоя) описан следующий разрез (рис. 3).

1. Интервал глубин 3 696–3 704 м (к-1,5 м). Здесь снизу вскрыты.

V₂kr 1.1. Песчаники полимиктовые, мелкозернистые, темно-бурые с красноватым оттенком. Вскрытая мощность 0,5 м.

1.2. Песчаники полимиктовые, крупнозернистые светло-серые, рыхлые в основании слоя. В цементе песчаников присутствует доломит. Мощность 1,4 м.

1.3. Песчаники полевошпат-кварцевые, мелкозернистые, серые, слюдястые с тонкими слойками (1–3 мм), обогащенными углеродисто-глинистым материалом. Мощность 0,8 м.

1.4. Песчаники полимиктовые, мелкозернистые, светло-серые с желтоватым оттенком. Присутствуют зерна розового кварца. Мощность 0,5 м.

1.5. Песчаники полимиктовые, среднезернистые, сходные с описанными в слое 1.3. Мощность 0,5 м.

1.6. Песчаники полимиктовые, среднезернистые, аналогичные описанным в слое 1.4. Мощность 0,3 м.

D₁tk 1.7. Песчаники полимиктовые, среднезернистые, серые, прослоями темно-серые, слюдястые. Мощность 1,2 м.

1.8. Песчаники полимиктовые, разнозернистые (от средне- до крупнозернистых с гравием и редкой мелкой галькой молочно-белого кварца), прослоями, переходящие в гравелиты хлоритоидно-кварцевые с полевым шпатом и мелкогалечниковые конгломераты, в цементе которых те же разнозернистые песчаники, а в гальке – молочно-белый и бледно-розовый кварц. Гальки угловато-окатанные неправильной формы и хорошо окатанные, почти изометричного облика имеют размеры от 3 × 5 мм до 0,7 × 1 см. Обломочный материал не сортированный, а соотношение обломков и цемента 1:5 и иногда 1:3. Песчаники рыхлые, хорошо впитывают воду. Мощность 2,8 м.

2. Интервал глубин 3 688–3 696 м (к-2,7 м). Здесь снизу вскрыты.

2.1. Алевролиты глинистые, серые, с мелким растительным детритом и зернами полупрозрачного кварца (0,5–1 мм). Мощность 0,4 м.

2.2 Тонкое чередование мелкозернистых песчаников и алевролитов полевошпат-кварцевого состава, глинистых, с мелкой обломочной слюдкой, с многочисленным растительным детритом. Мощность 0,7 м.

2.3 Песчаники полевошпат-кварцевые, мелкозернистые, серые, глинистые, слюдястые. Мощность 0,3 м.

2.4. Керн отсутствует 2,1 м по мощности.

2.5. Песчаники полевошпат-кварцевые, мелкозернистые, светло-серые, слюдястые, с редкой галькой и гравием молочно-белого кварца, с конкрециями пирита (d-0,5 см), с нитевидными слойками и редкими прослойками (0,5–1 см) полевошпат-кварцевых алевролитов углеродисто-глинистых, темно-серых, сильно слюдястых. Мощность 0,9 м.

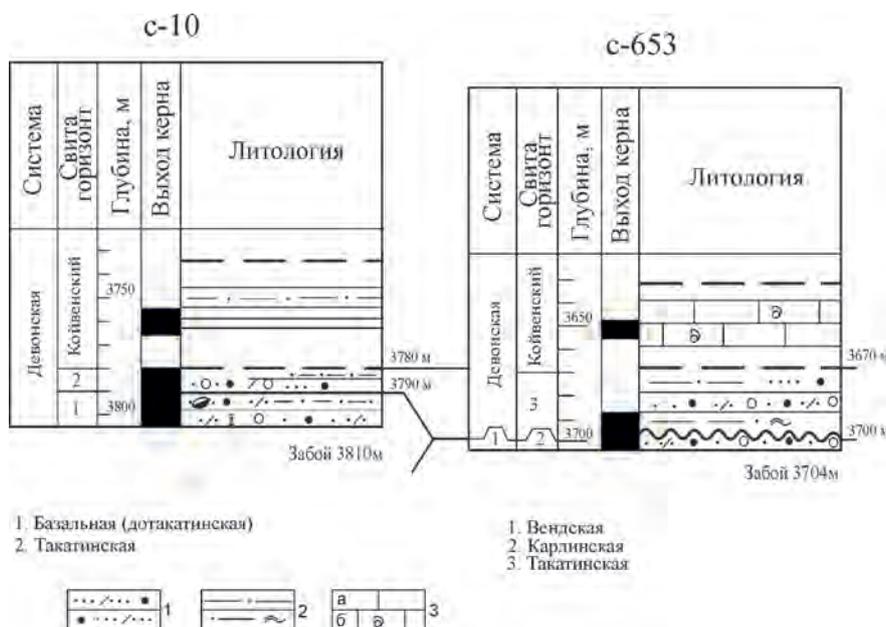


Рис. 3. Разрез нижнепалеозойских отложений по скважинам Балеikinской разведочной площади Оренбургской области: 1 – полимиктовые песчаники; 2 – алевролиты с растительным детритом; 3 – известняки (а), известняки с фауной (б)

Наибольшим распространением среди обломков пород (до 25%) пользуются *кварциты* (средний размер обломков 1 × 2 см). Одни из них без слюды состоят из зерен кварца с ровными или волнистыми краями, иногда с волнистым погасанием. Структура гранобластовая. В обломках кварцитов (шлиф с гл. 3 007,58 м) кроме кварца отмечались микроклин и плагиоклазы. Другой тип кварцитов со слюдой (мусковитом), имеющей субпараллельное расположение. Кроме кварцитов в породах нижней толщи встречаются обломки хлорито-слюдистые по аргиллиту (?) и полностью хлоритизированные удлиненной формы по биотиту (?), единичные пренитизированные обломки и обломки эффузивных пород. По краям отдельных зерен наблюдается ожелезнение, оно переходит на цемент, образуя ожелезненные прослои в породе. Цемент обломочных пород контакто-поровый, хлоритовый, иногда слюдисто-хлоритовый. Часть пор бывает выполнена ангидритом.

Песчаники нижней толщи по облику, особенностям литологического состава и соотношения с перекрывающими песчаниками, выделены в базальную (дотакатинскую) толщу, возможно, соответствующую хлебодаровской (нижний девон) или грязнушинской свитам (силур-нижний девон), выделенным Е.В. Чибриковой [8] в южной части Предуральяского прогиба и в Юрюзано-Айской впадине соответственно.

Верхняя толща (интервал глубин 3 780–3 790 м) представлена песчаниками полимиктовыми, грубозернистыми, часто гравийными, темно-коричневыми с вишневым оттенком, массивными, прерывисто и неравномерно слоистыми. Слоистость обусловлена присутствием темно-коричневого глинистого материала в цементе (чередуются зеленовато-желтовато-серые и темно-вишневые слои) и наличием тонких светло-серых прослоев гравийного материала. Отмечаются обломки (1 × 1,5 см) темно-коричневого алевритистого аргиллита. Верхние 0,6 м керна представлены алевролитами слюдисто-кварцевыми, темно-коричневыми, с тонкими слоями аргиллитов. Отмечаются прослои и пятна зеленого алевритистого аргиллита. Породы сильно слюдисты. Мощность толщи по керну 10 м.

Песчаники верхней толщи представлены плохо отсортированными песчано-гравийными и гравийно-песчаными (полимиктовыми) раз-

ностями с псефито-псаммитовой структурой и состоят, аналогично нижней толще, из обломков минералов и пород примерно в равных количествах. Обломочная часть представлена кварцем, полевыми шпатами и слюдой. Угловато-окатанные зерна *кварца* (20–25%) содержат включения турмалина, циркона, апатита, слюды (мусковита), рутила и пузырьков газа. Реже встречаются зерна кварца с каемками нарастания или в значительной степени трещиноватые. Трещины обычно выполнены глинистым материалом, слюдой и хлоритом. Наблюдаются зерна с заливообразными контурами, напоминающими вкрапленники (?) кислых пород. *Микроклин* (от редких зерен до 8%), почти не измененный, встречается в виде таблитчатых с четкой микроклиновой решеткой зерен, размер которых редко достигает 1 мм. *Ортоклаз* (от редких зерен до 5%) наблюдается в таблитчатых кристаллах (с максимальным размером бмм) с простыми двойниками, реже без двойников. Часто ортоклаз пелитизирован, хлоритизирован, серицитизирован или частично замещен кварцем. Наблюдаются ортоклазпертиты или пертиты, содержание которых колеблется от редких зерен до 2%. *Плагиоклазы*- андезины (10%) имеют изометричную таблитчатую (размеры 0,5–1,0 мм) форму, с хорошо выраженными полисинтетическими двойниками. Вторичные изменения их выражены в слабой пелитизации, карбонатизации, реже серицитизации. Иногда четко выделяется два типа плагиоклаза – чистые неизменные («свежие») и частично измененные кристаллы. *Мусковит* встречается в виде крупных (до 1–1,5 мм) удлиненных пластинок с параллельным расположением чешуек и неровными краями. Изредка эти зерна прорастают вторичным кварцем, или они хлоритизированы. Чешуйки мусковита нередко изогнуты, как бы огибают зерна кварца или полевого шпата.

Из обломков пород преобладают *кварциты* (1–5%) со слюдой лепидобластовой и лепидогранобластовой структуры и без слюды микрогранобластовой структуры. Не исключено, что часть обломков является результатом стадияльного преобразования песчаных пород, в частности стадии метагенеза. Цемент (20–30%) обломочных пород порово-контактный и поровый, по составу слюдисто-хлоритовый, хлоритовый, реже ангидритовый. Отмечаются полностью измененные обломки пород, сложенные хлоритом и мусковитом и образован-

размыва метаморфических пород – рутил, лейкоксен и анатаз. Значительная роль титанистых минералов (ильменита, рутила, анатаза) в тяжелой фракции такатинских песчаников и гравелитов, вскрытых скважинами на Янгурчинской и Бишкаинской разведочных площадях (см. табл.), свидетельствуют о значительной роли в питающей провинции такатинского времени пород основного и ультраосновного состава и метаморфических. Среди аутигенных минералов наибольшим содержанием выделяются гематит, пирит, карбонаты и ангидрит (см. табл.).

Основные акцессорные минералы (циркон, турмалин, апатит и рутил) образуют в породах свиты апатит-рутил-**циркон-турмалиновую** (здесь и далее жирным курсивом выделены руководящие минералы ассоциации – комм. автора) или апатит-рутил-**турмалин-цирконовую** акцессорно-минеральные ассоциации, где руководящими минералами служат циркон и турмалин. В скв. 653 Балеikinская наблюдается повышенное содержание граната и рутила в гранат-**турмалин-циркон-рутиловой** ассоциации.

Минералы ассоциаций имеют следующие особенности. *Циркон* встречен преимущественно в виде хорошо окатанных зерен округлой, эллипсоидальной и неправильной формы, реже наблюдаются кристаллы цирконового и гиацинтового облика. Окраска цирконов бледно-розовая, розовая, иногда с малиновым оттенком. Отмечаются трещиноватые цирконы и зерна с минеральными включениями. Размер зерен колеблется от 0,07 × 0,07 мм до 0,1 × 0,25 мм и 0,3 × 0,6 мм. *Турмалин* наблюдается в виде хорошо окатанных зерен округлой, эллипсоидальной или неправильной формы, реже присутствуют кристаллы. Иногда на поверхности окатанных зерен отмечаются углубления, заполненные кварцем. Окраска турмалинов варьирует от коричнево-серой до темно-бурой, почти черной. На Таушской площади отмечаются голубовато-зеленые разности турмалинов, а на Балеikinской – синие турмалины (эльбаиты). Зерна имеют размеры от 0,5 × 0,5 мм до 0,5 × 0,65 мм. *Рутил* присутствует в призматических кристаллах и окатанных зернах вытянутой формы, оранжево-красного, красного, темно-бурого и черного цвета. Размер зерен от 0,07 × 0,1 мм до 0,15 × 0,5 мм.

В качестве минералогических признаков

расчленения и корреляции такатинских отложений выделены апатит-рутил-**циркон-турмалиновая** или апатит-рутил-**турмалин-цирконовая** акцессорно-минеральные ассоциации, где руководящими минералами служат циркон и турмалин. Существенно **цирконовой** минеральной ассоциацией выделяется нижняя (дотакатинская) толща в скв. 10 Балеikinская. Подобная ассоциация характерна для такатинских отложений скв. 27 Бишкаинская (см. табл.), что позволяет рассматривать их в качестве аналогов нижней (дотакатинской) толщи скв. 10 Балеikinская.

Таким образом, по петрографическому составу песчаники такатинской свиты по латерали характеризуются гетерогенностью, что не позволяет выделить единые литолого-петрографические признаки для их расчленения и корреляции. Так, в центральной части Камско-Бельского авлакогена, удаленной от выступов кристаллического фундамента, в такатинских песчаниках преобладают кварцевые и полевошпат-кварцевые разности (Аслыкульская, Белоглинская, Таушская разведочные площади). В прибортовых частях авлакогена, вблизи выступов пород кристаллического фундамента, формируются песчаники аркозового и полимиктового состава, часто слюдистые, что наблюдается вблизи Оренбургского свода на Балеikinской разведочной площади.

По характеру акцессорно-минеральных ассоциаций (apatит-рутил - **циркон – турмалиновая** или апатит-рутил – **турмалин-цирконовая**) такатинская свита отличается от подстилающих отложений карлинской свиты венда, для которой характерна турмалин-**циркон-apatитовая** минеральная ассоциация, и аслыкульской свиты, предположительно ордовикского уровня [13]- с **циркон-гранатовой** ассоциацией.

Литологически однотипные песчаники в скважинах 10 Балеikinская и 27 Бишкаинская (см. табл.) по акцессорным минералам делятся на две толщи, нижняя из которых отличается существенно **цирконовой** акцессорно-минеральной ассоциацией и выделена в дотакатинскую толщу, которая может соответствовать лохковскому и пражскому горизонтам нижнего девона, а, возможно, и более древним горизонтам палеозоя, например: грязнушинской свите (силур-нижний девон) в Юрюзано-Айской впадине [8].

Ю.А. Волож, В.А. Быкадоров, Т.Н. Хераскова, В.С. Парасына, В.И. Днистрянский, М.Ф. Каширских, И.П. Офман, Н.А. Иванова. М.: Научный мир, 2013. 264 с.

13. Козлов В.И., Сергеева Н.Д., Михайлов П.Н., Генина Л.А. Пограничные слои венда и палеозоя платформенной Башкирии // Ежегодник-1977. Информ. материалы / Уфа: ИГ УНЦ РАН. 1999. С. 16–20.

14. Туровской С.Д. О методике и значении изучения акцессорных минералов и химических элементов изверженных горных пород. Фрунзе: Изд-во АН Кирг. ССР, 1960. 60 с.

15. Матковский О.И. О понятии термина «акцессорный минерал» // Минер. сб. Львовского геологич. о-ва, 1965. Вып. 2. С. 258–261.

16. Ляхович В.В. Методы сепарации акцессорных минералов. М.: Недра, 1981. 86 с.

17. Мильнер Г.Е. Петрография осадочных пород // Руководство по петрографии осадочных пород. В 2 т. Т. 2. М.: Недра, 1968. 568 с.

18. Батуринов В.П. Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам. М.; Л.: Изд. АН СССР, 1947. 336 с.

19. Кухаренко А.А. Минералогия россыпей. М.: Госгеотехиздат, 1961. 316 с.

20. Копченова Е.П. Минералогический анализ шлихов. М.: Госгеолиздат, 1951. 205 с.

REFERENCES

1. Stratigraficheskie skhemy Urala (dokembriy, paleozoy) [Stratigraphic schemes of the Urals Precambrian, Paleozoic]. Ekaterinburg, Mezhdomstvennyy Stratigraficheskiy Komitet Rossii, 1993. 151 p. (In Russian).

2. Musikhina V.P. Konglomeraty takatinskoy svity Krasnovisherskogo rayona [Conglomerates of the Takata Formation in the Krasnovishersk district]. Trudy Instituta geologii i geokhimii. Issue 123. Sverdlovsk, 1976, pp. 38–48 (In Russian).

3. Busharina S.V. Novye dannye po sostavu tipomorfnykh mineralov almazonosnogo Krasnovisherskogo rayona [New data on the composition of typomorphic minerals of the diamond-bearing Krasnovishersk district]. Izvestiya UGGA. Issue 14. Ekaterinburg, 2002, pp. 86–94 (In Russian).

4. Rozanov L.N., Ovanesov G.P. Perspektivy neftenosnosti paleozoyskikh otlozheniy Bashkirii [Prospects for oil-bearing potential of Paleozoic deposits in Bashkiria]. Geologiya nefti i gaza – Oil and Gas Geology, 1958, pp. 18–24 (In Russian).

5. Yuryeva Z.P. Korrelyatsiya prazhskikh i emskikh raznofatsialnykh otlozheniy Pechorskoy plity [Correlation between multi-facies Pragian and Emsian deposits of the Pechora Plate]. Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika – Oil and Gas Geology. Theory and Practice, 2014, vol. 9, no. 3, pp. 1–28 (In Russian).

6. Keller B.M. Takatinskaya svita devona Bashkirii [The Devonian Takata Formation of Bashkiria]. Izvestiya AN SSSR. Ser. geol. – Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR. Geology Series, 1947, no 2, pp. 147 (In Russian).

7. Stratigraficheskiy slovar SSSR [Stratigraphic vocabulary of the USSR]. Leningrad, Nedra. 1975. 622 p. (In Russian).

8. Chibrikova E.V. Stratigrafiya devonskikh i bolee drevnykh paleozoyskikh otlozheniy Yuzhnogo Urala i Priuralya [Stratigraphy of Devonian and older Paleozoic deposits of the South Urals and the Ural Region]. Moscow, Nauka, 1977. 191 p. (In Russian).

9. Stratigraficheskaya skhema rifeyskikh i vendskikh otlozheniy Volgo-Uralskoy oblasti [Stratigraphic scheme of Riphean and Vendian deposits in the Volga-Ural Region]. Obyasnitelnaya zapiska [Explanatory note]. V.I. Kozlov, E.M. Aksenov. Ufa, IG UNTs RAN, 2000. 81 p. (In Russian).

10. Timergazin K.R. Dodevonskie obrazovaniya zapadnoy Bashkirii i perspektivy ikh neftegazonosnosti [Pre-Devonian strata of western Bashkiria and prospects

for their oil and gas potential]. Ufa, GGI BFAN SSSR, 1959. 311 p. (In Russian).

11. Stratigraficheskiy kodeks Rossii [Stratigraphic Code of Russia]. Third edition. St. Petersburg, VSEGEI, 2006. 96 p. (In Russian).

12. Antipov N.P., Volozh Yu.A., Bykadorov V.A., Kheraskova T.N., Parasyina V.S., Dnistrianskiy V.I., Kashirskikh M.F., Ofman I.P., Ivanova N.A. Orenburgskiy tektonicheskiy uzel: geologicheskoe stroenie i neftegazonosnost [The Orenburg tectonic junction: Geological structure and petroleum potential]. Moscow, Nauchnyy mir, 2013. 264 p. (In Russian).

13. Kozlov V.I., Sergeeva N.D., Mikhaylov P.N., Genina L.A. Pogranichnye slои vendi i paleozoya platformennoy Bashkirii [Boundary Vendian and Paleozoic strata of the platform part of Bashkiria]. Ezhegodnik-1977 – Annual 1977. Information materials. Ufa, IG UNTs RAN. 1999, pp. 16–20 (In Russian).

14. Turvskoy S.D. O metodike i znachenii izucheniya aktsessornykh mineralov i khimicheskikh elementov izverzhennykh gornykh porod [On the methods and importance of studying accessory minerals and chemical elements in igneous rocks]. Frunze, AN Kirg. SSR, 1960. 60 p. (In Russian).

15. Matkovskiy O.I. O ponyatii termina “aktsessorny mineral” [On the concept of the term “accessory mineral”]. Mineralogicheskiy sbornik Lvovskogo geologicheskogo obshchestva – Collected Works in Mineralogy of the Lvov Geological Society, 1965, issue 2, pp. 258–261 (In Russian).

16. Lyakhovich V.V. Metody separatsii aktsessornykh mineralov [Methods for separating accessory minerals]. Moscow, Nedra, 1981. 86 p. (In Russian).

17. Milner G.E. Petrografiya osadochnykh porod [Petrography of sedimentary rocks]. Rukovodstvo po petrografii osadochnykh porod [Guidebook on petrography of sedimentary rocks]. Vol. 2. Moscow, Nedra, 1968. 568 p. (In Russian).

18. Baturin V.P. Petrograficheskiy analiz geologicheskogo proshlogo po terrigennym komponentam [Petrographic analysis of geological history according to terrigenous components]. Moscow, Leningrad, AN SSSR, 1947. 336 p. (In Russian).

19. Kukharenko A.A. Mineralogiya rossypey [Mineralogy of placers]. Moscow, Gosgeotekhizdat, 1961. 316 p. (In Russian).

20. Kopchenova E.P. Mineralogicheskiy analiz shlikhov [Mineralogical thin section analysis]. Moscow, Gosgeolizdat, 1951. 205 p. (In Russian).