

Научная статья

УДК 551.72; 552.3

DOI: 10.31084/2619-0087/2022-3-2

РАЗРЕЗ ТЮЛЬМЕНСКОЙ ПОДСВИТЫ АВЗЯНСКОЙ СВИТЫ СРЕДНЕГО РИФЕЯ (ХР. БЕЛЯГУШ, ЮЖНЫЙ УРАЛ): ГЕОЛОГИЯ, СТРАТИГРАФИЯ, МАГМАТИЧЕСКИЕ ОБРАЗОВАНИЯ

С. В. Мичурин¹, М. Т. Крупенин², Е. О. Шиянова³, Д. Е. Савельев¹, В. М. Горожанин¹,
С. А. Дуб², Г. М. Казбулатова¹, А. А. Шарипова¹, Р. Р. Ахмедова¹

1 — Институт геологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН,
450077, г. Уфа, ул. Карла Маркса, 16/2, s_michurin@mail.ru

2 — Институт геологии и геохимии им. А. Н. Заварицкого УрО РАН,
620016, г. Екатеринбург, ул. Академика Вонсовского, 15, krupenin@igg.uran.ru

3 — ООО РН-БашНИПИнефть, 450008, г. Уфа, ул. Карла Маркса, 30/1, pindyurinaevgeniya@mail.ru

Рассматриваются результаты исследования стратиграфии и условий залегания пород стратотипического разреза тюльменской подсвиты, а также приводится характеристика габбродолеритов, прорывающих осадочные породы. Показано, что границы слоев в разрезе не стратиграфические, а тектонические, представляющие собой или взбросы или надвиги, что предполагает стратиграфическую нарушенность разреза. Габбродолериты тюльменского разреза характеризуются сравнительно низкой известковистостью и магнезиальностью и высокими содержаниями TiO_2 , P_2O_5 и суммой щелочей Na_2O+K_2O при преобладании содержания натрия над калием. В них устанавливаются вышекларковые концентрации F, Cl, V, Ba и нижекларковые — Cr, Ni, Sr. По петро- и геохимическим особенностям они близки породам миселинского комплекса щелочных габброидов. Полученные результаты по минералогии и геохимии осадочных пород тюльменского разреза позволяют предположить, что образование в них хлорита, аннита, флогопита и обогащение пород фтором в 2–7 раз по сравнению с кларком могло быть связано с деятельностью постмагматических флюидов.

Ключевые слова: тюльменская подсвита, авзянская свита, габбродолериты, миселинский комплекс, щелочные габброиды

Благодарности: Работа выполнена в рамках Государственных заданий ИГ УФИЦ РАН № FMRS-2022–0011, № FMRS-2022–0015 и темы НИР ИГГ УрО РАН (AAAA-A18-118053090044-1). Авторы выражают искреннюю признательность С. Е. Знаменскому за критические замечания, а также Н. Д. Сергеевой за обсуждение материалов статьи и предоставленную возможность ознакомления с полевыми материалами В. И. Козлова.

Original article

SECTION OF THE TYULMEN SUBFORMATION OF THE AVZYAN FORMATION OF THE MIDDLE RIPHEAN (BELYAGUSH RIDGE, SOUTHERN URALS): GEOLOGY, STRATIGRAPHY, MAGMATIC FORMATIONS

S. V. Michurin¹, M. T. Krupenin², E. O. Shiyanova³, D. E. Savelyev¹, V. M. Gorozhanin¹,
S. A. Dub², G. M. Kazbulatova¹, A. A. Sharipova¹, R. R. Akhmedova¹

Для цитирования: Мичурин С. В., Крупенин М. Т., Шиянова Е. О., Савельев Д. Е., Горожанин В. М., Дуб С. А., Казбулатова Г. М., Шарипова А. А., Ахмедова Р. Р. Разрез тюльменской подсвиты авзянской свиты среднего рифея (хр. Белягуш, Южный Урал): геология, стратиграфия, магматические образования // Геологический вестник. 2022. № 3. С. 16–33. DOI: 10.31084/2619-0087/2022-3-2

For citation: Michurin S. V., Krupenin M. T., Shiyanova E. O., Savelyev D. E., Gorozhanin V. M., Dub S. A., Kazbulatova G. M., Sharipova A. A., Akhmedova R. R. (2022) Section of the Tyulmen Subformation of the Avzyan Formation of the Middle Riphean (Belyagush Ridge, Southern Urals): geology, stratigraphy, magmatic formations. *Geologicheskii vestnik*. 2022. No. 3. P. 16–33. DOI: 10.31084/2619-0087/2022-3-2

© Мичурин С. В., Крупенин М. Т., Шиянова Е. О., Савельев Д. Е., Горожанин В. М., Дуб С. А., Казбулатова Г. М., Шарипова А. А., Ахмедова Р. Р., 2022

1 — Institute of Geology, Ufa Federal Research Center of RAS, 16/2, K. Marx St., Ufa, 450077, Russia, s_michurin@mail.ru

2 — A. N. Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 15 Akademika Vonsovsky Str., Yekaterinburg, 620016, krupenin@igg.uran.ru

3 — LLC RN-BashNIPIneft, 450008, Ufa, Karl Marx str., 30/1, pindyurinaevgeniya@mail.ru

The results of the study of stratigraphy and conditions of occurrence of rocks of the stratotypic section of the Tulmen sub-formation are considered, and the characteristic of gabbrodolerites breaking through sedimentary rocks is also given. It is shown that the boundaries of the layers in the section are not stratigraphic, but tectonic, representing thrusts or underthrusts, which implies a stratigraphic incompleteness of the section. Gabbrodolerites of the Tulmen section are characterized by relatively low carbonate and magnesia content and high contents of TiO_2 , P_2O_5 and the sum of alkalis Na_2O+K_2O with a predominance of sodium over potassium. They demonstrate above-clarke concentrations of F, Cl, V, Va and below-clarke — Cr, Ni, Sr. According to petro- and geochemical features, they are close to the rocks of the Miselinsky complex of alkaline gabbroids. The obtained results on mineralogy and geochemistry of sedimentary rocks of the Tulmen section suggest that the formation of chlorite, biotite, phlogopite in them and the enrichment of rocks with fluorine by 2–7 times above clarke could be associated with the activity of postmagmatic fluids.

Keywords: tyulmen sub-formation, Avzyan formation, gabbrodolerites, Miselinsky complex, alkaline gabbroids

Acknowledgements: The work was carried out within the framework of the State Tasks of the IG UFIC RAS № FMRS-2022–0011, № FMRS-2022–0015 and the topic of research of the IGG UrO RAS (AAAAAA-A18-118053090044-1). The authors express their sincere gratitude to S. E. Znamensky for the critical comments, as well as to N. D. Sergeeva and the discussion of the materials of the article and the opportunity to get acquainted with the field materials of V. I. Kozlov.

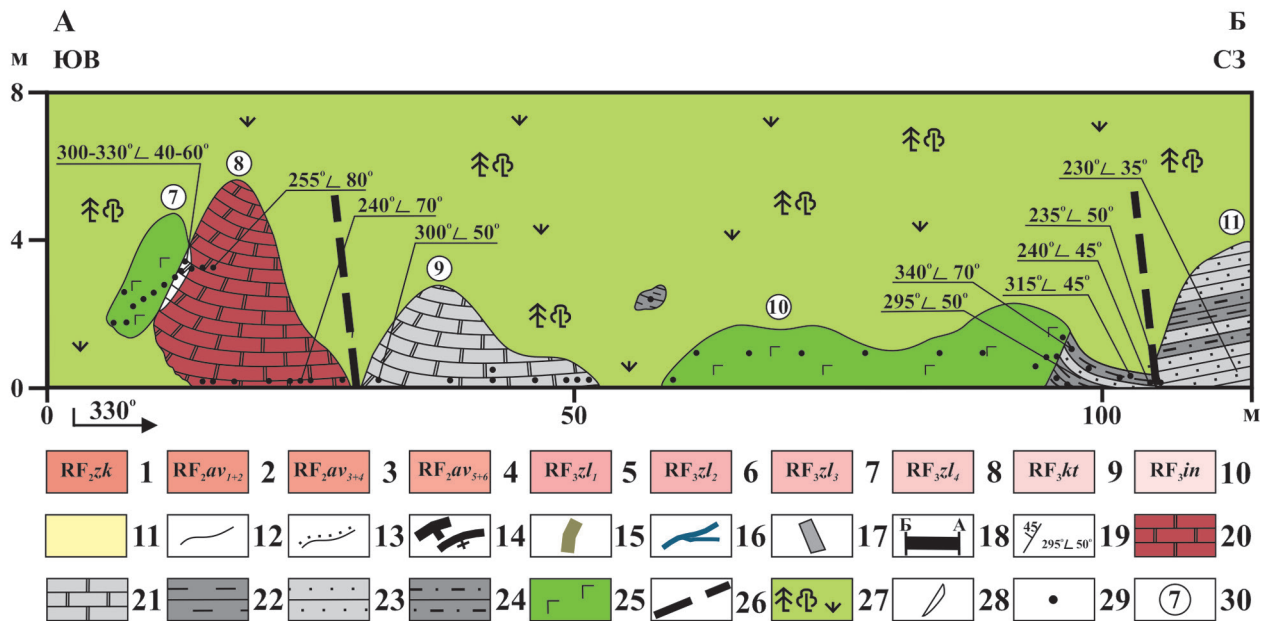
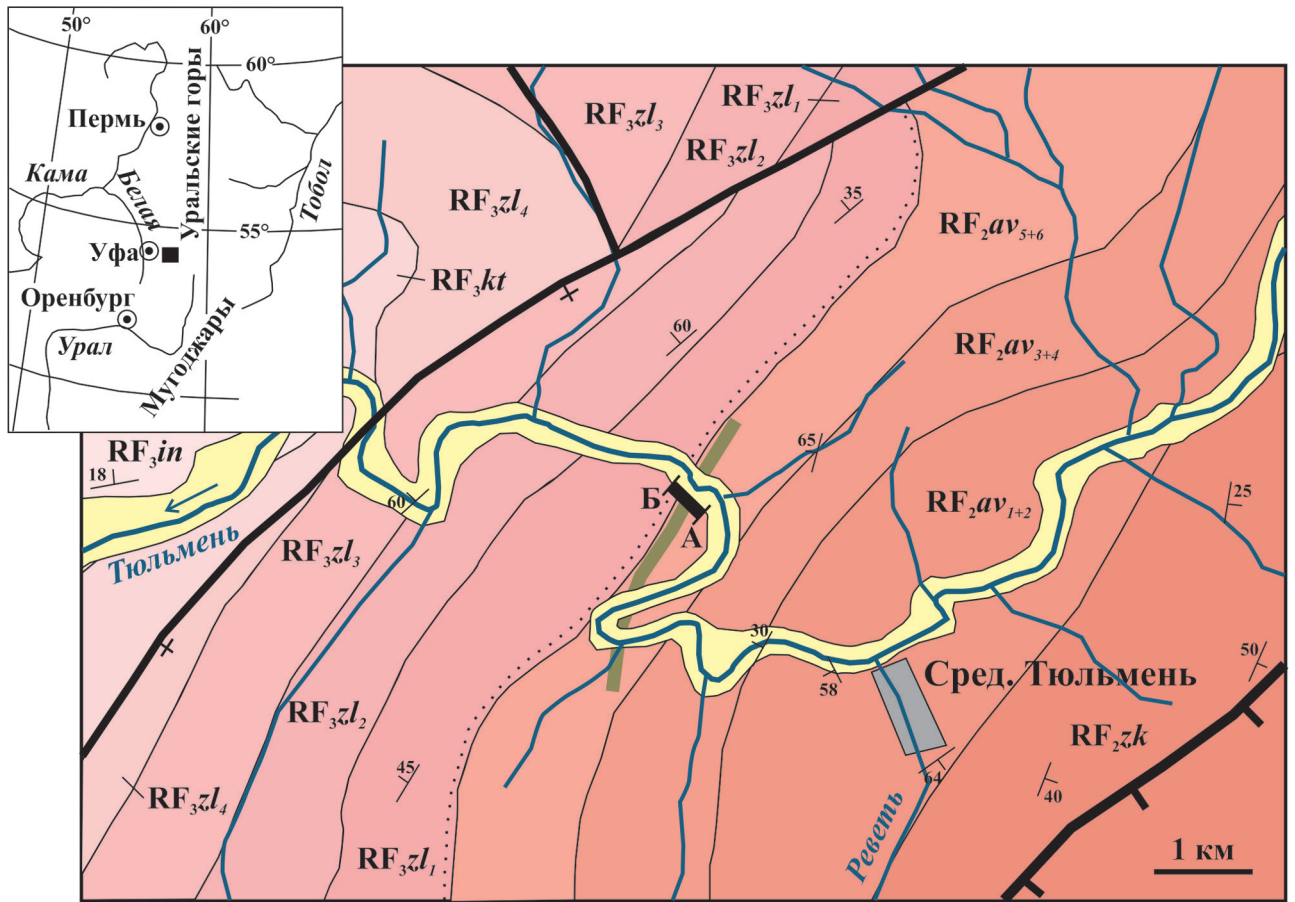
Введение

Своеобразные пестроцветные терригенно-карбонатные отложения самой верхней части авзянской свиты, впервые выделенные и объединенные В. И. Козловым в тюльменскую связку (подсвиту) [Козлов, 1975; Козлов, 1978], по существующим в настоящее время представлениям завершают разрез среднего рифея на Южном Урале [Стратотип рифея..., 1983; Пучков и др., 2017]. В качестве стратотипа тюльменской подсвиты описывается обнажение на левом берегу р. Тюльмень у северо-восточного подножия хр. Беягуш (рис. 1). В этом разрезе стратиграфически выше светло-серых доломитов реветской подсвиты авзянской свиты залегают красноцветные карбонатные и терригенные породы, прорванные дайками габбродолеритов и перекрывающиеся аркозовыми песчаниками бирьянской подсвиты зильмердакской свиты верхнего рифея. В Башкирском мегантиклинории разрозненные выходы таких пород отмечаются и в других местах на границе между юрматинской и каратауской сериями рифейских отложений [Стратотип рифея..., 1983; Маслов, Анфимов, 2000].

Вместе с тем характер границы между юрматинием и каратавием до сих пор остается дискуссионным. Одни исследователи отстаивают

мнение о постепенном (через переслаивание) переходе осадочных отложений [Козлов, 1978; Козлов, 1982; Стратотип рифея..., 1983; Козлов, 1986; Камалетдинов и др., 1988], другие доказывают, что контакт между ними несогласный и существовал крупнейший региональный перерыв в осадконакоплении [Гарань, 1969; Беккер, 1972]. Длительность этого перерыва также оценивается по-разному. Одни считают его непродолжительным и неповсеместным [Горяинова, Фалькова, 1940; Олли, 1948; Козлов, 1986], по другим оценкам — перерыв в осадконакоплении мог быть значительным и достигать 130 или даже 250–300 млн. лет. Первая из этих оценок получена по результатам анализа соотношения мощностей раннесреднерифейских отложений со временем их накопления [Крупенин, 2020], вторая — предполагается [Маслов, 2020] на основе разницы в возрасте авзянской свиты (>1270 млн. лет по данным хемостратиграфии [Bartley et al., 2007]) и временем образования бирьянских песчаников, содержащих обломочные цирконы с наименьшей U-Pb датировкой 964 ± 57 млн. лет [Маслов и др., 2018].

По-разному интерпретируется и природа самих отложений, которые на сегодняшний день относятся к тюльменской подсвите. Ряд исследователей [Швецов, 1979; Крупенин, Дуб, 2021]



высказывает предположение, что они могут представлять собой переотложенную кору выветривания терригенно-глинистых пород авзянской свиты и их следует относить к базальным горизонтам отложений каратауской серии.

Все это говорит о необходимости детального изучения геологии, стратиграфии, литологии, минералогии и геохимии отложений пограничного дискуссионного уровня между юрматинской и каратауской сериями. В настоящем сообщении рассматриваются результаты исследования стратиграфии и условий залегания пород стратотипического разреза тюльменской подсвиты, а также приводится характеристика габбродолеритов, прорывающих осадочные породы. На основе петро- и геохимических особенностей предпринимается попытка формационной типизации габбродолеритов и их корреляции с другими магматитами Башкирского мегантиклинория. Кроме того, обсуждаются минералогические и геохимические особенности терригенных и карбонатных отложений, которые могут быть обусловлены воздействием постмагматических флюидов.

Методы исследования

Содержания в пробах петрогенных оксидов и редких элементов SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , CaO , K_2O , $\text{S}_{\text{общ}}$, Cl , V , Cr , Co , Ni , Cu , Zn , As , Rb , Sr , Zr , Ba , Pb определяли рентгенофлуоресцентным анализом (аналитики В. Р. Соколянский

и Р. Р. Ахмедова), который проводился на спектрометре VRA-30 (Германия) (Rh-анод, 40 кВ, 30 мА). Пробы весом 5 г со связующим веществом (5 капель поливинилового спирта) прессовались при давлении 25–27 т/см² на подложке из борной кислоты. Предел обнаружения при измерении SiO_2 , Al_2O_3 составлял 0.1 мас. %; TiO_2 , Fe_2O_3 , MnO , CaO , K_2O , $\text{S}_{\text{общ}}$ — 0.01 мас. %; редких элементов — 10–20 г/т. Во всех породах содержания As и Pb оказались ниже предела обнаружения и в статье они не рассматриваются.

Параллельно рентгенофлуоресцентному анализу содержания в пробах MgO определяли титриметрическим методом, Na_2O — методом пламенной фотометрии (аналитик С. А. Ягудина), FeO — объёмным бихроматным (титриметрическим) методом (аналитик Г. М. Казбулатова). Предел обнаружения MgO составлял 0.1 мас. % Na_2O и FeO — 0.05 мас. %.

Содержание фтора в пробах определяли как среднее из 2–6 измерений фотометрическим методом посредством образования ализаринкомплексоната фторида лантана на фотометре КФК-3–01 (аналитик Г. М. Казбулатова) с использованием в каждом единичном измерении двух стандартных образцов с известным содержанием фтора. Предел обнаружения составлял 0.005 мас. %.

По осадочным породам проводили термогравиметрический анализ на дериватографе Q-1500 (MOM, Венгрия) с нагревом в воздушной среде от 20 до 1000°C со скоростью 10°C/мин (аналитик

Рис. 1. Фрагмент геологической карты Инзерского синклинория в районе среднего течения р. Тюльмень (по [Князев, 2017] с небольшими уточнениями) и разрез (по линии А — Б) верхней части тюльменской подсвиты

Условные обозначения: 1–4 — средний рифей, свиты: 1 — зигазино-комаровская; 2–4 — авзянская, подсвиты: 2 — катаскинская и малоинзерская объединенные; 3 — ушаковская и куткурская объединенные; 4 — реветская и тюльменская объединенные; 5–10 — верхний рифей, свиты: 5–8 — зильмердакская, подсвиты: 5 — бирьянская, 6 — нугушская, 7 — лемезинская, 8 — бедершинская; 9 — катавская; 10 — инзерская; 11 — четвертичные отложения; 12–13 — стратиграфические границы: 12 — согласно залегания, 13 — несогласно залегания; 14 — тектонические нарушения разного порядка; 15 — дайка габбродолеритов; 16 — реки и ручьи; 17 — населенные пункты; 18 — стратотипический разрез тюльменской подсвиты; 19 — элементы залегания пород; 20 — красноцветные доломиты; 21 — доломиты светло-серые; 22 — филлитовидные глинистые и глинисто-кварцевые микросланцы; 23 — зеленовато-серые песчаники; 24 — алевролиты; 25 — габбродолериты; 26 — предполагаемые разрывные нарушения; 27 — задернованные участки; 28 — зона осветления карбонатных пород на контакте с габбродолеритами; 29 — точки отбора проб; 30 — номера слоев по данным из таблицы 1.

Fig. 1. A fragment of a geological map of the Inzer synclinorium in the area of the middle section of Tyulmen River (after [Knyazev, 2017] with minor clarifications) and a section (along the A — B line) of the upper part of the Tyulmen subformation

Legend: 1–4 — Middle Riphean, formations: 1 — Zigazino-Komarovo; 2–4 — Avzyan, subformations: 2 — combined Kataskin and Maloinzer; 3 — combined Ushak and Kutkur; 4 — combined Revet and Tyulmen; 5–10 — Upper Riphean, formations: 5–8 — Zilmerdak, subformations: 5 — Biryana, 6 — Nugush, 7 — Lemezina, 8 — Bederyshin; 9 — Katav; 10 — Inzer; 11 — quaternary deposits; 12–13 — stratigraphic boundaries: 12 — concordant, 13 — discordant; 14 — different order faults; 15 — dike of gabbrodolerites; 16 — rivers and streams; 17 — settlements; 18 — stratotypic section of the Tyulmen subformation; 19 — dips and strikes of rocks; 20 — red dolomites; 21 — light gray dolomites; 22 — phyllitic argillaceous and argillaceous-quartz microslates; 23 — greenish gray sandstones; 24 — siltstones; 25 — gabbrodolerites; 26 — proposed faults; 27 — unexposed areas; 28 — the zone of bleaching of carbonate rocks in contact with gabbrodolerites; 29 — sampling points; 30 — layer numbers according to data from Table 1.

Т. И. Черникова). Навеска пробы составляла около 500 мг. По некоторым образцам карбонатных пород, сланцев и песчаников проводили рентгенофазовый анализ на дифрактометре ДРОН-4 (аналитик Г. С. Ситдикова) в порошковых пробах навеской 0,5–1 г. В отдельных образцах габбродолеритов и карбонатных пород в полированных шлифах изучался состав минералов на электронном микроскопе Tescan Vega Compact с энерго-дисперсионным анализатором Xplorer 15 Oxford Instruments.

Результаты и их обсуждение

Геология и стратиграфия. По данным [Стратотип рифея ..., 1983], представленным в таблице 1, в обнажающемся на р. Тюльмень разрезе стратиграфически выше доломитов реветской подсвиты авзянской свиты среднего рифея залегает пестроокрашенная терригенно-карбонатная пачка (слои 1–9) и преимущественно сероцветная терригенная пачка (слой 11). Далее разрез наращивается песчаниками полевошпат-кварцевыми, среднезернистыми, розовыми, неяснослоистыми, грубоплитчатыми (от 5–10 до 20–30 см), типичными для бирьянской подсвиты зильмердакской свиты верхнего рифея. По мнению В. И. Козлова, нижняя пачка (слои 1–9) по характеру переслаивания и особенностям состава является переходной от карбонатных пород к терригенным, которым присущи особенности состава и цвета, свойственные уже бирьянской подсвите.

Полевыми наблюдениями в 2020 году нами выявлены некоторые отличия от описания В. И. Козлова, приведенного в таблице 1. По нашим данным, в разрезе северо-западнее наиболее мощной дайки габбродолеритов (слой 10, см. табл. 1) залегают темно-серые и черные филлитовидные глинистые и глинисто-кварцевые микросланцы с прослоями алевролитов и песчаников (см. рис. 1). Видимая мощность этого слоя — около 9 м. Его контакт со следующим слоем песчаников (слой 11, см. табл. 1) — тектонический, представляющий собой, по-видимому, малоамплитудный (первые метры) прямой взброс с крутым углом наклона плоскости сместителя (~60°) в сторону приподнятого слоя песчаников. По отношению к слоистости взброс является диагональным.

Небольшой фрагмент выхода этих же темных зеленовато-серых микросланцев обнаружен нами и юго-восточнее дайки габбродолеритов, несколько выше по склону (см. рис. 1). Контакты выхода задернованы, поэтому судить здесь о характере границы сланцев с габбродолеритами и с подсти-

лающими светло-серыми доломитами (слой 9, см. табл. 1) невозможно.

Эти наблюдения согласуются с данными предыдущих исследователей. Согласно геологическому описанию, выполненному еще в середине прошлого столетия [Горяинова, Фалькова, 1940], в основании бирьянской подсвиты на р. Тюльмень встречаются породы темно-серой или зеленой окраски, мощностью, вероятно, не превышающей 15–20 м, представленные слюдисто-хлорито-кварцевыми (иногда «углистыми») алевролитами и мелкозернистыми песчаниками с прослоями сланцев. Кроме того, В. А. Филипповым [2008], единственным исследователем, который приводит геологический план рассматриваемого обнажения, между габбродолеритами и серыми песчаниками (в табл. 1 это слои 10 и 11) указывается на присутствие слоя сланцев «углисто»-глинистых, черных, с редкими тонкими прослоями серых алевролитов. На плане мощность выхода сланцев составляет около 10–12 м, а их контакт с песчаниками показан тектоническим.

В работе [Стратотип рифея..., 1983, с. 47–48] указывается, что осадочные породы разреза характеризуются моноклинальным, преимущественно северо-западным падением под углами 35–40°, а вблизи северо-западного контакта дайки габбродолеритов (слой 7, см. табл. 1) вмещающие породы рассланцованы, слегка сплюснуты и «падение контакта согласно с падением слоистости (СЗ 330°, $\angle 40^\circ$)». По нашим данным в осадочных породах слоев 8 и 9 (см. табл. 1), а также в описанном выше слое сланцев с прослоями алевролитов и песчаников элементы залегания не постоянны, а изменчивы. В разрезе вблизи даек или разрывных нарушений осадочные породы характеризуются северо-западным падением (300–340°) с крутыми углами падения 50–70°, а по мере удаления от них — юго-западным (235–255°) под углами преимущественно 35–50° (см. рис. 1). Наиболее наглядно это проявлено в северо-западных контактах даек габбродолеритов со слоем 8 красноцветных доломитов (рис. 2 а — б) и со слоем сланцев и алевролитов (см. рис. 2 в). Судя по элементам залегания, по разрывным нарушениям происходили движения, имеющие праводвиговую составляющую. Эти данные указывают на тектонические контакты между слоями и нарушенность стратиграфических границ между ними.

В полевых материалах В. И. Козлова 1975 года, любезно предоставленных нам Н. Д. Сергеевой, между слоями 4 и 5 (см. табл. 1) описывается по-

Таблица 1 Характеристика пород стратотипического разреза тюльменской подсвиты
(по В. И. Козлову [Стратотип рифея ..., 1983])
Table 1 Characteristics of rocks of the stratotypic section of the Tyulmen subformation
(according to V. I. Kozlov [The stratotype of the Riphean ..., 1983])

Номер слоя	Литологическая характеристика пород	Мощность, м
1	Доломиты светлые, пелитоморфные, плитчатые (3–5 см), глинистые, с прослоями (0.1–0.2 м) зеленовато-серых алевролитов	13
2	Дайка габбродолеритов, контакты задернованы	2
3	Доломиты глинистые, светло-серые, плитчатые (3–5 см)	9
4	Тонкое переслаивание листоватых кварцевых алевролитов малиново-красных и розовых, с голубовато-серыми разводами и доломитов глинистых, розовых, прослоями светло-серых	4
5	Алевролиты кварцевые, малиново-красные, неяснослоистые	5
6	Доломиты розовые и голубовато-серые, глинистые	5
7	Дайка габбродолеритов.	4
8	Доломиты розовые и голубовато-серые, глинистые	9
9	Доломиты светло-серые, пелитоморфные, глинистые	13
10	Дайка габбродолеритов, контакты задернованы	35
11	Песчаники кварцевые, мелкозернистые, зеленовато-серые, неравномернослоистые (2–10 см), плитчатые, с прослоями (от 1–2 до 5–10 см) темно-серых тонкоплитчатых алевролитов. Прослоями песчаники известковистые и содержат по плоскости слоистости гальку («лепешки») алевролитов. В верхней части песчаников мощность прослоев алевролитов увеличивается до 30–40 см, а сами песчаники становятся более полевошпатовыми при той же характеристике цвета, слоистости и плитчатости	30

логий надвиг. Указывается, что на пачку (слой 4) тонкого переслаивания красноцветных кварцевых алевролитов и доломитов полого надвинуты грубо-слоистые малиново-красные алевролиты (слой 5), при этом амплитуда смещения точно не может быть восстановлена. По линии надвига отмечается пестрая глинка трения, выполняющая зону мощностью 5–12 см, которая по краям интенсивно ожелезнена. В работе [Филиппов, 2008], приводится зарисовка этого надвига, осложненного дизъюнктивным нарушением взбросового характера.

Из приведенных материалов следует, что контакты практически всех слоев пород, вскрывающихся в разрезе на р. Тюльмень, тектонические, представляющие собой, по-видимому, или взбросы или надвиги. Этот вывод согласуется с наблюдениями В. А. Филиппова, который указывает на тектонический характер границ всех слоев тюльменского разреза и их вероятное перемещение относительно друг друга в горизонтальном направлении [Филиппов, 2008]. В связи с этим представляется, что судить о мощности осадочных пород стратотипического разреза тюльменской подсвиты и их постепенном пере-

ходе через переслаивание не совсем корректно, поскольку тектоническое взаимоотношение слоев предполагает стратиграфическую нарушенность разреза.

В детальном обзоре сведений о характере границы юрматиния и каратавия отмечается [Маслов, Анфимов, 2000, с. 51], что «ни один из описанных в различных районах Башкирского мегантиклинория разрезов рассматриваемого уровня не похож на стратотипический» разрез на р. Тюльмень, а «мощность отложений данного уровня испытывает существенные колебания на относительно небольших расстояниях». Возможно, одной из причин этого является неполнота представленного здесь разреза.

Интрузивные образования. Магматические породы представлены в разрезе тремя дайками габбродолеритов различной мощности от 2 до 35 м (см. табл. 1). Возможно, в рассматриваемом обнажении их не менее четырех, поскольку В. А. Филипповым [2008] указывается на присутствие с юго-восточной стороны светло-серых доломитов (слой 1, см. табл. 1) еще одного выхода габбродолеритов (в 30–40 м на юго-восток от дайки мощностью 2 м

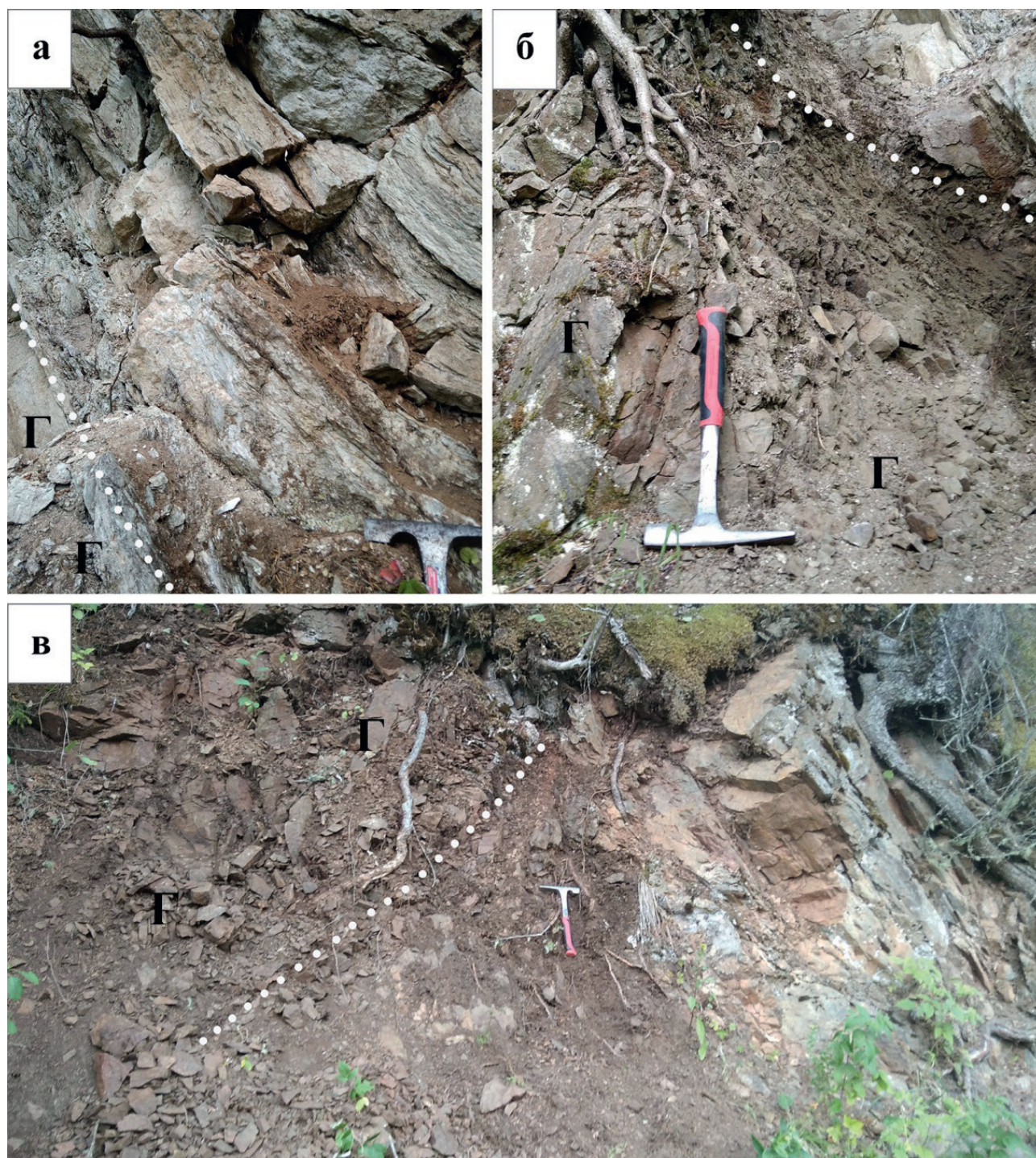


Рис. 2. Контакты габбродолеритов с вмещающими породами тюльменского разреза

Условные обозначения: а, б — северо-западный контакт дайки мощностью 4 м (слой 7, см. табл. 1): а — фото в верхней части дайки, где в осадочных породах изменяются элементы залегания с $255^\circ\angle 80^\circ$ до $300\text{--}330^\circ\angle 40\text{--}60^\circ$, б — фото габбродолеритов в нижней части дайки; в — северо-западный контакт дайки мощностью 35 м (слой 10, см. табл. 1). Гг — габбродолериты. Точками обозначены линии контактов.

Fig. 2. Contacts of gabbrodolerites with host rocks of the Tulmen section

Legend: а, б — northwest contact of the 4 m-thick dike (layer 7, Table 1): а — photo in the upper part of the dike, where the dips of sedimentary rocks change from $255^\circ\angle 80^\circ$ to $300\text{--}330^\circ\angle 40\text{--}60^\circ$, б — photo of gabbrodolerites in the lower part of the dike; в — northwest contact of the 35 m capacity dike (layer 10, Table 1). Гг — gabbrodolerites. The contact lines are indicated by dots.

слоя 2, см. табл. 1). Однако, это не подтверждено ни в полевых материалах В. И. Козлова, который детально описывал тюльменский разрез, ни нашими полевыми наблюдениями.

Петрографическое описание. Проведено по образцам габбродолеритов (м1905, м1907, м1909, м1915) из наиболее мощной дайки в разрезе. Габбродолериты имеют офитовую структуру и массивную текстуру. Состоят преимущественно из основного плагиоклаза, клинопироксена и рудных минералов (титаномагнетит, ильменит), а также второстепенных минералов (хлорит, аннит, апатит, циркон). Офитовая структура обусловлена призматическими выделениями плагиоклаза, в угловатых замкнутых пространствах между которыми развиты зерна клинопироксена неправильной формы.

Плагиоклаз развит в виде разноориентированных узкопризматических лейст размером до 0.9–1.4 мм. По составу плагиоклаз — основной (№ 52–55), в значительной степени сосюритизированный. В подчиненном количестве отмечаются лейсты олигоклаза (№ 26–30) размером до 0.4–0.6 мм, менее сосюритизированные.

Пироксен бесцветный и с едва зеленоватым оттенком, развит в виде гипидиоморфных зерен неправильной, слабо вытянутой формы, очень редко отмечаются (обр. м1905) срезы, напоминающие восьмиугольники. В краевых частях дайки (обр. м1905, м1915) размеры пироксена достигают 0.45–0.6 мм, ближе к центральной части (обр. м1907, м1909) — 1.2 мм. Пироксен представлен авгитом и реже диопсидом. По контуру зерен клинопироксена и вдоль трещинок в них наблюдается уралитизация, выраженная в наличии тонких кайм амфибола грязно-зеленоватой окраски. Кроме того, единично (обр. м1909) встречаются гипидиоморфные кристаллы ортопироксена размером до 0.8 мм, с четкой системой спайности, бесцветные, практически не измененные.

Кроме плагиоклаза и клинопироксена большое значение в минералогическом составе габбродолеритов имеют рудные минералы: титаномагнетит и ильменит. Соотношение основных породообразующих минералов плагиоклаз/клинопироксен/рудные минералы составляет 44–47/35–40/15–18.

Титаномагнетит представлен в основном скелетными кристаллами размером до 0.65 мм. Ильменит в подчиненном количестве развит в виде игольчатых кристаллов размером до 1.1 мм по удлинению, в краевых частях дайки (обр. м1915) — до 1.7 мм.

Второстепенными минералами в габбродолеритах являются хлорит, аннит, апатит, циркон. Хлорит занимает интерстициальные пространства между плагиоклазом и клинопироксеном. Он развит как в основной массе, так и вдоль трещин в виде чешуйчатых агрегатов преимущественно насыщенно-зеленой окраски с двупреломлением <0.01 (иногда до 0.012) и реже (обр. м1907) с аномальными чернильно-синими цветами интерференции (пеннин). Изредка отмечаются (обр. м1905 и м1907) прожилки шириной до 0.1–0.15 мм, сложенные обеими разновидностями хлорита. Центральная часть таких прожилков выполнена гидроокислами железа. Единично отмечаются (обр. м1909) полные гомоосевые псевдоморфозы хлорита по неидентифицируемым минералам (возможно, по роговой обманке или пироксенам), в которых хлорит плеохроитует от светло-зеленого (с желтоватым оттенком) до насыщенно зеленой окраски и имеет слабое двупреломление. По контуру и внутри псевдоморфоз отмечаются зернистые агрегаты рудных минералов и гидроокислов железа. Содержание хлорита в габбродолеритах составляет 3–6%.

В подчиненном количестве находится аннит в виде широкотаблитчатых лейст и агрегатов неправильной формы в основном в ассоциации с хлоритом. Аннит плеохроитует в буроватых и темно-коричневых оттенках. Иногда (обр. м1907) к анниту приурочены скопления зернистых агрегатов рудных минералов и включения циркона, которые образуют плеохроичные дворники.

Апатит встречается в виде сильно удлиненных (игольчатых) кристаллов. Минерал бесцветный, со слабым рельефом, с очень слабым двупреломлением, в продольном сечении в виде узкопризматических кристаллов, либо игольчатых кристаллов, а в поперечном — в виде шестиугольников. Размер апатита достигает 2.2 мм по удлинению, в поперечном сечении — 0.1 мм.

В одном образце (обр. м1915) отмечено присутствие скоплений неидентифицируемого минерала, представленного разноориентированными кристаллами темно-серого буроватого цвета призматической формы, размером до 0.2–0.35 мм, с показателем преломления до 1.68–1.7 и двупреломлением порядка 0.05. По оптическим свойствам минерал схож с астрофиллитом и в меньшей степени со скаполитом, отличаясь от последнего несколько увеличенным показателем преломления и окраской.

Петро- и геохимические особенности. Химический состав габбродолеритов и содержание

в них редких элементов приводятся в таблице 2. Как видно из приведенных результатов, габбродолериты тюльменского разреза отличаются высокими содержаниями TiO_2 (2.97–4.04 мас. %, среднее 3.35 мас. %), P_2O_5 (0.35–0.84 мас. %, среднее 0.64 мас. %) и суммой щелочей Na_2O+K_2O (3.00–7.71 мас. %, среднее 5.07 мас. %). При этом содержания натрия в них, как правило, превышают содержания калия. Габбродолериты характеризуются сравнительно невысокой известковистостью ($CaO=3.43–10.04$ мас. %, среднее 6.37 мас. %) и магниальностью ($MgO=3.10–6.67$ мас. %, среднее 5.05 мас. %). В них

устанавливаются вышекларковые концентрации F (566–1578 г/т, среднее 860 г/т), Cl (66–528 г/т, среднее 345 г/т), V (268–539 г/т, среднее 378 г/т), Ba (216–1645 г/т, среднее 761 г/т) и нижекларковые — Cr (39–108 г/т, среднее 67 г/т), Ni (33–71 г/т, среднее 53 г/т), Sr (50–221 г/т, среднее 162 г/т).

Полученные результаты по химическому составу габбродолеритов и содержанию в них редких элементов представлены на диаграммах (рис. 3–4). Фигуративные точки габбродолеритов каждой из даек обозначены на них разными цифрами. Для сравнительного анализа на ди-

Таблица 2 Химический состав (мас. %) габбродолеритов тюльменского разреза и содержание в них редких элементов (г/т)
Table 2 Chemical composition (wt. %) of gabbrodolerites of the Tyulmen section and the content of rare elements in them (g/t)

	Дайка, мощн. 2 м	Дайка, мощн. 4 м						Дайка, мощн. 35 м	
	M1960	M1937	M1939	M1940	M1941	M1942	M1945	M1905	M1907
SiO_2	45.153	46.549	47.407	47.539	47.152	47.182	47.170	48.854	47.103
TiO_2	3.660	3.326	3.332	3.103	3.243	2.973	3.118	3.521	3.447
Al_2O_3	13.340	11.241	11.017	11.499	12.449	12.252	11.526	12.366	12.385
Fe_2O_3	15.725	6.161	16.358	11.118	14.501	14.479	11.940	8.393	15.645
FeO	3.239	4.033	2.381	7.222	4.212	3.283	6.925	7.930	2.779
MnO	0.242	0.091	0.136	0.170	0.182	0.196	0.171	0.173	0.180
MgO	4.848	5.000	5.714	5.455	5.000	6.667	5.200	4.696	5.000
CaO	7.606	10.038	3.969	4.611	5.755	5.808	5.364	5.889	6.124
Na_2O	3.351	2.700	3.240	2.970	2.970	2.750	4.000	3.105	3.051
K_2O	1.267	2.365	2.735	2.149	2.130	2.534	2.187	2.132	1.824
P_2O_5	0.638	0.603	0.581	0.621	0.567	0.659	0.693	0.575	0.732
$S_{общ}$	0.010	0.016	0.008	0.008	0.010	0.012	0.008	0.012	0.018
ППП	1.687	8.093	3.612	2.612	2.185	1.722	1.771	2.203	2.126
F	1381	1578	724	666	728	750	643	965	787
Cl	476	528	510	362	352	444	183	383	181
V	501	394	304	295	481	338	362	393	386
Cr	67	71	54	50	58	88	103	71	54
Co	59	58	57	59	59	57	57	60	58
Ni	40	68	39	71	50	59	41	48	57
Cu	115	218	76	83	66	69	49	47	48
Zn	124	67	72	80	76	87	116	86	131
Rb	28	107	106	56	31	42	27	38	49
Sr	199	180	122	159	147	188	128	175	192
Zr	157	201	180	181	159	167	158	188	177
Ba	395	514	361	363	645	1645	216	563	1011
сумма	101.122	100.615	100.749	99.320	100.641	100.912	100.282	100.149	100.726

Таблица 2 Химический состав (мас. %) габбродолеритов тюльменского разреза и содержание в них редких элементов (г/т). Продолжение
Table 2 Chemical composition (wt. %) of gabbrodolerites of the Tyulmen section and the content of rare elements in them (g/t)

	Дайка, мощн. 35 м									
	M1908	M1909	M1910	M1911	M1912	M1913	M1915	M1952	M1953	M1954
SiO ₂	48.809	47.481	48.187	47.233	47.820	47.276	46.745	55.558	46.162	46.555
TiO ₂	3.119	3.561	3.304	3.321	3.404	3.079	3.197	3.077	4.036	3.788
Al ₂ O ₃	12.395	12.608	11.544	12.547	12.313	12.421	12.726	14.304	11.012	11.744
Fe ₂ O ₃	15.536	13.507	14.505	14.728	16.629	16.060	11.847	2.930	10.244	9.307
FeO	2.048	3.250	3.161	2.427	2.652	1.918	6.156	3.936	5.667	8.775
MnO	0.175	0.212	0.188	0.167	0.224	0.196	0.176	0.050	0.113	0.172
MgO	3.846	5.455	5.000	6.486	4.400	5.000	5.333	3.101	4.848	4.938
CaO	6.768	7.108	6.442	6.942	7.589	7.647	6.615	3.428	6.852	6.558
Na ₂ O	3.780	2.700	3.072	2.160	2.160	3.164	3.200	3.500	3.625	3.150
K ₂ O	1.198	1.801	1.622	1.987	0.842	1.586	1.979	4.214	0.934	2.111
P ₂ O ₅	0.837	0.706	0.717	0.646	0.612	0.745	0.677	0.354	0.567	0.663
S _{общ}	0.012	0.026	0.009	0.015	0.023	0.021	0.024	0.007	0.016	0.011
ППП	1.846	1.616	2.611	1.531	1.637	1.496	1.454	4.184	5.431	2.087
F	858	835	566	623	799	697	1337	660	900	839
Cl	254	462	442	405	232	279	351	66	205	440
V	333	314	355	339	388	268	366	413	539	393
Cr	53	48	46	64	80	79	60	39	108	71
Co	57	57	58	57	58	57	57	57	58	59
Ni	46	68	66	46	70	44	33	56	45	50
Cu	52	159	49	70	52	68	60	222	284	70
Zn	110	107	134	95	129	80	105	111	128	132
Rb	15	35	20	43	25	45	38	63	13	51
Sr	197	171	132	178	145	221	200	50	111	180
Zr	236	175	174	162	149	183	179	199	206	174
Ba	1416	432	561	390	1288	927	1386	1543	410	387
сумма	100.731	100.316	100.622	100.439	100.647	100.903	100.545	98.991	99.809	100.146

аграммы также вынесены данные по наиболее распространенным габбродолеритовым комплексам Башкирского мегантиклинория: повальненскому (1128–1004 млн. лет, K-Ar метод [Алексеев, 1984]), инзерскому (721±6.9 млн. лет, U-Pb метод [Князев и др., 2010]), миселинскому (618–670 млн. лет, K-Ar метод [Алексеев, 1984]), юрматинскому (390–530 млн. лет, K-Ar метод [Ларионов и др., 2015]). Из рассмотрения были исключены машакский (1380±3 млн. лет [Puchkov et al., 2013]) и кургасский (1359–1380 млн. лет [Князев и др., 2010]) магматические комплексы в силу их бо-

лее раннего времени образования по сравнению с возрастом вмещающих пород тюльменского разреза — отложений авзянской свиты (1230 (?) млн. лет [Полевая, Казаков, 1961]; >1270 млн. лет [Bartley et al., 2007]).

Одной из задач изучения являлось решение вопроса о принадлежности даек тюльменского разреза к одному и тому же магматическому комплексу или же к разным. На рис. 3 отчетливо видно, что фигуративные точки габбродолеритов из дайки мощностью 4 м и из дайки мощностью 35 м образуют сравнительно «компактные» перекрыва-

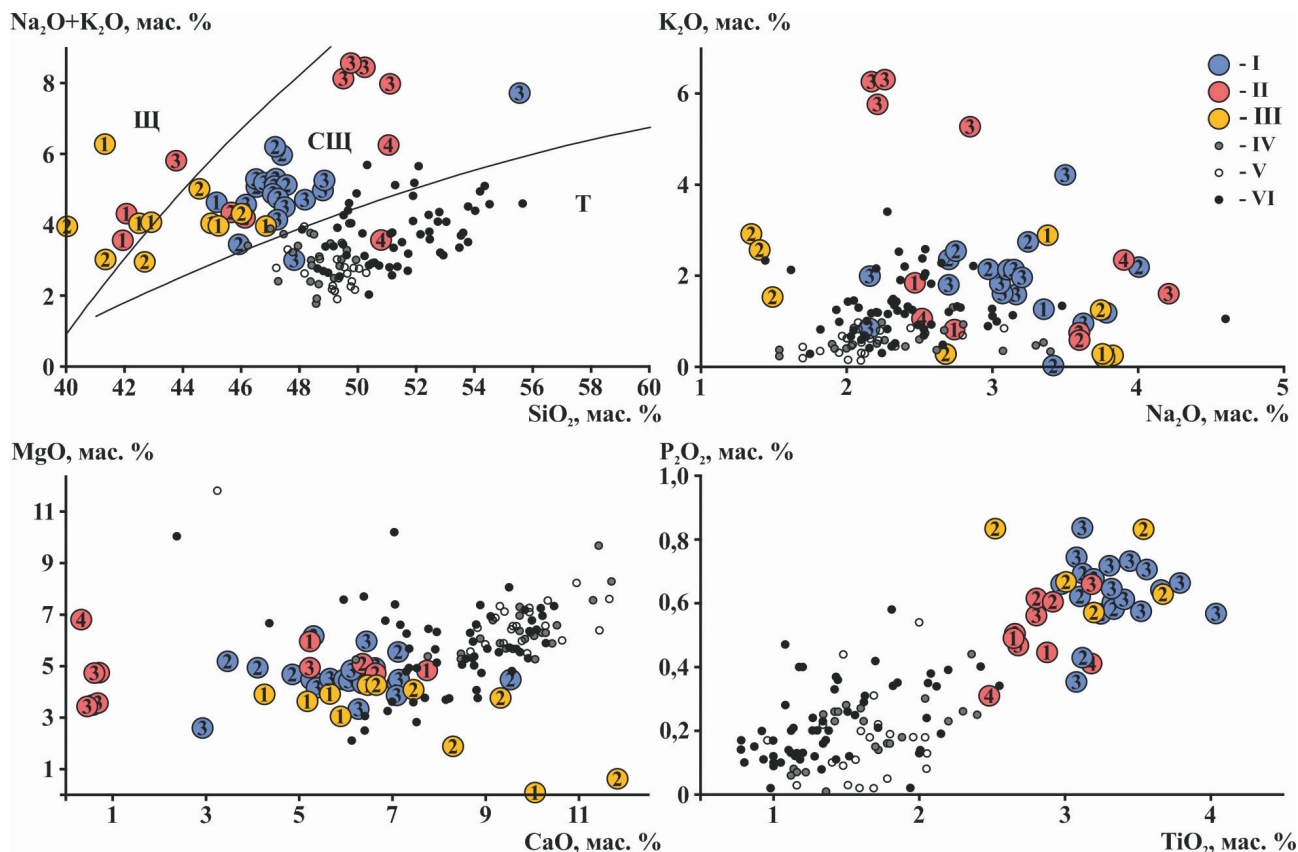


Рис. 3. Петрохимические диаграммы для габбродолеритов тюльменского разреза и наиболее распространенных среднерифейско-палеозойских габбродолеритовых комплексов Башкирского мегантиклинория

Условные обозначения: I — габбродолериты тюльменского разреза: 1 — дайка мощностью 2 м (слой 2, см. табл. 1), 2 — дайка мощностью 4 м (слой 7, см. табл. 1), 3 — дайка мощностью 35 м (слой 10, см. табл. 1); II — миселинский комплекс щелочных габброидов: 1 — в 6.5 км восточнее д. Миселя, левый берег р. Тирлян в 800 м от устья ручья Каменный ключ (авторские данные), 2 — в 9 км восточнее д. Миселя, южный склон г. Игонин Камень, правый берег р. Арша (авторские данные), 3 — в 4–4.5 км юго-восточнее д. Миселя, правый берег р. Тирлян (Ротарь и др., 1971ф; Краев и др., 1972ф; Алексеев и др., 1977ф), 4 — в 0.3–0.5 км юго-восточнее д. Миселя, р. Тирлян ниже устья р. Миселя (Алексеев и др., 1977ф); III — габбродолериты Восточно-Акташской рудной зоны: 1 — по [Рыкус, Сначев, 2014], 2 — авторские данные; IV — VI — габбродолеритовые комплексы: IV — юрматинский (Ларионов и др., 1985ф), V — инзерский (Алексеев и др., 1977ф), VI — повальненский (Алексеев и др., 1977ф). Прописными буквами обозначены поля составов магматических пород разных серий: Щ — щелочная, СЩ — субщелочная, Т — толеитовая.

Fig. 3. Petrochemical diagrams for gabbrodolerites of the Tzulmen section and the most common Middle-Riphean-Paleozoic gabbrodolerite complexes of the Bashkir meganticlinorium

Legend: I — gabbrodolerites of the Tzulmen section: 1 — dike 2 m-thick (layer 2, Table 1), 2 — dike 4 m-thick (layer 7, Table 1), 3 — dike 35 m-thick (layer 10, Table 1); II — Miselya complex of alkaline gabbroids: 1–6.5 km east of the village of Miselya, the left bank of the Tirlyan River, 800 m from the mouth of the Kamenny Klyuch stream (author's data), 2–9 km east of the village of Miselya, the southern slope of mount Igonin Kamen, the right bank of the Arsha river (author's data), 3–4–4.5 km south-east of the village of Miselya, the right bank of the Tirlyan River (Rotar et al., 1971f; Kraev et al., 1972f; Alekseev et al., 1977f), 4–0.3–0.5 km south-east of the village of Miselya, the Tirlyan River below the mouth of the Miselya River (Alekseev et al., 1977f); III — gabbrodolerites of the East Aktash ore zone: 1 — after [Rykus, Snachev, 2014], 2 — author's data; IV — VI — gabbrodolerite complexes: IV — Jurmatinian (Larionov et al., 1985f), V — Inzersky (Alekseev et al., 1977f), VI — Povalnensky (Alekseev et al., 1977f). The fields of compositions of igneous rocks of different series are indicated in capital letters: Щ — alkaline, СЩ — subalkaline, Т — tholeiitic.

ющиеся поля, что указывает на их принадлежность к одному магматическому комплексу и, по-видимому, рассматриваемые дайки представляют собой «апофизы» единого интрузивного тела. Отметим, что согласно проведенному петрографическому изучению, в габбродолеритах наблюдаются офитовые структуры, которые характерны для краевых частей интрузивов.

Анализ данных, приведенных на диаграммах 3 и 4, показывает, что габбродолериты тюльменского разреза попадают в поле субщелочных пород. По петро- и геохимическим особенностям они близки породам миселинского комплекса щелочных габброидов и отличаются от габбродолеритов повальненского, инзерского и юрматинского комплексов. По данным А. А. Алексеева [1984],

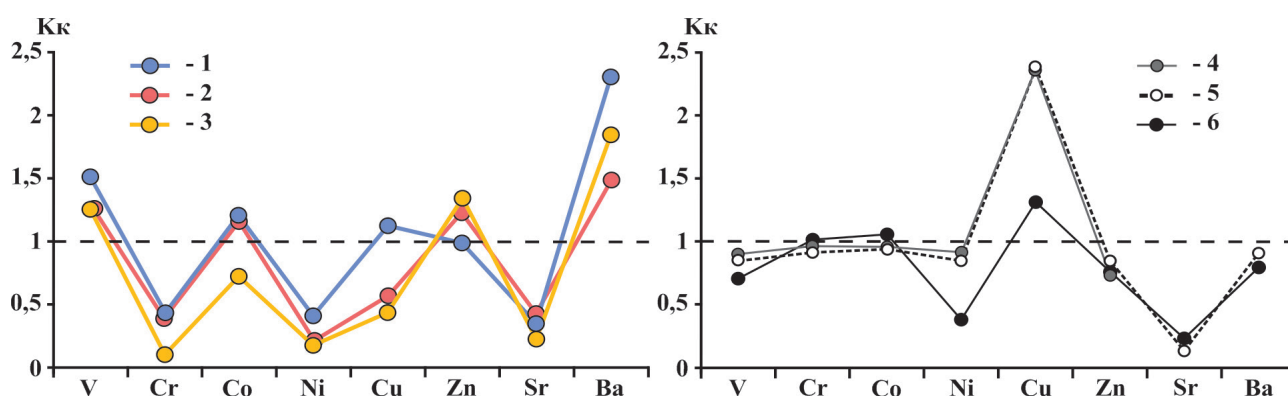


Рис. 4. Нормированные на кларк для изверженных пород основного состава (по К. Таркьяну и К. Ведеполу [Войткевич и др., 1990]) средние содержания редких элементов в габбродолеритах тюльменского разреза и в наиболее распространенных среднерифейско-палеозойских габбродолеритовых комплексах Башкирского мегантиклинория

Условные обозначения: 1 — габбродолериты тюльменского разреза (n=19); 2 — миселинский комплекс щелочных габброидов (n=5, авторские данные, рентгенофлуоресцентный анализ); 3 — габбродолериты Восточно-Акташской рудной зоны (n=6, авторские данные, атомно-эмиссионный и рентгенофлуоресцентный анализ); 4–6 — габбродолеритовые комплексы (спектральный полуколичественный анализ): 4 — юрматинский (n=25, Ларионов и др., 1985ф), 5 — инзерский (n=35, Алексеев и др., 1977ф), 6 — повальненский (n=78, Алексеев и др., 1977ф).

Fig. 4. Average contents of rare elements in gabbrodolerites of the Tyulmen section and in the most common Middle-Riphean-Paleozoic gabbrodolerite complexes of the Bashkir meganticlinorium, normalized by clark for igneous rocks of the basic composition (according to K. Tark'yan and K. Vedepol' [Voitkevich et al., 1990])

Legend: 1 — gabbrodolerites of the Tyulmen section (n=19); 2 — Miselya complex of alkaline gabbroids (n=5, author's data, X — ray fluorescence analysis); 3 — gabbrodolerites of the East — Aktash ore zone (n=6, author's data, atomic-emission and X — ray fluorescence analysis); 4–6 — gabbrodolerite complexes (spectral semi-quantitative analysis): 4 — Jurmatinian (n=25, Larionov et al., 1985f), 5 — Inzersky (n=35, Alekseev et al., 1977f), 6 — Povalnensky (n=78, Alekseev et al., 1977f).

щелочные габброиды миселинского комплекса характеризуются типичными для трахибазальтовой формации высокими содержаниями титана (TiO_2 до 4.48 мас. %), фосфора (P_2O_5 до 0.76 мас. %) и щелочей ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ до 8.56 мас. %) при преобладании натрия над калием. Содержание и состав породообразующих минералов изменчивы: плагиоклаз № 35–62 (35–65%), клинопироксен — авгит, титанистый авгит, титанавгит (10–40%), роговые обманки (0–20%), аннит (1–15%), калишпат (0–15% и иногда больше), замещенный оливин (0–10%), кварц (0–10%), апатит (0.5–2%), титаномагнетит (5–8%). Вторичные минералы представлены хлоритом с железистостью более 50%, альбитом, серицитом, актинолитом, кальцитом, клиноцоизитом, сфеном, гибшитом, редко пренитом и тальком. Указанным исследователем отмечается, что в отличие от средне- и верхнерифейских толеитовых габбродолеритов породы миселинского комплекса сильнее преобразованы постмагматическими и метаморфическими процессами. По-видимому, именно этим объясняется довольно значительный разброс фигуративных точек миселинских габбродолеритов на рис. 3.

На диаграммы (см. рис. 3 и 4) вынесены также данные по габброидам Восточно-Акташской рудной зоны, которые, как и интрузивные породы тюльменского разреза, сходны с габбродолеритами миселинского комплекса, что отмечалось нами ранее [Мичурин и др., 2020]. Особенно обращает на себя внимание практически полное сходство в распределении редких элементов в габбродолеритах тюльменского разреза, Восточно-Акташской зоны, района д. Миселя и их отличие от среднерифейских и палеозойских габбродолеритовых комплексов (см. рис. 4). Следовательно, можно сделать вывод, что дайки на р. Тюльмень и в Восточно-Акташской зоне принадлежат к миселинскому комплексу. В свою очередь из этого следует, что породы комплекса имеют широкое распространение.

Вместе с тем отметим еще одну общую особенность рассматриваемых габбродолеритов из различных районов Башкирского мегантиклинория, а именно их пространственную приуроченность к границе отложений юрматинской и каратауской серий. Так, по материалам Западно-Башкирской комплексной геологической экспедиции (Ротарь

и др., 1971ф), габбродолериты в районе д. Миселя встречены в бирьянских песчаниках зильмердакской свиты вблизи их тектонического контакта с отложениями авзянской и зигазино-комаровской свит. Восточно-Акташская рудная зона располагается рядом с Караташским региональным разломом, по которому вмещающие верхнерифейские породы зоны граничат с отложениями кужинской и биктимирской свит, параллелизуемых с авзянской свитой среднего рифея. Две сближенные дайки зоны секут породы зильмердакской, катавской и инзерской свит. На р. Тюльмень дайки, напротив, встречены в отложениях авзянской свиты, но также вблизи их контакта с бирьянскими песчаниками.

Согласно полученным результатам, габбродолериты тюльменского разреза обогащены фтором в 2–4 раза по сравнению с кларком для изверженных пород основного состава (по К. Таркьяну и К. Ведеполу [Войткевич и др., 1990]), а хлором в 5–6 раз. Основным минералом-концентратором этих элементов в интрузивных породах тюльменского разреза, по-видимому, является фторапатит, в котором по данным энерго-дисперсионного микроанализа установлены содержания фтора на уровне 3.35–4.45 мас. %, хлора — 0.19–0.31 мас. %. Небольшие примеси хлора были зафиксированы также в других минералах.

По уровню содержаний этих элементов рассматриваемые габбродолериты сходны как с породами миселинского комплекса (рис. 5), так и с габброидами Восточно-Акташской зоны, в которых ранее нами установлены концентрации фтора — 1264 г/т, хлора — 313 г/т. Имеются сведения о находках флюорита в катавских известняках на контакте с габброидами Восточно-Акташской зоны [Мичурин и др., 2020], что указывает на обогащенность фтором постмагматических флюидов.

В породах тюльменского разреза поведение фтора подчиняется определенным закономерностям. Его содержания увеличиваются в габбродолеритах в эндоконтактах даек, а в осадочных породах — в экзоконтактовых зонах. Кроме того, в целом максимальное обогащение фтором фиксируется в слое светло-серых доломитов (слой 9, см. табл. 1) с юго-восточной стороны от наиболее мощной дайки в разрезе (рис. 6). При этом по результатам энерго-дисперсионного микроанализа выявлено, что основными минералами-концентраторами фтора в карбонатных породах являются флогопит и аннит.

По результатам термогравиметрического и рентгенофазового анализов в осадочных по-

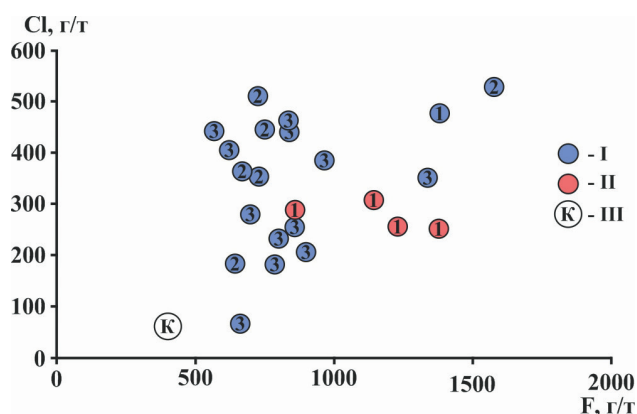


Рис. 5. Содержания фтора и хлора в габбродолеритах тюльменского разреза и габбродолеритах миселинского комплекса

Условные обозначения: I и II — так же как и на рис. 3; III — кларковое содержание в изверженных породах основного состава (по К. Таркьяну и К. Ведеполу [Войткевич и др., 1990]).

Fig. 5. The content of fluorine and chlorine in gabbrodolerites of the Tyulmen section and gabbrodolerites of the Miselya complex
Legend: I and II — as well as in fig. 3; III — clark content in igneous rocks of the basic composition (according to K. Tark'yan and K. Vedepol' [Voitkevich et al., 1990]).

родах тюльменского разреза установлены также высокие содержания хлорита, которые варьируют от 2 до 47%, в среднем составляя 10%. Анализ их изменения по разрезу показывает, что они увеличиваются симбатно с ростом в осадочных породах концентраций фтора, т. е. с ростом в породах содержаний флогопита и аннита.

По данным энерго-дисперсионного микроанализа состав хлорита в габбродолеритах (обр. м1915) — магнезиально-железистый $(Mg_{1.8}Fe^{2+}_{3.01}Al_{1.17})_{5.98}(Si_{2.99}Al_{1.01})_4O_{10}(OH)_8$, в карбонатных породах в экзоконтактовых зонах (обр. м1917) — уже железисто-магнезиальный $(Mg_{3.38}Fe^{2+}_{1.54}Al_{1.09})_{6.01}(Si_{3.08}Al_{0.92})_4O_{10}(OH)_8$, а по мере удаления от дайки (обр. м1929, м1930) железисто-магнезиальный с еще большим содержанием магния и меньшим — железа $(Mg_{4.11}Fe^{2+}_{0.57}Al_{1.33})_{6.01}(Si_{3.32}Al_{0.68})_4O_{10}(OH)_8$. Расчет температуры его образования по хлоритовому геотермометру [Cathelineau, Nieva, 1985] дает следующие значения: в габбродолеритах — 253–273°C, в экзоконтактовых зонах — 201–295°C, в карбонатных породах — 112–235°C. Таким образом, фиксируется постепенное снижение температуры образования хлорита по мере удаления от наиболее мощной в тюльменском разрезе дайки габбродолеритов.

Приведенные материалы позволяют предположить, что образование в осадочных породах тюльменского разреза хлорита, аннита, флогопита

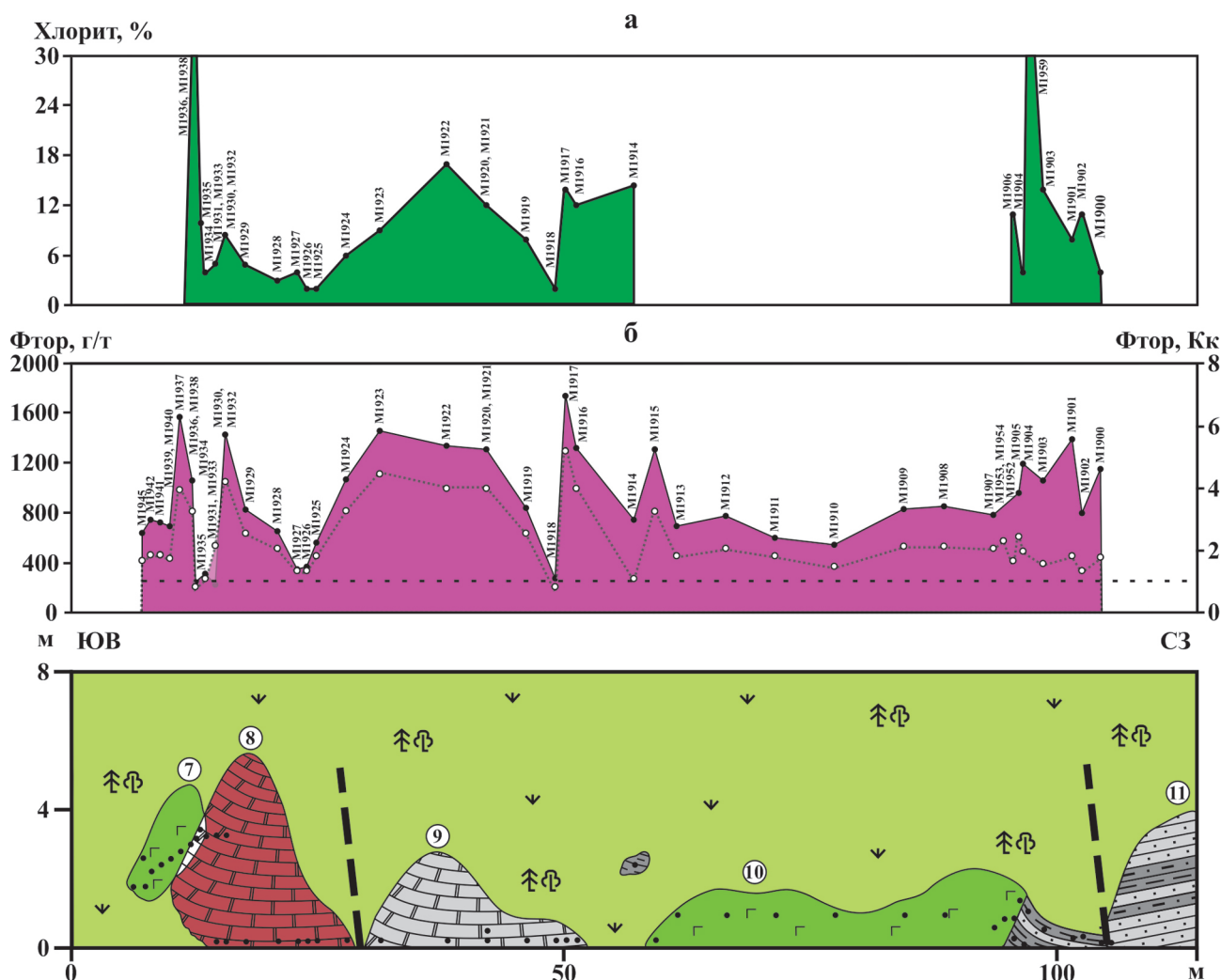


Рис. 6. Изменение содержаний в породах тюльменского разреза хлорита (а) и фтора (б)

Условные обозначения: Цифрами указаны номера образцов. Залитыми кружками показаны абсолютные содержания фтора, не залитыми — нормированные содержания на кларк для каждого типа пород (по К. Таркьяну и К. Ведеполу [Voitkevich и др., 1990]). Штриховая линия — кларковое содержание.

Fig. 6. Changes in the contents of chlorite (a) and fluorine (b) in the rocks of the Tyulmen section

Legend: The numbers indicate the sample numbers. The absolute fluorine contents are shown in filled circles, the normalized contents per clark for each type of rocks are not filled (according to K. Tark'yan and K. Vedepol' [Voitkevich et al., 1990]). The dashed line is the clark content.

и, соответственно, обогащение пород фтором в 2–7 раз против кларка могло быть связано с деятельностью постмагматических флюидов.

Заключение

Проведенное изучение показывает, что контакты практически всех слоев пород, вскрывающихся в стратотипическом разрезе тюльменской подсвиты, тектонические, представляющие собой, по-видимому, или взбросы или надвиги. Тектоническое взаимоотношение слоев предполагает стратигра-

фическую нарушенность разреза, поэтому судить о мощности слагающих его осадочных пород и их постепенном переходе через переслаивание не совсем корректно.

Габбродолериты тюльменского разреза характеризуются сравнительно низкой известковистостью и магнезиальностью и высокими содержаниями TiO_2 , P_2O_5 и суммой щелочей Na_2O+K_2O при преобладании содержаний натрия над калием. В них устанавливаются вышекларковые концентрации F, Cl, V, Ba и нижекларковые — Cr, Ni, Sr. По петро- и геохимическим особенностям они близки породам

миселинского комплекса щелочных габброидов, которые, как следует из приведенных материалов, часто пространственно приурочены к границе отложений юрматинской и каратауской серий.

Полученные результаты по минералогии и геохимии осадочных пород тюльменского разреза позволяют предположить, что образование в них хлорита, аннита, флогопита и обогащение пород фтором в 2–7 раз против кларка могло быть связано с деятельностью постмагматических флюидов.

Список литературы:

- Алексеев А. А.* Рифейско-вендский магматизм западного склона Южного Урала. — М.: Наука, 1984. — 136 с.
- Беккер Ю. Р.* Основные проблемы стратиграфии докембрия Русской платформы и ее складчатого обрамления // Советская геология, 1972. — № 5. — С. 13–23.
- Войткевич Г. В., Кокин А. В., Мирошников А. Е., Прохоров В. Г.* Справочник по геохимии. — М.: Недра, 1990. — 476 с.
- Гарань М. И.* Нижний и средний докембрий // Геология СССР. Т. 12. Пермская, Свердловская, Челябинская и Курганская области. Ч. 1. Геологическое описание. Кн. 1. — М.: Недра, 1969. — С. 64–149.
- Горяинова О. П., Фалькова Э. А.* Геология Инзерского и Зигазино-Комаровского районов Башкирской АССР // Зигазино-Комаровский и Инзерский железорудные районы Башкирии. — Уфа: Башгосиздат, 1940. — С. 9–114.
- Камалетдинов М. А., Казанцев Ю. В., Казанцева Т. Т.* Геология и перспективы нефтегазоносности Урала/отв. ред. Б. М. Юсупов. — М.: Наука, 1988. — 238 с.
- Князев Ю. Г.* Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Издание второе. Южно-Уральская серия. Геологическая карта дочетвертичных образований. N-40-XVI (Инзер). ОАО «Башкиргеология», 2017.
- Князев Ю. Г., Князева Ю. Г., Сначев В. И., Каримов Т. Р., Масагутов Р. Х., Быкова Л. С., Утаев М. А., Айдаров Э. М., Алсланова Э. Р.* Отчет о результатах работ по объекту: «Создание комплекта Государственной геологической карты масштаба 1:1000000 листа N-40-Уфа». Уфа, 2010.
- Козлов В. И.* Верхний рифей и венд Южного Урала. — М.: Наука, 1982. — 128 с.
- Козлов В. И.* Верхний и терминальный рифей Башкирского Урала: Автореф. дис. . . канд. геол.-минерал. наук/ГИН АН СССР. — М., 1975. — 22 с.
- Козлов В. И.* Основные черты стратиграфии верхнего докембрия Башкирского Урала. — Труды Института геологии и геохимии УНЦ АН СССР, 1978. — Вып. 133. — С. 3–15.
- Козлов В. И.* Стратотип рифея Южного Урала // Стратиграфия, литология и геохимия верхнего докембрия Южного Урала и Приуралья. — Уфа: БФАН СССР, 1986. — С. 6–16.
- Крупенин М. Т.* Приуральская перикратонная впадина в раннем и среднем рифее — надрифтовый осадочный бассейн с эвапоритами: минерагенические особенности // Ежегодник-2019. — Екатеринбург: Тр. ИГГ УрО РАН, 2020. — Вып. 167. — С. 31–37.
- Крупенин М. Т., Дуб С. А.* К вопросу о границе мезо- и неопротерозоя в типовом разрезе Южного Урала. Стратиграфия верхнего докембрия: проблемы и пути решения. // VII Российская конференция по проблемам геологии докембрия (Санкт-Петербург, 21–24 сентября 2021 г.). — СПб: Свое издательство, 2021. — С. 89–91.
- Ларионов Н. Н., Бергазов И. Р., Грановская Н. В., Нигматуллина А. М.* Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200000. Издание второе. Серия Южно-Уральская. Лист N-40-XXII. Тулан. Объяснительная записка. — М.: МФ ВСЕГЕИ, 2015.
- Маслов А. В.* Разрез верхнего докембрия Южного Урала и перерывы в нем // Ежегодник-2019. — Екатеринбург: Тр. ИГГ УрО РАН, 2020. — Вып. 167. — С. 38–42.
- Маслов А. В., Анфимов Л. В.* Авзянская рудоносная свита среднего рифея Южного Урала (литостратиграфия, условия образования, минерагения). — Екатеринбург: УрО РАН, 2000. — 132 с.
- Маслов А. В., Ерохин Е. В., Гердес А., Ронкин Ю. Л., Иванов К. С.* Первые результаты U-Pb LA-ICP-MS-изотопного датирования обломочных цирконов из аркозовых песчаников бирьянской подсвиты зильмердакской свиты верхнего рифея (Южный Урал) // ДАН. — 2018. — Т. 482. — № 5. — С. 558–561.
- Мичурин С. В., Калистратова Е. О., Султанова А. Г., Казбулатова Г. М.* Фтор в породах Западно-Акташской рудной зоны (Южный Урал) // Геологический вестник. — 2020. — № 2. — С. 54–71. Doi: 10.31084/2619-0087/2020-2-5
- Олли А. И.* Древние отложения западного склона Урала. — Саратов: Саратов. гос. ун-т, 1948. — 414 с.
- Полевая Н. И., Казаков Г. А.* Возрастное расчленение и корреляция древних немых отложений по отношению Ar^{40}/K^{40} в глауконитах // Вопросы геохронологии и геологии. — М.; Л.: АН СССР, 1961. — С. 103–122.
- Пучков В. Н., Сергеева Н. Д., Краснобаев А. А.* Стратиграфическая схема стратотипа рифея Южного Урала // Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов АН РБ, 2017. — № 23. — С. 3–26.
- Рыкус М. В., Сначев В. И.* Геология и золотоносность Акташского рудного поля // Нефтегазовое дело, 2014. — Т. 12, №. 2. — С. 21–27.
- Стратотип рифея. Стратиграфия. Геохронология/Отв. ред. Б. М. Келлер. — М.: Наука, 1983. — 184 с.
- Филиппов В. А.* О правомерности выделения тюльменской подсвиты в разрезе древних толщ западного склона Южного Урала // Типы седиментогенеза и литогенеза и их эволюция в истории Земли/Материалы 5-го Всероссийского литологического совещания (Екатеринбург, 14–16 октября 2008 г.) Екатеринбург, 2008. — Т. 2. — С. 148–150.
- Швецов П. Н.* Базальные горизонты верхних серий рифея Южного Урала как отражение предшествующих

эпох корообразования // Доклады АН СССР, 1979. — Т. 249. — № 1. — С. 168–171.

Bartley J. K., Khan L. C., McWilliams J. L., Stagner A. F. Carbon isotope chemostratigraphy of the Middle Riphean type section (Avzyan Formation, Southern Urals, Russia): Signal recovery in a fold-and-thrust belt // *Chem. Geol.*, 2007. V. 273. P. 211–232. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2006.06.018>

Cathelineau M., Nieva D. A chlorite solid solution geothermometer The Los Azufres (Mexico) geothermal system // *Contrib Mineral Petrol.* 1985. V. 91. P. 235–244. <https://doi.org/10.1007/bf00413350>

Puchkov V. N., Bogdanova S. V., Ernst R. E., Kozlov V. I., Krasnobaev A. A., Söderlund U., Wingate M. T. D., Postnikov A. V., Sergeeva N. D. The ca. 1380 Ma Mashak igneous event of the Southern Urals // *Lithos.* 2013. V. 174. № 1. P. 109–124. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2012.08.021>

References:

Alekseev A. A. (1984). *Rifejsko-vendskij magmatizm zapadnogo sklona YUzhnogo Urala* [Riphean-Vendian magmatism of the western slope of the Southern Urals]. Nauka Publ., Moscow, Russia, 136 p. (In Russian).

Bekker YU. R. (1972). Osnovnye problemy stratigrafii dokembriya Russkoi platformy i ee skladchatogo obramleniya [The main problems of the Precambrian stratigraphy of the Russian Platform and its folded framing]. *Sovetskaya geologiya — Soviet geology*, (5), 13–23. (In Russian).

Vojtkovich G. V., Kokin A. V., Miroshnikov A. E., Prohorov V. G. (1990). *Spravochnik po geohimii* [Handbook of Geochemistry]. Nedra Publ., Moscow, Russia, 476 p. (In Russian).

Garan' M. I. (1969). *Nizhnij i srednij dokembrij. Geologiya SSSR. Permskaya, Sverdlovskaya, Chelyabinskaya i Kurganskaya oblasti. Geologicheskoe opisanie* [Lower and Middle Precambrian. Geology of the USSR. Perm, Sverdlovsk, Chelyabinsk and Kurgan regions. Geological description]. Nedra Publ., Moscow, Russia, V. 12, part 1, book 1, 64–149 p. (In Russian).

Geologiya i perspektivy neftegazonosnosti Urala [Geology and prospects of oil and gas potential of the Urals] (1988). Responsible editor B. M. Yusupov. Nauka Publ., Moscow, Russia, 240 p. (In Russian).

Goryainova O. P., Fal'kova E. A. (1940). *Geologiya Inzerskogo i Zigazino-Komarovskogo rajonov Bashkirskoj ASSR. Zigazino-Komarovskij i Inzerskij zhelezorudnye rajony Bashkirii* [Geology of the Inzer and Zigazino-Komarovo districts of the Bashkir ASSR // Zigazino-Komarovo and Inzer iron ore districts of Bashkiria]. Bashgosizdat Publ., Ufa, Russia, Issue 2, 9–114 p. (In Russian).

Knyazev YU. G. (2017). *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj Federacii masshtaba 1:200000. YUzhno-Ural'skaya seriya. Geologicheskaya karta dochetvertichnyh obrazovanij. N-40-XVI (Inzer)* [State Geological Map of the Russian Federation scale 1:200000. South Urals series.

Geological map of prequaternary formations. N-40-XVI (Inzer). OAO "Bashkirgeologiya" Publ., Ufa, Russia. (In Russian).

Knyazev YU. G., Knyazeva YU. G., Snachev V. I., Karimov T. R., Masagutov R. H., Bykova L. S., Utaev M. A., Ajdarov E. M., Alslanova E. R. (2010). *Otchet o rezul'tatah rabot po ob'ektu: "Sozdanie komplekta Gosudarstvennoj geologicheskoy karty masshtaba 1:1000000 lista N-40-Ufa"* [Report on the results of work on the object: "Creation of a set of the State geological map scale 1:1000000 sheet N-40-Ufa"]. Ufa, Russia. (In Russian).

Kozlov V. I. (1982). *Verhnij rifej i vend YUzhnogo Urala* [The Upper Riphean and the Vend of the Southern Urals]. Nauka Publ., Ufa, Russia, 128 p. (In Russian).

Kozlov V. I. (1975). *Verhnij i terminal'nyj rifej Bashkirskogo Urala. Avtoreferat Kand. nauk* [The upper and terminal riphean of the Bashkir Urals. Abstract of the Candidate of Sciences]. GIN AN SSSR Publ., Moscow, Russia, 22 p. (In Russian).

Kozlov V. I. (1978). *Osnovnye cherty stratigrafii verhnego dokembriya Bashkirskogo Urala. — Trudy Instituta geologii i geohimii UNC AN SSSR* [The main features of the Upper Precambrian stratigraphy of the Bashkir Urals. — Proceedings of the Institute of Geology and Geochemistry of the UNC of the USSR Academy of Sciences]. Issue 133, 3–15 p. (In Russian).

Kozlov V. I. (1986). *Stratotip rifeja YUzhnogo Urala. Stratigrafiya, litologiya i geohimija verhnego dokembriya YUzhnogo Urala i Priural'ya* [Stratotype of the riphean of the Southern Urals. Stratigraphy, lithology and geochemistry of the Upper Precambrian of the Southern Urals and the Urals]. BFAN SSSR Publ., Ufa, Russia, 6–16 p. (In Russian).

Krupenin M. T. (2020). Priural'skaya perikratonnaya vpadina v rannem i srednem rifee — nadriftovyy osadochnyy bassejn s evaporitami: mineragenicheskie osobennosti [Priuralsk pericratonic depression in the early and Middle Riphean — above-drift sedimentary basin with evaporites: mineragenic features]. *Ezhegodnik — Yearbook*, (167). Tr. IGG UrO RAN Publ., Ekaterinburg, Russia, 31–37 p. (In Russian).

Krupenin M. T., Dub S. A. (2021). K voprosu o granitse mezo- i neoproterozoya v tipovom razreze Yuzhnogo Urala. Stratigrafiya verkhnego dokembriya: problemy i puti resheniya [On the issue of the Meso- and Neoproterozoic boundary in the typical section of the Southern Urals. Stratigraphy of the Upper Precambrian: problems and solutions]. *VII Rossijskaya konferenciya po problemam geologii dokembriya. 21–24 sentyabrya 2021 g.* [VII Russian Conference on the Problems of Precambrian Geology, September 21–24, 2021]. Svoe izdatel'stvo Publ., Sankt-Peterburg, 89–91. (In Russian).

Larionov N. N., Bergazov I. R., Granovskaya N. V., Nigmatullina A. M. (2015). *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj federacii. Masshtab 1:200000. Izdanie vtoroe. Seriya YUzhno-Ural'skaya. List N-40-HKIII. Tukan. Ob'yasnitel'naya zapiska* [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:200000. Second edition. The South Urals series. Sheet N-40-XXII. Toucan. Explanatory note]. MF VSEGEI Publ., Moscow, Russia.

Maslov A. V. (2020). Razrez verkhnego dokembriya Yuzhnogo Urala i pereryvy v nem [The section of the

Upper Precambrian of the Southern Urals and breaks in it]. *Ezhegodnik — Yearbook*, (167). Tr. IGG UrO RAN Publ., Ekaterinburg, Russia, 38–42 p. (In Russian).

Maslov A. V., Anfimov L. V. (2000) *Avzyanskaya rudonosnaya svita srednego rifeya YUzhnogo Urala (litostratigrafiya, usloviya obrazovaniya, minerageniya)* [The Avzyan ore-bearing formation of the Middle Riphean of the Southern Urals (lithostratigraphy, conditions of formation, minerageny)]. Urb RAN Publ., Ekaterinburg, Russia, 132 p. (In Russian).

Maslov A. V., Erohin E. V., Gerdes A., Ronkin YU. L., Ivanov K. S. (2018). Pervye rezul'taty U-Pb LA-ICP-MS-izotopnogo datirovaniya oblomochnykh tsirkonov iz arkozovykh peschanikov bir'yanskoi podsvity zil'merdakskoi svity verkhnego rifeya (Yuzhnyi Ural) [The first results of U-Pb LA-ICP-MS isotope dating of detrital zircons from arkose sandstones of the Biryán subformation of the Zilmerdak formation of the Upper Riphean (Southern Urals)]. *Doklady Akademii nauk — Reports of the Academy of Sciences*, (V. 482, No. 5), 558–561. (In Russian).

Michurin S. V., Kalistratova E. O., Sultanova A. G., Kazbulatova G. M. (2020). Ftor v porodakh Zapadno-Aktashskoi rudnoi zony (Yuzhnyi Ural) [Fluorine in rocks of the West-Aktash ore zone (Southern Urals)]. *Geologicheskij vestnik — Geological Bulletin*, (No. 2), 54–71. (In Russian).

Olli A. I. (1948). *Drevnie otlozheniya zapadnogo sklona Urala* [Ancient deposits of the western slope of the Urals]. Saratov State University Publ., Saratov, Russia, 414 p. (In Russian).

Polevaya N. I., Kazakov G. A. (1961). Vozrastnoe raschlenenie i korrelyatsiya drevnykh nemykh otlozhenii po otnosheniyu Ar^{40}/K^{40} v glaukonitakh [Age-related dismemberment and correlation of ancient mute deposits with respect to Ar^{40}/K^{40} in glauconites]. *Voprosy geohronologii i geologii — Questions of geochronology and Geology*. AN SSSR Publ., Moscow, Leningrad, Russia, 103–122. (In Russian).

Puchkov V. N., Sergeeva N. D., Krasnobaev A. A. (2017). Stratigraficheskaya skhema stratotipa rifeya Yuzhnogo Urala [Stratigraphic scheme of the Riphean stratotype of the Southern Urals]. *Geologiya. Izvestiya Otdeleniya nauk o Zemle i prirodnih resursov AN RB — Geologiya. Proceedings of the Department of Earth Sciences and Natural Resources of*

the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan, (No. 23), 3–26. (In Russian).

Rykus M. V., Snachev V. I. (2014). Geologiya i zolotonosnost' Aktashskogo rudnogo polya [Geology and gold content of the Aktash ore field]. *Neftegazovoe delo — Oil and gas business*, (V. 12, No), 21–27. (In Russian).

Stratotip rifeya. Stratigrafiya. Geohronologiya [The stratotype of Ripheus. Stratigraphy. Geochronology] (1983). Responsible editor B. M. Keller. Nauka Publ., Moscow, Russia, 184 p. (In Russian).

Filippov V. A. (2008). O pravomernosti vydeleniya tyul'menskoj podsvity v razreze drevnykh tolshch zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala [On the legality of the allocation of the Tyulmen subformation in the context of ancient strata of the western slope of the Southern Urals]. *Materialy 5-go Vserossijskogo litologicheskogo soveshchaniya (Ekaterinburg, 14–16 oktyabrya 2008 g.) Tipy sedimentogeneza i litogeneza i ih evolyuciya v istorii Zemli T. 2* [Proceedings of the 5th All-Russian Lithological Meeting (Yekaterinburg, October 14–16, 2008). Types of sedimentogenesis and lithogenesis and their evolution in the history of the Earth. V. 2]. Ekaterinburg, 148–150. (In Russian).

SHvecov P. N. (1979). Bazal'nye gorizonty verkhnykh serii rifeya Yuzhnogo Urala kak otrazhenie predshestvuyushchikh epokh koroobrazovaniya [Basal horizons of the upper Riphean series of the Southern Urals as a reflection of the previous eras of mountain formation]. *Doklady AN SSSR — Reports of the USSR Academy of Sciences*, (V. 249. No. 1), 168–171. (In Russian).

Bartley J. K., Khan L. C., McWilliams J. L., Stagner A. F. (2007). Carbon isotope chemostratigraphy of the Middle Riphean type section (Avzyan Formation, Southern Urals, Russia): Signal recovery in a fold-and-thrust belt // *Chem. Geol.*, V. 273. P. 211–232.

Cathelineau M., Nieva D. (1985). A chlorite solid solution geothermometer The Los Azufres (Mexico) geothermal system // *Contrib Mineral Petrol*, V. 91. P. 235–244.

Puchkov V. N., Bogdanova S. V., Ernst R. E., Kozlov V. I., Krasnobaev A. A., Söderlund U., Wingate M. T. D., Postnikov A. V., Sergeeva N. D. (2013). The ca. 1380 Ma Mashak igneous event of the Southern Urals // *Lithos*. V. 174. No. 1. P. 109–124.

Сведения об авторах:

Мичурин Сергей Васильевич, канд. геол.-мин. наук, Институт Геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. s_michurin@mail.ru

Крупенин Михаил Тихонович, канд. геол.-мин. наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки — Институт геологии и геохимии им. академика А. Н. Заварицкого Уральского отделения Российской академии наук (ИГГ УрО РАН), г. Екатеринбург. krupenin@igg.uran.ru

Шиянова Евгения Олеговна, Общество с ограниченной ответственностью РН-БашНИПИнефть, г. Уфа. pindyurinaevgeniya@mail.ru

Савельев Дмитрий Евгеньевич, доктор геол.-мин. наук, Институт Геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения

Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. savl71@mail.ru

Горожанин Валерий Михайлович, канд. геол.-мин. наук, Институт Геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. Gorozhanin@ufaras.ru

Дуб Семен Александрович, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки — Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого Уральского отделения Российской академии наук (ИГГ УрО РАН), г. Екатеринбург. sapurins@gmail.com

Казбулатова Гульфия Мавлетовна, Институт Геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. kazbulatova@mail.ru

Шарипова Айсылу Азатовна, канд. геол.-мин. наук, Институт Геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. aysyluazatovna@mail.ru

Ахмедова Регина Равилевна, Институт Геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. delmukhametovar@mail.ru

About the authors:

Michurin Sergey Vasil'evich, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. s_michurin@mail.ru

Krupenin Mikhail Tikhonovich, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology and Geochemistry of Uralian Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg. krupenin@igg.uran.ru

Shiyanova Evgeniya Olegovna, Limited liability company RN-BashNIPIneft, Ufa. pindyurinaevgeniya@mail.ru

Saveliev Dmitry Evgenievich, doctor of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. savl71@mail.ru

Gorozhanin Valery Michailovich, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. Gorozhanin@ufaras.ru

Dub Semyon Alexandrovich, Institute of Geology and Geochemistry of Uralian Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg. sapurins@gmail.com

Kazbulatova Gulfiya Mavletovna, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. kazbulatova@mail.ru

Sharipova Aisylu Azatovna, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. aysyluazatovna@mail.ru

Akhmedova Regina Ravilevna, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. delmukhametovar@mail.ru

Статья поступила в редакцию 17.10.2022; одобрена после рецензирования 17.10.2022; принята к публикации 11.11.2022

The article was submitted 17.10.2022; approved after reviewing 17.10.2022; accepted for publication 11.11.2022