

---

---

Научная статья

УДК 550.42

DOI: 10.31084/2619-0087/2022-1-7

## МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗВЕСТНЯКОВ КАТАВСКОЙ СВИТЫ АКТАШСКОЙ ПЛОЩАДИ (ЯМАНТАУСКИЙ АНТИКЛИНОРИЙ, ЮЖНЫЙ УРАЛ)

**С. В. Мичурин, А. А. Шарипова, Г. М. Казбулатова, В. Ф. Юлдашбаева**

*Институт геологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН,  
450077, г. Уфа, ул. Карла Маркса, 16/2, s\_michurin@mail.ru*

Проведено минералогическое и геохимическое изучение известняков катавской свиты, выходы которых отмечаются в Ямантауском антиклинории в 8–10 км северо-западнее пос. Мурадымово на Акташской площади. В минералогическом составе известняков установлено сравнительно высокое содержание кварца (4–15%), присутствие небольших количеств (на уровне 1%) доломита и КППШ, изменчивых содержаний (0.3–1.6%) гематита, а также постоянной примеси хлорита и альбита (1–7%). Присутствие гематита в известняках рассматривается в качестве возможного минералогического доказательства в пользу аридных условий и эвапоритовых обстановок осадконакопления в катавское время. Содержания F, Cl, V, Cr, Ni, Sr в известняках находятся ниже кларковых значений, Pb — близко к кларку, Cu, Zn, Zr — выше кларка в 1.5–2 раза. Наиболее превышают кларковые значения Co (в 4 раза) и Ba (в 19 раз). Установленные особенности распределения элементов-галогенов фтора и хлора (крайне низкие концентрации, отсутствие их связи с кальцитом и высокая положительная корреляция со слюдистыми минералами, имеющими, по-видимому, эпигенетическое происхождение) не могут рассматриваться в качестве доказательств эвапоритовых обстановок осадконакопления в катавское время.

*Ключевые слова:* Ямантауский антиклинорий, Акташская площадь, рифей, известняки

*Благодарности:* Работа выполнена в рамках Государственного задания ИГ УФИЦ РАН № FMRS-2022–0015.

Original article

## MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL FEATURES OF LIMESTONES OF THE KATAV FORMATION OF THE AKTASH AREA (YAMANTAU ANTICLINORIUM, SOUTHEN URAL)

**S. V. Michurin, A. A. Sharipova, G. M. Kazbulatov, V. F. Yuldashbayeva**

*Institute of Geology, Ufa Federal Research Center of RAS,  
16/2, K. Marx St., Ufa, 450077, Russia, s\_michurin@mail.ru*

A mineralogical and geochemical study of limestones of the Katav Formation was carried out, outcrops of which are noted in the Yamantau anticlinorium 8–10 km northwest of Muradymovo settlement on Aktash Area. In the mineralogical composition of limestones, a relatively high content of quartz (4–15%), presence of small amounts (at the level of 1%) of dolomite and K-feldspar, variable contents (0.3–1.6%)

---

**Для цитирования:** С. В. Мичурин, А. А. Шарипова, Г. М. Казбулатова, В. Ф. Юлдашбаева Минералогические и геохимические особенности известняков катавской свиты Акташской площади (Ямантауский антиклинорий, Южный Урал) // Геологический вестник. 2022. № 1. С. 83–93. DOI: 10.31084/2619-0087/2022-1-7

**For citation:** S. V. Michurin, A. A. Sharipova, G. M. Kazbulatov, V. F. Yuldashbayeva (2022) Mineralogical and geochemical features of limestones of the Katav Formation of the Aktash area (Yamantau anticlinorium, Southern Ural). *Geologicheskii vestnik*. 2022. No. 1. P. 83–93. DOI: 10.31084/2619-0087/2022-1-7

---

© С. В. Мичурин, А. А. Шарипова, Г. М. Казбулатова, В. Ф. Юлдашбаева, 2022

of hematite, as well as a constant admixture of chlorite and albite (1–7%). The presence of hematite in the limestones is considered as possible mineralogical evidence in favor of arid conditions and evaporite sedimentation settings during the Katavian. The contents of F, Cl, V, Cr, Ni, Sr in limestones are below the clarke values, Pb is close to the clarke, Cu, Zn, Zr are 1.5–2 times higher than the clarke. The clarke values of Co (4 times) and Ba (19 times) are the highest. The established features of the distribution of the halogen elements fluorine and chlorine (extremely low concentrations, their absence of association with calcite, and a high positive correlation with micaceous minerals, which apparently have an epigenetic origin) cannot be considered as evidence of evaporite sedimentation environments in the Katav time.

*Keywords:* Yamantau anticlinorium, Aktash area, Riphean, limestones.

*Acknowledgements:* The work was carried out within the framework of the State Assignment of IG UFIC RAS No. FMRS-2022–0015.

## Введение

Пестроокрашенные карбонатные породы катавской свиты верхнего рифея являются одним из наиболее отчетливых маркирующих стратиграфических подразделений в рифейских отложениях Южного Урала. Ряд исследователей [Крылов, 1979; Парначев, 1987] на основании минералого-геохимических особенностей этих пород и, главным образом, из-за широкого присутствия в них гематита, полагают, что осадконакопление в катавское время происходило в аридных условиях. Вместе с тем Э. З. Гареевым [1982] геохимические особенности катавских известняков объясняются преимущественно гумидным климатом в областях денудации. Нами проведено изучение известняков катавской свиты, выходы которых отмечаются в Ямантауском антиклинории примерно в 8–10 км северо-западнее пос. Мурадымово, с целью установления характерных минералогических и геохимических особенностей этих пород и возможности их привлечения для палеофациальных и палеоклиматических реконструкций.

## Стратиграфия верхнерифейских отложений Башкирского мегантиклинория

В составе каратауской серии верхнего рифея выделяют (снизу вверх) [Маслов и др., 2001; Козлов и др., 2011]: зильмердакскую, катавскую, инзерскую, миньярскую и укскую свиты. Отложения зильмердакской свиты ( $RF_3zl$ ) являются базальными слоями каратавия и представлены преимущественно песчаниками (мощность 1000–1300 м).

Катавская свита ( $RF_3kt$ ) почти нацело состоит из пестроокрашенных известняков, их глинистых разностей и мергелей. По литологическому составу свита расчленена на две подсвиты: нижнюю, состоящую из строматолитовых известняков и пестроцветных известняков и мергелей, и верхнюю,

сложенную зеленовато-, желтовато- и голубовато-серыми известняками с характерным «струйчатым» рисунком. Мощность свиты в разных частях Башкирского мегантиклинория варьирует от 200 до 400 м.

Инзерская свита ( $RF_3in$ ) (мощность 400–700 м) сложена кварцевыми и полевошпат-кварцевыми песчаниками, алевролитами, сланцами с прослоями глинистых известняков и доломитов. Существенную роль в западных разрезах свиты в Башкирском мегантиклинории играют известняки и доломиты.

Миньярская свита ( $RF_3mn$ ) (мощность 450–700 м) представлена доломитами и доломитизированными известняками. Прослеживается почти непрерывно на западном и восточном крыльях Башкирского мегантиклинория. Расчленяется на две подсвиты: нижнюю (миньскую) и верхнюю (бьянскую) [Козлов и др., 2011].

Укская свита ( $RF_3uk$ ) (мощность 180–400 м) объединяет карбонатные и карбонатно-терригенные отложения. Распространена преимущественно на западном крыле Башкирского мегантиклинория. Свита сложена известняками, глауконит-кварцевыми, кварцевыми и полимиктовыми песчаниками и алевролитами с прослоями аргиллитов и расчленена на нижнюю (терригенную) и верхнюю (карбонатную) подсвиты.

## Геологическое положение объекта исследований

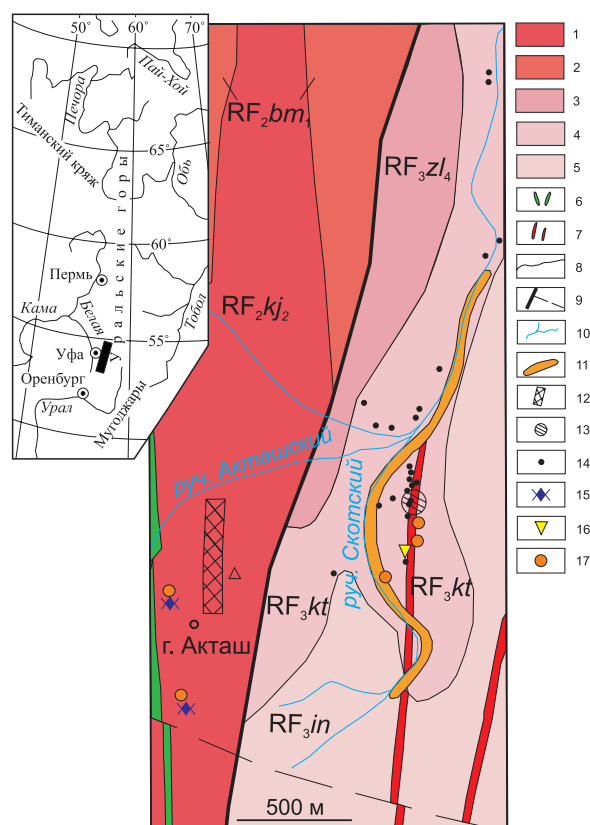
Карбонатные породы катавской свиты обнажаются примерно в 8–10 км северо-западнее пос. Мурадымово в периклинальном замыкании Баятарской антиклинали в месте впадения руч. Скотский в руч. Акташский. Здесь вскрываются породы верхнего рифея (рис. 1), которые с востока по Караташскому региональному разлому имеют тектонический контакт с отложениями кужинской и биктимирской свит среднего рифея. Известняки

катавской свиты согласно залегают на терригенных отложениях (сланцы с прослоями песчаников) бедерьшинской подсвиты зильмердакской свиты ( $RF_3zI_4$ ). Известняки имеют пеструю окраску от светло-зеленовато-серой и желтовато-серой до розовато-серой, сиреневой и фиолетово-серой [Радченко и др., 1973 г.]. В известняках отмечаются редкие прослои сланцев. Согласно материалам указанных исследователей и нашим наблюдениям, породы катавской свиты в этом месте часто полосчатые с чередованием прослоек мощностью от 2–3 мм до 3–4 см различной окраски. Карбонатные отложения катавской свиты здесь являются вмещающими для Восточно-Акташского рудопроявления золота, которое входит в состав Акташского рудного поля [Шарипова и др., 2021]. Нами отобраны образцы катавской свиты в месте впадения руч. Скотский в руч. Акташский (см. рис. 1), стратиграфически приуроченные к нижней и средней частям разреза свиты. Образцы взяты на расстоянии от 5 до 500 м ( $n=9$ ) от Восточно-Акташского рудопроявления золота, а также вблизи него ( $n=7$ ). В рудопроявлении вмещающие известняки на контакте с дайкой габбродиоритов мраморизованы и окварцованы, изредка скарнированы. В одном случае в них обнаружены зерна розовато-бурого граната и прожилки бледно-фиолетового флюорита [Шарипова и др., 2021].

### Методы исследования

Химический состав карбонатных пород определяли рентгенофлуоресцентным анализом (РФА) на спектрометре VRA-30 (Германия), аналитик В. Ф. Юлдашбаева. Содержание фтора определяли фотометрическим методом на фотометре КФК-3–01, аналитик Г. М. Казбулатова. Параллельно рентгенофлуоресцентному анализу содержания в пробах MgO определяли титриметрическим методом,  $Na_2O$  — методом пламенной фотометрии, аналитик С. А. Ягудина.

Минералогический состав определяли термобарометрическим анализом, который проводился на дериватографе Q-1500 (МОМ, Венгрия), аналитик Т. И. Черникова, и рентгенофазовым анализом, выполненным на дифрактометре ДРОН-4, аналитик Г. С. Ситдикова. Детально методика всех выполненных исследований и пределы обнаружения элементов описаны и указаны нами ранее [Мичурин и др., 2021].



**Рис. 1. Геологическая схема выходов верхнерифейских отложений Акташской площади (по [Ларионов, Цветкова, 2003] с дополнениями из материалов [Радченко и др., 1973 г.; Куширова, 1994 г.] и точки отбора образцов катавской свиты**

Условные обозначения: 1–2 — отложения среднего рифея, свиты: 1 — кужинская, верхняя подсвита ( $RF_2kj_2$ ), 2 — биктимирская, нижняя подсвита ( $RF_2bm_1$ ); 3–5 — отложения верхнего рифея, свиты: 3 — зильмердакская ( $RF_3zI_4$ ); 4 — катавская ( $RF_3kt$ ), 5 — инзерская ( $RF_3in$ ); 6–7 — дайки магматических пород: 6 — габбро-долериты; 7 — кварцевые диориты по [Куширова, 1994 г.]; 8 — границы свит; 9 — тектонические нарушения разного порядка; 10 — ручьи; 11 — месторождения россыпного золота; 12 — зона Западно-Акташского рудопроявления золота; 13 — Восточно-Акташское рудопроявление золота; 14 — точки отбора проб; 15 — выходы баритовых жил и баритизация в песчаниках; 16 — точки флюоритовой минерализации; 17 — точки медной минерализации.

**Fig. 1. Geological scheme of outcrops of the Upper Riphean deposits of the Aktash area (according to [Larionov, Tsvetkova, 2003] with additions from materials [Radchenko et al., 1973; Kushirova, 1994] and sampling points of the Katav Formation**  
**Legend:** 1–2 — deposits of the Middle Riphean, Formations: 1 — Kuzhinsky, upper subformations ( $RF_2kj_2$ ), 2 — Biktimir, lower subformations ( $RF_2bm_1$ ); 3–5 — deposits of the Upper Riphean, Formations: 3 — Zilmerdak ( $RF_3zI_4$ ), 4 — Katavian ( $RF_3kt$ ), 5 — Inzerskaya ( $RF_3in$ ); 6–7 — dykes of igneous rocks: 6 — gabbrodolerites, 7 — quartz diorites (according to [Kushirova, 1994 y.]); 8 — the boundaries of the Formation; 9 — tectonic disturbances of various orders; 10 — streams; 11 — placer gold deposits; 12 — zone of the West Aktash ore occurrence of gold; 13 — East Aktash ore occurrence of gold; 14 — sampling points; 15 — outcrops of barite veins and barite in sandstones; 16 — points of fluorite mineralization; 17 — points of copper mineralization.

## Результаты исследования

*Минералогические особенности.* По результатам термогравиметрического анализа (табл. 1) в пробах известняков катавской свиты в районе г. Акташ фиксируются преимущественно три эндотермических эффекта в температурных интервалах 570–605, 710–770 и 920–930°C. Первые два из них связаны с потерей структурно связанной воды из хлорита, а последний эффект — с термической диссоциацией кальцита. Рассчитанное по потере веса содержание кальцита в образцах составляет 70–82%, хлорита — от <1 до 8%.

По результатам рентгенофазового анализа в минералогическом составе катавских известняков в районе пос. Мурадымово (Акташская площадь) установлены в %: кальцит (62.4–87.3; среднее 73.6), доломит (0.3–0.8; среднее 0.6), кварц (3.5–15.1; среднее 9.5), альбит (0.9–6.1; среднее 3.0), калиевый полевой шпат (0.3–1.2; среднее 0.7), хлорит (1.4–7.1; среднее 4.7), мусковит (0.6–8.7; среднее 4.5), флогопит (0.4–2.5; среднее 1.4), аннит (0.4–3.5; среднее 1.3), гематит (0.3–1.6; среднее 0.7) (табл. 2).

Содержание минералов рассчитано по интенсивностям их главных рентгеновских отражений: кальцит — 3.032–3.038; доломит — 2.884–2.892; кварц — 3.339–3.349, альбит — 3.194, калиевый полевой шпат — 3.246–3.255, хлорит — 7.072–7.120, мусковит — 9.958–10.025, флогопит — 10.048–10.094, аннит — 10.140–10.210, гематит — 2.692–2.709 Å. При анализе данных рентгенофазового анализа мы учитывали одну особенность, присущую как в целом рифейским породам Башкирского мегантиклинория, так и особенно ярко проявленную в катавских известняках. В альбитах из рифейских пород фиксируется несоответствие рентгеногра-

фических данных эталонным значениям (база данных МИНКРИСТ) из-за гораздо более высокой интенсивности второго отражения (3.194 Å) над основным отражением (4.03 Å). Для расчета мы использовали более интенсивный пик альбита.

В минералогическом составе карбонатных пород катавской свиты Акташской площади, непосредственно вмещающих Восточно-Акташское рудопроявление золота, по результатам рентгенофазового анализа установлены в %: кальцит (59.0–74.3; среднее 62.5), доломит (0.4–7.9; среднее 2.9), кварц (4.4–13.1; среднее 10.3), альбит (2.8–16.7; среднее 8.7), калиевый полевой шпат (0.7–0.9; среднее 0.8), хлорит (0.8–12.9; среднее 5.3), мусковит (0.1–11.6; среднее 6.0), флогопит (0.0–2.7; среднее 1.2), аннит (0.9–2.3; среднее 1.6), гематит (0.4–1.1; среднее 0.7) (см. табл. 2).

*Геохимические особенности.* Химический состав и содержание редких элементов в карбонатных породах катавской свиты в районе пос. Мурадымово по данным рентгенофлуоресцентного анализа приводится в таблице 3. Там же указаны концентрации F по данным фотометрического определения.

## Обсуждение результатов

По химическому и минералогическому составу породы катавской свиты в разных частях Башкирского мегантиклинория обладают большим сходством. В таблице 4 приводятся средние химические составы и средние содержания редких элементов в катавских известняках Алатауского антиклинория (район д. Толпарово) по нашим данным, Инзерского синклинория (р. М. Инзер около д. Реветь) по данным Э. З. Гареева [1982], а также

Таблица 1. Температуры эндотермических эффектов и содержание кальцита и хлорита в известняках катавской свиты Акташской площади

Table 1. Temperatures of endothermic effects and content of calcite and chlorite in the limestones of the Katav Formation of the Aktash area

№ обр.	Кальцит			Хлорит			Общая потеря веса Мас. %
	T, °C	П. в.	Сод., %	T, °C	П. в.	Сод., %	
Б-9234	920	30.9	<b>70</b>	605. 765	1.0	<b>8</b>	31.9
Б-9235	920	33.9	<b>77</b>	570. 710	0.3	<b>2</b>	34.2
Б-9236	920	36.2	<b>82</b>	—	—	<1	36.3
Б-9239	920	33.9	<b>77</b>	585. 715	0.3	<b>2</b>	34.2
Б-9270	920	34.7	<b>79</b>	580. 730	0.2	<b>2</b>	34.9
Б-9271	930	32.4	<b>74</b>	580. 770	0.2	<b>2</b>	32.6

Примечание: Прочерк — эффект отсутствует. П.в. — потеря веса, мас. %; Сод. — содержание минерала в пробе.  
Notes: Dash — no effect. П.в. — weight loss, wt. %; Сод. — is the mineral content in the sample.



Таблица 2. Минералогический состав карбонатных пород катавской свиты в Ямантауском антиклинории (пос. Мурадымово, Акташская площадь) по результатам рентгенофазового анализа  
 Table 2. Mineralogical composition of carbonate rocks of the Katav Formation in the Yamantau Anticlinorium (Muradymovo settlement, Aktashs area) according to the results of X-ray phase analysis

№ обр.	Cal	Dol	Qz	Ab	Mc	Clc	Ms	Fl	An	Gem
Ямантауский антиклинорий, пос. Мурадымово, Акташская площадь, руч. Акташский										
НК-2-55	87	<1	4	1	<1	6	1	<1	<1	<1
НК-4-5	86	1	7	3	<1	1	1	1	<1	<1
Н-1005	62	<1	15	2	1	5	9	<1	4	2
Б-9234	66	1	12	4	1	6	6	2	2	<1
Б-9235	73	1	7	2	1	5	6	2	2	1
Б-9236	77	1	11	1	1	3	3	2	1	<1
Б-9239	67	1	11	6	1	7	5	2	1	<1
Б-9270	79	1	6	4	1	3	3	2	1	1
Б-9271	65	1	14	3	1	6	7	2	1	1
Ямантауский антиклинорий, Акташская площадь, вмещающие породы Восточно-Акташского рудопоявления										
НК-4-2	61	<1	13	3	1	7	12	<1	2	1
НК-4-153	59	<1	13	3	1	13	6	3	2	<1
НК-14	59	2	13	11	1	4	7	<1	2	1
Б-9265	74	8	4	10	1	1	<1	1	1	1
Б-9266	59	4	9	17	1	1	6	3	1	<1

Примечание: Cal — кальцит; Dol — доломит; Qz — кварц; Ab — альбит; Mc — калиевый полевой шпат; Clc — хлорит; Ms — мусковит; Fl — флогопит; An — аннит; Gem — гематит.

Notes: Cal — calcite; Dol — dolomite; Qz — quartz; Ab — albite; Mc — potassium feldspar; Clc — chlorite; Ms — muscovite; Fl — phlogopite; An — annite; Gem — hematite.

Ямантауского антиклинория (Акташская площадь) по нашим и материалам В.В. Радченко с соавторами [1973 г.]. Сравнительный анализ данных таблицы 4 показывает, что катавские известняки характеризуются постоянной и сравнительно высокой примесью кремнезема, глинозема, оксидов титана, натрия, калия и железа. На диаграмме CaO — MgO для карбонатных пород Л.В. Анфимова [1997] 82% фигуративных точек изученных нами образцов катавской свиты попадают в поле глинистых доломитонесных известняков, остальные 18% — в поле известковых мергелей. Содержание силикокластической примеси в известняках в районе д. Толпарово колеблется от 9.8 до 27.5% (среднее 16.2%), Акташской площади — от 7.7 до 28.9% (среднее 17.1%).

В минералогическом составе известняков катавской свиты Акташской площади в Ямантауском антиклинории отмечаются несколько меньшие содержания кальцита при чуть более высоких концентрациях кварца, альбита, хлорита и слюд по сравнению с известняками аналогичного стратиграфического интервала в районе д. Толпарово

в Алатауском антиклинории. При этом содержания доломита, калиевого полевого шпата (КПШ) и гематита находятся на одном уровне в карбонатных породах сравниваемых регионов. В целом, следует отметить сравнительно низкие, как правило, не более 1%, но постоянно присутствующие содержания доломита и КПШ в катавских известняках.

Ранее нами установлено [Шарипова и др., 2021], что в составе минералов катавских известняков, отобранных вблизи контакта (1–5 м) с дайкой габбродиоритов и вмещающих Восточно-Акташское золоторудное проявление, количество КПШ, гематита, хлорита, кварца и слюд магнетитно-железистого состава практически не изменяется по сравнению с известняками катава, встречающимися на Акташской площади на значительном расстоянии от проявления. Влияние рудного процесса в их минералогическом составе выражается лишь в уменьшении содержания кварца и довольно значительного увеличения концентраций доломита, альбита, хлорита и в меньшей степени мусковита (см. табл. 2).

Таблица 3. Содержания петрогенных оксидов (мас. %) и редких элементов (г/т) в карбонатных породах катавской свиты в районе пос. Мурадымово (Акташская площадь) по результатам РФА  
 Table 3. Contents of petrogenic oxides (wt %) and trace elements (ppm) in carbonate rocks of the Katav Formation in the area of the settlement Muradymovo (Aktash area) based on XRF results

	Б-9234	Б-9235	Б-9236	Б-9239	Б-9270	Б-9271	НК-2-55	НК-4-5	Н 1005
SiO <sub>2</sub>	13.299	9.603	10.917	12.780	7.667	11.757	4.420	5.784	19.558
TiO <sub>2</sub>	0.165	0.147	0.090	0.125	0.102	0.129	0.060	0.044	0.173
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.956	3.803	2.847	3.087	3.347	4.209	1.538	1.731	5.253
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> общ.	1.860	1.455	1.352	1.638	1.502	1.742	0.985	0.667	2.275
MnO	0.034	0.142	0.063	0.122	0.075	0.044	0.075	0.061	0.063
MgO	1.381	1.816	0.988	1.527	2.000	2.066	0.986	0.665	1.716
CaO	42.246	44.577	45.970	43.883	46.000	43.761	50.273	49.706	38.380
Na <sub>2</sub> O	1.353	0.668	0.621	0.506	0.400	0.310	0.557	0.558	0.102
K <sub>2</sub> O	1.028	1.041	0.657	0.677	0.937	1.185	0.098	0.190	1.506
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.028	0.023	0.016	0.012	0.012	0.023	0.044	0.042	0.024
SO <sub>2</sub>	0.011	<ПО	<ПО	<ПО	0.020	0.017	<ПО	<ПО	<ПО
ППП	32.441	35.333	36.763	34.966	38.204	34.079	39.677	39.177	31.217
F	205	211	129	135	175	145	155	<ПО	430
Cl	74	75	57	76	104	62	78	49	47
V	10	14	13	19	10	15	14	21	<ПО
Cr	11	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Co	6	6	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	7
Ni	18	12	<ПО	13	<ПО	20	12	16	14
Cu	13	11	10	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	10
Zn	34	29	23	31	34	34	23	18	42
As	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Rb	7	5	10	<ПО	31	39	<ПО	<ПО	30
Sr	160	141	98	108	176	137	107	84	89
Zr	29	25	32	33	24	32	19	17	48
Ba	173	167	125	105	358	317	191	142	166
Pb	13	<ПО	<ПО	<ПО	13	27	15	15	<ПО
сумма	98.887	98.683	100.348	99.381	100.381	99.422	98.788	98.666	100.373

Примечание: <ПО — ниже предела обнаружения. Прочерк — измерение не проводили.  
 Notes: <ПО — below detection limit. Dash means no measurements were taken.

Итак, из характерных минералогических особенностей известняков катавской свиты можно назвать следующие: 1) сравнительно высокое содержание кварца (4–15%); 2) постоянное присутствие низких количеств доломита и КППШ (на уровне 1%); 3) присутствие изменчивых содержаний гематита, обуславливающего в случае его повышенных концентраций красноцветную окраску пород; 4) присутствие стабильной примеси хлорита и альбита, количества которых по данным рентгенофазового анализа варьируют от 1 до 7%. Из установленных особенностей только присутствие гематита в известняках можно отнести к минералогическим доказа-

тельствам в пользу аридных условий и эвапоритовых обстановок осадконакопления в катавское время. Этот минерал довольно часто встречается в морских эвапоритовых отложениях, как в солях калия (преимущественно), так и магния [Stewart, 1964].

Сведения о содержании микроэлементов в катавских известняках в настоящее время ограничиваются исследованиями Э. З. Гареева [1982], который приводит спектральные полуколичественные данные по 19 образцам свиты, обнажающейся в Инзерском синклинии на р. М. Инзер около д. Реветь. Сравнительный анализ с нашими данными, полученными методами РФА и ИСП АЭС, пока-

Таблица 4. Средние химические составы (мас. %) и средние содержания (г/т) редких элементов в катавских известняках Алатауского и Ямантауского антиклинориев и Инзерского синклинория.  
Table 4. Average chemical compositions (wt %) and average contents (ppm) of rare elements in the Katav limestones of the Alatau and Yamantau anticlinories and the Inzer synclinorium

Элемент	1 (25)	2 (9)	3 (9)	4 (9)	5 (4)
SiO <sub>2</sub>	11.273	—	10.643	17.600	17.768
TiO <sub>2</sub>	0.165	0.154	0.115	0.230	0.213
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.643	2.480	3.419	3.830	3.265
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.900	1.200	1.497	2.160	1.015
FeO	0.296	—	—	0.700	0.685
MnO	0.031	0.032	0.076	0.070	—
MgO	0.957	1.243	1.460	1.520	1.153
CaO	45.669	45.276	44.977	40.080	40.950
Na <sub>2</sub> O	0.372	0.307	0.564	0.630	0.395
K <sub>2</sub> O	0.619	—	0.813	0.790	0.595
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.077	0.068	0.025	0.040	0.055
SO <sub>2</sub>	0.034	—	0.016	—	0.070
ППП	36.667	—	35.762	32.400	33.590
Li	—	8.1	—	—	—
F	235.7	—	176.1	—	—
Cl	74.8	—	69.2	—	—
Sc	—	2.9	—	—	—
V	17.3	13.7	13.6	9.0	—
Cr	—	18.2	3	11.0	—
Co	4.3	6.6	4.2	0.9	—
Ni	11.4	16.8	13.3	5.4	—
Cu	24.4	43.2	8.4	12.0	—
Zn	18.9	26.5	29.7	—	—
Rb	16.7	—	13.6	—	—
Sr	94.5	153.1	122.1	440.0	—
Y	11.8	8.3	—	—	—
Zr	41.5	56.3	28.8	63.0	—
Ba	—	88.7	193.9	67.0	—
Pb	7.0	15.1	10.9	2.7	—
Сумма	99.431	—	99.015	100.100	99.565

Примечание: 1–2 — Алатауский антиклинорий (район д. Толпарово), авторские материалы: 1 — данные РФА, 2-данные атомно-эмиссионного анализа (метод ИСП АЭС); 3 — Ямантауский антиклинорий (Акташская площадь), авторские данные РФА; 4 — Инзерский синклинорий (р. М. Инзер около д. Реветь), данные силикатного (n=9) и спектрального полуколичественного (n=19) анализов [Гареев, 1982]; 5 — Ямантауский антиклинорий (Акташская площадь), данные силикатного анализа [Радченко и др., 1973 г.]. В скобках указано количество проанализированных образцов. Прочерк — нет данных.

Notes: 1–2 — Alatau anticlinorium (near the village of Tolparovo), author's materials: 1 — XRD data, 2 — atomic emission analysis data (ISP AES method); 3 — Yamantau anticlinorium (Aktash area), author's XRF data; 4 — Inzer synclinorium (River M. Inzer near the village of Revet), data of silicate (n=9) and spectral semi-quantitative (n=19) analyzes [Gareev, 1982]; 5 — Yamantau anticlinorium (Aktash area), silicate analysis data (Radchenko et al., 1973). Numbers in parentheses indicate the number of analyzed samples. Dash — no data.

зывает (см. табл. 4), что результаты Э.З. Гареева приближенно количественного определения по Co, Ni, Pb занижены, а Sr завышены. Для последнего элемента этот метод исследования всегда дает

значительное завышение, что уже неоднократно отмечалось в литературе [Юдович, Кетрис, 2011]. Вместе с тем, в работе Э.З. Гареева [1982] получены интересные результаты и выделены группы

элементов, связанные только с силикокластической примесью (Ti, V, Cr, Ni, Zn, Ag, Mo, Co, Cd, Be, Ge, Tl, P, Sn, Bi, W) и с силикокластической примесью и карбонатной фазой (Cu, Pb, Ba, Zr). По данным указанного исследователя Sr и на 90–95% Mn связаны только с карбонатной фазой.

Согласно проведенному нами изучению содержания F, Cl, V, Cr, Ni, Sr в катавских известняках

Акташской площади находятся ниже кларковых значений, Pb — близко к кларку, Cu, Zn, Zr — выше кларка в 1.5–2 раза. Наиболее превышают кларковые значения Co (в 4 раза) и Ba (в 19 раз). Повышенные содержания кобальта связаны, по-видимому, с гематитом. Барий обнаруживает слабые корреляционные зависимости в известняках только с содержаниями флогопита и гематита (табл. 5).

Таблица 5. Коэффициенты корреляции петрогенных оксидов и редких элементов с минералогическим составом карбонатных пород катавской свиты Акташской площади  
Table 5. Correlation coefficients of petrogenic oxides and rare elements with mineralogical composition of carbonate rocks of the Katav Formation of the Aktash area

Элемент	1 (25)	2 (9)	3 (9)	4 (9)	5 (4)
SiO <sub>2</sub>	11.273	—	10.643	17.600	17.768
TiO <sub>2</sub>	0.165	0.154	0.115	0.230	0.213
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.643	2.480	3.419	3.830	3.265
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.900	1.200	1.497	2.160	1.015
FeO	0.296	—	—	0.700	0.685
MnO	0.031	0.032	0.076	0.070	—
MgO	0.957	1.243	1.460	1.520	1.153
CaO	45.669	45.276	44.977	40.080	40.950
Na <sub>2</sub> O	0.372	0.307	0.564	0.630	0.395
K <sub>2</sub> O	0.619	—	0.813	0.790	0.595
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.077	0.068	0.025	0.040	0.055
SO <sub>2</sub>	0.034	—	0.016	—	0.070
ППП	36.667	—	35.762	32.400	33.590
Li	—	8.1	—	—	—
F	235.7	—	176.1	—	—
Cl	74.8	—	69.2	—	—
Sc	—	2.85	—	—	—
V	17.3	13.7	13.6	9.0	—
Cr	—	18.2	3	11.0	—
Co	4.3	6.6	4.2	0.9	—
Ni	11.4	16.8	13.3	5.4	—
Cu	24.4	43.22	8.4	12.0	—
Zn	18.9	26.5	29.7	—	—
Rb	16.7	—	13.6	—	—
Sr	94.5	153.1	122.1	440.0	—
Y	11.8	8.3	—	—	—
Zr	41.5	56.3	28.8	63.0	—
Ba	—	88.7	193.9	67.0	—
Pb	7.0	15.1	10.9	2.7	—
Сумма	99.431	—	99.015	100.10	99.565

Примечание: Cal — кальцит; Dol — доломит; Qz — кварц; Ab — альбит; Mc — калиевый полевой шпат; Clc — хлорит; Ms — мусковит; Fl — флогопит; An — аннит; Gem — гематит.

Note: Cal — calcite; Dol — dolomite; Qz — quartz; Ab — albite; Mc — potassium feldspar; Clc — chlorite; Ms — muscovite; Fl — phlogopite; An — annite; Gem — hematite.



Установлены особенности распределения элементов-галогенов — F и Cl. Содержания фтора в катавских известняках на Акташской площади изменяются от менее 50 до 211 г/т (среднее 176 г/т), хлора — от 47 до 104 г/т (среднее 69 г/т). Сравнительный анализ показывает (см. табл. 4), что в известняках катавской свиты в разных частях Башкирского мегантиклинория содержания фтора и хлора, во-первых, сходные, а, во-вторых — одинаково низкие. Они в 1.5–2 раза ниже кларковых значений для карбонатных пород, которые по К. Таркьяну и К. Ведеполу [Войткевич и др., 1990] равны для фтора — 330 г/т, хлора — 150 г/т.

Анализ корреляционных зависимостей этих элементов с минералогическим составом известняков показывает, что F в них больше всего связан с аннитом, мусковитом, а Cl — с флогопитом (см. табл. 5), т. е. с минералами, наиболее вероятно, эпигенетическими, образованными в породах на стадии их постдиагенетических преобразований. С содержанием кальцита в породах фтор связан обратной зависимостью, хлор имеет слабую положительную корреляцию. Высокая положительная корреляция фтора с гематитом, вероятно, является парагенетической, поскольку F не может входить в структуру этого минерала. Таким образом, установленные особенности распределения элементов-галогенов фтора и хлора в карбонатных породах катавской свиты (крайне низкие концентрации, отсутствие их связи с кальцитом и высокая положительная корреляция со слюдыстыми минералами, имеющими, по-видимому, эпигенетическое происхождение) не могут рассматриваться в качестве доказательств эвапоритовых обстановок осадконакопления в катавское время.

### Выводы

К характерным минералогическим особенностям известняков катавской свиты можно отнести сравнительно высокое содержание кварца (4–15%), присутствие небольших количеств (на уровне 1%) доломита и КПШ, изменчивых содержаний (0.3–1.6%) гематита, обуславливающего в случае его повышенных концентраций красноцветную окраску пород, а также постоянной примеси хлорита и альбита (1–7%). Из установленных особенностей только присутствие гематита в известняках можно отнести к минералогическим свидетельствам в пользу аридных условий и эвапоритовых обстановок осадконакопления в катавское время.

Содержания F, Cl, V, Cr, Ni, Sr в катавских известняках Акташской площади находятся ниже кларковых значений, Pb — близко к кларку, Cu, Zn, Zr — выше кларка в 1.5–2 раза. Наиболее превышают кларковые значения Co (в 4 раза) и Ba (в 19 раз). Повышенные содержания кобальта связаны, по-видимому, с гематитом. Барий обнаруживает слабые корреляционные зависимости в известняках только с содержаниями флогопита и гематита.

Содержания фтора в катавских известняках в Ямантауском антиклинории на Акташской площади изменяются от менее 50 до 211 г/т (среднее 176 г/т), хлора — от 47 до 104 г/т (среднее 69 г/т). В известняках катавской свиты в разных частях Башкирского мегантиклинория содержания фтора и хлора сходные и одинаково низкие. Они в 1.5–2 раза ниже кларковых значений для карбонатных пород. Различий в содержаниях фтора и хлора в известняках из нижней и из верхней подсвит не фиксируется.

F в известняках больше всего связан с аннитом, мусковитом, а Cl — с флогопитом. С содержанием кальцита в породах фтор связан обратной зависимостью, хлор имеет слабую положительную корреляцию. Установленные особенности распределения элементов-галогенов фтора и хлора в карбонатных породах катавской свиты (крайне низкие концентрации, отсутствие их связи с кальцитом и высокая положительная корреляция со слюдыстыми минералами, имеющими, по-видимому, эпигенетическое происхождение) не могут рассматриваться в качестве доказательств эвапоритовых обстановок осадконакопления в катавское время.

### Список литературы:

- Анфимов Л. В. Литогенез в рифейских осадочных толщах Башкирского мегантиклинория (Ю. Урал). Екатеринбург, 1997. — 290 с.
- Войткевич Г. В., Кокин А. В., Мирошников А. Е., Прохоров В. Г. Справочник по геохимии. — М.: Недра, 1990. — 476 с.
- Гареев Э. З. Геохимические особенности карбонатных пород опорных разрезов катавской и укской свит рифея Южного Урала // Верхний докембрий и палеозой Южного Урала. — Уфа: БФАН СССР, 1982. — С. 36–46.
- Козлов В. И., Пучков В. Н., Краснобаев А. А., Нехорошева А. Г., Бушарина С. В. Аршиний — новый стратон рифея в стратотипических разрезах Южного Урала // Геологический сборник №9 / ИГ УНЦ РАН. — Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2011. — С. 52–56.
- Крылов Н. С. Литолого-геохимические особенности докембрийских фитогенных и хемогенных карбонатных пород // Палеонтология докембрия и раннего кембрия. — Л.: Наука, 1979. — С. 99–103.

Куширова Л. Г. Оценка перспектив южной части Башкирского мегантиклинория и зоны его сочленения с Зилаирским мегасинклинорием. — Уфа. Фонды Башкир. фил-ла ФБУ «ТФГИ по ПФО», 1994 г. — 169 с.

Ларионов Н. Н., Цветкова А. А. Государственная геологическая карта Российской Федерации. 1:200000. Южно-Уральская серия. N-40-XXII (Тукан). — СПб.: МПР РФ, 2003.

Маслов А. В. Крупенин М. Т., Гареев Э. З., Анфимов Л. В. Рифей западного склона Южного Урала. Т. 3. — Екатеринбург: Изд. ИГТ УРО РАН, 2001. — 132 с.

Мичурин С. В., Биктимерова З. Р., Казбулатова Г. М., Горожанин В. М., Султанова А. Г., Карамова А. М., Войкина З. А., Шарипова А. А. Минералогические и геохимические особенности карбонатных пород нижней подсвиты инзерской свиты верхнего рифея в районе д. Толпарово (Южный Урал) // Геологический вестник. — 2021. — № 1. — С. 80–97.

Парначев В. П. Фтор и хлор в позднекембрийских осадочных породах Башкирского мегантиклинория в связи с вопросами их седиментогенеза // Геохимия вулканических и осадочных пород Южного Урала. — Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. — С. 35–47.

Радченко В. В., Пацков А. А., Петренко А. Г., Швецов П. Н. Геологическое строение южной части Башкирского мегантиклинория (верховья рек М. Нугуш, Алакуян, планшеты N-40–91-Г и N-40–103-Б). Отчет о геологической съемке масштаба 1:50000 за 1970–1972 гг. — Уфа. Фонды Башкир. фил-ла ФБУ «ТФГИ по ПФО», 1973 г. Шарипова А. А., Мичурин С. В., Карамова А. М., Казбулатова Г. М. Минералогические и геохимические особенности Восточно-Акташского рудопоявления золота на Южном Урале // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. — 2021. — № 3. — С. 38–49.

Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Геохимические индикаторы литогенеза (Литогеохимическая геохимия). — Сыктывкар: Геопринт, 2011. — 742 с.

Stewart F. H. Marine evaporites // Data of geochemistry Sixth Edition. — Washington, 1964. — P. 1–53.

## References:

Anfimov L. V. Litogenez v rifeiskikh osadochnykh tolshchakh Bashkirskogo megantiklinoriya (Yu.Ural) [Lithogenesis in the Riphean sedimentary strata of the Bashkir meganticlinorium (South Ural)]. Ekaterinburg, 1997. — 290 p. (In Russian).

Voitkevich G. V., Kokin A. V., Miroshnikov A. E., Prokhorov V. G. Spravochnik po geokhimii [Handbook of geochemistry]. M.: Nedra, 1990. 476 p. (In Russian).

Gareev E. Z. Geokhimicheskie osobennosti karbonatnykh porod opornykh razrezov katavskoi i uksoi svit rifeya Yuzhnogo Urala [Geochemical features of carbonate rocks of reference sections of the Katav and Uk suites of the Southern Urals] // Verkhniy dokembrii i paleozoi Yuzhnogo Urala [Upper Precambrian and Paleozoic of the Southern Urals]. Ufa: BFAN SSSR, 1982. P. 36–46. (In Russian).

Kozlov V. I., Puchkov V. N., Krasnobaev A. A., Nekhorosheva A. G., Busharina S. V. Arshinii — novyi straton rifeya v stratotipicheskikh razrezakh Yuzhnogo Urala

[Arshinium is a new straton of the Riphean in the stratotype sections of the Southern Urals] // Geologicheskii sbornik №9 [Geological collection No. 9] / IG UNTs RAN. Ufa: DizainPoligrafServis, 2011. P. 52–56. (In Russian).

Krylov N. S. Litologo-geokhimicheskie osobennosti dokembriiskikh fitogenykh i hemogenykh karbonatnykh porod [Lithological and geochemical features of Precambrian phytogenic and chemogenic carbonate rocks] // Paleontologiya dokembriya i rannego kembriya [Paleontology of the Precambrian and Early Cambrian]. L.: Nauka, 1979. P. 99–103. (In Russian).

Kushirova L. G. Otsenka perspektiv yuzhnoi chasti Bashkirskogo megantiklinoriya i zony ego sochleneniya s Zilairskim megasinklinoriem [Assessment of the prospects of the southern part of the Bashkir meganticlinorium and the zone of its junction with the Zilair megasynclinorium]. Ufa. Fondy Bashkir. fil-la FBU «ТФГИ по ПФО», 1994 g. 169 p.

Larionov N. N., Tsvetkova A. A. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. M 1:200000. YuzhnoUral'skaya ser. N-40-XXII (Tukan) [State geological map of the Russian Federation. M 1:200000. South Ural ser. N-40-XXII (Tukan)]. Spb.: Ministry of Natural Resources of the Russian Federation, 2003. (In Russian).

Maslov A. V. Krupenin M. T., Gareev E. Z., Anfimov L. V. Rifei zapadnogo sklonu Yuzhnogo Urala [Riphean of the western slope of the Southern Urals]. T. 3. Ekaterinburg: Izd. IGG URO RAN, 2001. 132 p. (In Russian).

Michurin S. V., Biktimerova Z. R., Kazbulatova G. M., Gorozhanin V. M., Sultanova A. G., Karamova A. M., Voikina Z. A., Sharipova A. A. Mineralogicheskie i geokhimicheskie osobennosti karbonatnykh porod nizhnei podsvity inzerskoi svity verkhnego rifeya v raione d. Tolparovo (Yuzhnyi Ural) [Mineralogical and geochemical features of carbonate rocks of the lower subformation of the Inzerskaya suite of the Upper Riphean in the area of the village of Tolparovo (Southern Urals)] // Geologicheskii vestnik. 2021. No 1. P. 80–97. (In Russian).

Parnachev V. P. Ftor i khlor v pozdnedokembriiskikh osadochnykh porodakh Bashkirskogo megantiklinoriya v svyazi s voprosami ikh sedimentogeneza [Fluorine and chlorine in the Late Precambrian sedimentary rocks of the Bashkir meganticlinorium in connection with issues of their sedimentogenesis] // Geokhimiya vulkanicheskikh i osadochnykh porod Yuzhnogo Urala [Geochemistry of volcanic and sedimentary rocks of the Southern Urals]. Sverdlovsk: UNTs AN SSSR, 1987. P. 35–47. (In Russian).

Radchenko V. V., Patskov A. A., Petrenko A. G., Shvetsov P. N. Geologicheskoe stroenie yuzhnoi chasti Bashkirskogo megantiklinoriya (verkhov'ya rek M. Nugush, Alakuyan, planshety N-40–91-G i N-40–103-B). Otchet o geologicheskoi s'emke masshtaba 1:50000 za 1970–1972 gg [Geological structure of the southern part of the Bashkir meganticlinorium (upper reaches of the M. Nugush and Alakuyan rivers, plates N-40–91-G and N-40–103-B). Report on a geological survey at a scale of 1:50000 for 1970–1972.]. Ufa. Fondy Bashkir. fil-la FBU «ТФГИ по ПФО», 1973 g. (In Russian).

Sharipova A. A., Michurin S. V., Karamova A. M., Kazbulatova G. M. Mineralogicheskie i geokhimicheskie osobennosti Vostochno-Aktashskogo rudoproyavleniya zolota na Yuzhnom Urale [Mineralogical and geochemical features of the East Aktash gold ore occurrence in the South Urals] // Vestnik

- Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya. 2021. №3. P. 38–49.
- Yudovich Ya. E., Ketris M. P.* Geokhimicheskie indikatory litogeneza (Litologicheskaya geokhimiya) [Geochemical indicators of lithogenesis (Lithological geochemistry)]. — Syktyvkar: Geoprint, 2011. 742 p.
- Stewart F. H.* Marine evaporites // Data of geochemistry Sixth Edition. Washington, 1964. P. 1–53.

*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

**Шарипова Айсылу Азатовна**, 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

**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

**Юлдашбаева Венера Фаизовна**, Институт Геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. venera-tashbulatova@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

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

**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

**Yuldashbayeva Venera Faizovna**, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. venera-tashbulatova@mail.ru

Статья поступила в редакцию 02.03.2022; одобрена после рецензирования 02.03.2022; принята к публикации 23.03.2022

The article was submitted 02.03.2022; approved after reviewing 02.03.2022; accepted for publication 23.03.2022