

Научная статья

УДК 551.72 (234.853)

DOI: 10.31084/2619-0087/2024-1-7

## КАТАВСКАЯ, ИНЗЕРСКАЯ И МИНЬЯРСКАЯ СВИТЫ АВДЫРДАКСКОЙ АНТИКЛИНАЛИ ПО АВТОТРАССЕ УФА — ИНЗЕР — БЕЛОРЕЦК (АЛАТАУСКИЙ АНТИКЛИНОРИЙ, ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Н. Д. Сергеева, С. А. Дьякова

*Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, г. Уфа, Россия, riphey@ufaras.ru*

Объект исследования: разрезы отложений катавской, инзерской и миньярской свит каратауской серии верхнего рифея Авдырдакской антиклинали Алатауского антиклинория (Южный Урал). Впервые публикуются подробные описания и зарисовки разрезов отложений катавской, инзерской и миньярской свит Авдырдакской антиклинали вдоль автотрассы (80К-031) Уфа — Инзер — Белорецк. Изучение отложений в естественных обнажениях, дорожных карьерах и выемках позволило уточнить вещественный состав рассматриваемых образований, их соотношение и мощность в наиболее западных разрезах внешней зоны складчатого Урала. Установлено, что основные особенности вещественного состава и строения разрезов катавской инзерской и миньярской свит Авдырдакской антиклинали, аналогичны отложениям этих свит в опорных и стратотипических разрезах, что позволяет использовать полученные данные для стратиграфической корреляции отложений и реконструкции условий осадконакопления в различных частях палеобассейна.

*Ключевые слова:* Рифей, катавская, инзерская, миньярская, свита, Авдырдакская антиклиналь, Южный Урал

*Благодарности:* Работа выполнена в соответствии с планами научно-исследовательских работ Института геологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН, г. Уфа (тема гос. задания FMRS-2022-0013).

Original article

## KATAV, INZER AND MINYAR FORMATIONS OF THE AVDYRDAK ANTICLINE ALONG THE UFA — INZER — BELORETSK HIGHWAY (ALATAU ANTICLINORIUM, SOUTHERN URALS).

N. D. Sergeeva, S. A. Dyakova

*Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia*

Object of study: sections of deposits of the Katav, Inzer and Minyar formations of the Karatau series of the Upper Riphean of the Avdyrdak anticline of the Alatau anticlinorium (Southern Urals). For the first time, detailed descriptions and sketches of sections of sediments of the Katav, Inzer and Minyar formations of the Avdyrdak anticline along the highway (80K-031) Ufa — Inzer — Beloretsk are presented. The

**Для цитирования:** Сергеева Н. Д., Дьякова С. А. Катавская, инзерская и миньярская свиты Авдырдакской антиклинали по автотрассе Уфа-Инзер-Белорецк (Алатауский антиклинорий, Южный Урал) // Геологический вестник. 2024. № 1. С. 91–102. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-1-7

**For citation:** Sergeeva N. D., Dyakova S. A. (2024) Katav, Inzer and Minyar formations of the Avdyrdak anticline along the Ufa — Inzer — Beloretsk highway (Alatau anticlinorium, Southern Urals). *Geologicheskii vestnik*. 2024. No. 1. P. 91–102. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-1-7

© Н. Д. Сергеева, С. А. Дьякова, 2024

study of deposits in natural outcrops and road quarries and excavations made it possible to clarify the material composition of the deposits in question, their ratio and thickness in the westernmost sections of the outer zone of the folded Urals. It has been established that the main features of the material composition and structure of the sections of the Katav Inzer and Minyar formations of the Avdyrdak anticline are similar to the deposits of these formations in the reference and stratotype sections, which makes it possible to use the obtained data for stratigraphic correlation of sediments and reconstruction of sedimentation conditions in different parts of the paleobasin.

*Keywords:* Riphean, Katav, Inzer, Minyar, formation, Avdyrdak anticline, Southern Urals

*Acknowledgments:* The work was carried out in accordance with the research plans of the Institute of Geology of the UFRC of the RAS, Ufa (subject of state assignment FMRS-2022-0013)

## Введение

В Авдырдакской антиклинали Алатауского антиклинория на Южном Урале отложения верхнего рифея являются наиболее сближенными с аналогичными толщами, вскрытыми глубокими скважинами на юго-востоке Восточно-Европейской платформы (ВЕП). Это обстоятельство способствует решению вопроса о характере взаимоотношения и особенностях развития рифейских осадочных бассейнов в горно-складчатой (Южный Урал) и платформенной (Волго-Уральская область) областях ВЕП.

Объектом исследования послужили разрезы отложений катавской, инзерской и миньярской свит каратауской серии верхнего рифея Авдырдакской антиклинали Алатауского антиклинория в естественных обнажениях и дорожных выемках вдоль автотрассы (80К-031) Уфа — Инзер — Белорецк. Использование данных изучения толщ, вскрытых в дорожных карьерах и выемках, значительно дополнило сведения о вещественном составе отложений, их строении и мощности, так как территория характеризуется слабой обнаженностью горных пород. Материалы, описания разрезов отложений верхнего рифея в широтном пересечении Авдырдакской антиклинали (северной структуры Алатауского антиклинория), публикуются впервые.

Привлекательность этих разрезов связана также с их доступностью для изучения и демонстрации (проведения геологических экскурсий, геологической практики студентов).

Стратиграфическая позиция отложений в сводном разрезе верхнего рифея Алатауского антиклинория и местоположение изученных разрезов показаны на рисунке 1.

### Разрезы катавской, инзерской и миньярской свит верхнего рифея Авдырдакской антиклинали

Наиболее древние отложения вскрыты в ядре Авдырдакской антиклинали и представлены из-

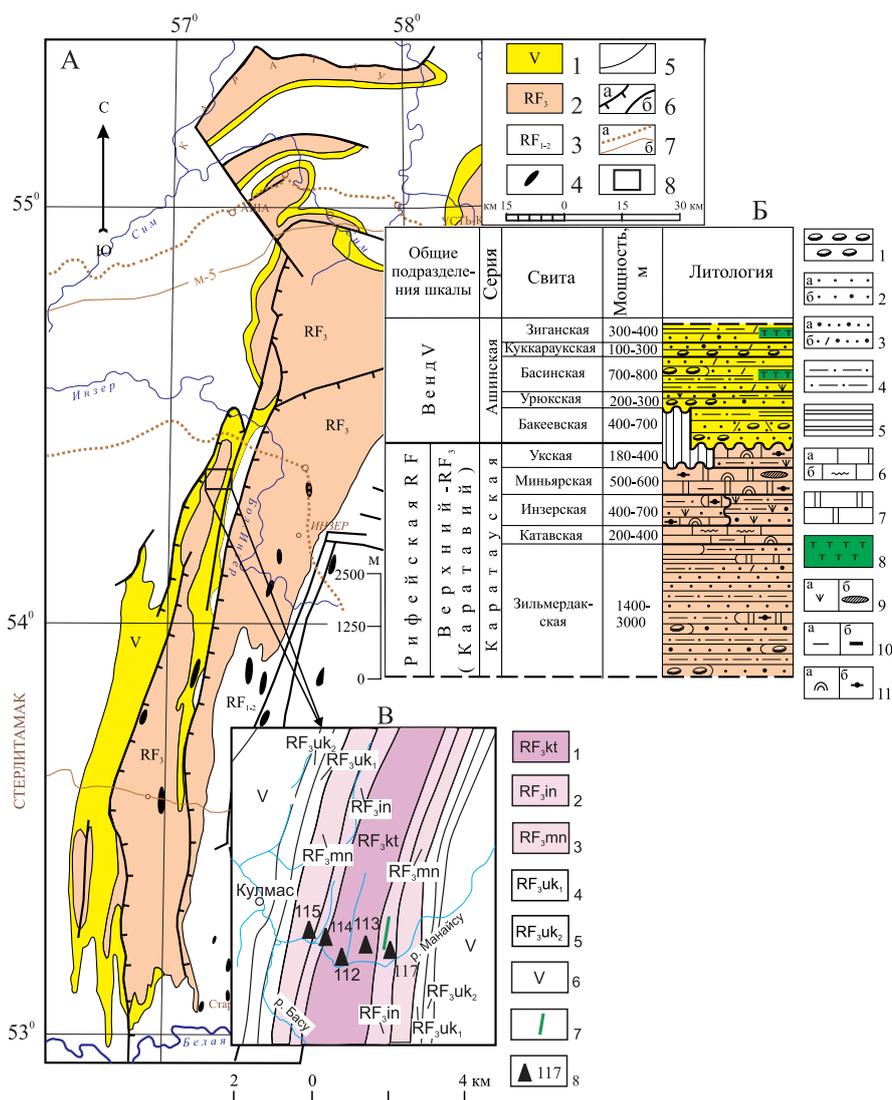
вестняками катавской свиты верхнего рифея (см. рис. 1В). Крылья антиклинали сложены осадочными породами инзерской, миньярской и уксской свит верхнего рифея. Разрезы уксской свиты охарактеризованы нами ранее [Сергеева и др., 2023] и в данной статье не рассматриваются.

### Катавская свита (RF<sub>3</sub>kt)

Отложения катавской свиты по автотрассе Уфа — Инзер — Белорецк, слагающие ядро Авдырдакской антиклинали, вскрыты в придорожном карьере (**обнажение 112**, рис. 2) в правобережье р. Манайсу в 1,5 км юго-восточнее 111° от её устья и в 11,2 км северо-восточнее 20° от высоты с отметкой 677,4 м на хр. Авдырдак.

**RF<sub>3</sub>kt<sub>1</sub>** 1. Известняки тонкозернистые, массивные, темно-вишневые, слоистые за счет наличия светло-серых слойков (1–2 мм). Породы пронизаны кальцитовыми различно ориентированными прожилками, обычно миллиметровой толщины и редко до 5 см. Известняки образуют асимметричную антиклинальную складку с пологим западным и крутым восточным крыльями. Нижняя граница слоя не вскрыта. Падение слоистости пород юго-восточное 120–125° ∠ 75° и западное 270–280° ∠ 25–30°. Мощность 2 м.

2. Известняки тонкозернистые, вишневые, среднеплитчатые, слоистые за счет чередования тонких (0,5 см) слойков зеленовато-серых известняков и светло-серых разностей, последние массивные и грубоплитчатые. В вишневых известняках отмечаются редкие прослои (толщиной от 1 до 6 см) аргиллитов карбонатно-глинистого состава, красновато-коричневого цвета. Известняки пронизаны прожилками кальцита белого или розового цвета средне-, крупнокристаллического, мощностью в раздувах до 30 см. Наряду с кальцитом отмечается железистый карбонат анкерит желтовато-коричневого цвета. В верхней части слоя присутствуют светло-серые с зеленоватым оттенком известняки «струйчатой» текстуры. Нижняя граница слоя



**Рис. 1. Схематическая геологическая карта (А), сводная стратиграфическая колонка (Б) верхнего рифея и венда Башкирского мегантиклинория [Козлов, 1982; Сергеева и др., 2022] и фрагмент (В) геологической карты Авдырдакской антиклинали [Геологическая карта..., 1962] с изменениями**

Условные обозначения: к карте (А): 1 — венд; 2 — верхний рифей; 3 — нижний и средний рифей; 4 — габбро; 5 — геологические границы; 6 — тектонические надвиги (а) и разломы (б); 7 — железные (а) и автомобильные (б) дороги; 8 — местоположение фрагмента геологической карты (В).

К колонке (Б): 1 — конгломераты; 2 и 3 — песчаники: 2 — кварцевые (а) и полевошпат-кварцевые (б), 3 — аркозовые (а) и полимиктовые (б); 4 — алевриты; 5 — аргиллиты; 6 — известняки кристаллические (а) и «струйчатые» (б); 7 — доломиты; 8 — туфы; характеристика породы: 9 — глауконит (а) и кремни (б); 10 — глинистость (а) и углеродистость (б); 11 — строматолиты (а) и микрофитолиты (б).

К фрагменту карты (В). Отложения: 1–5 — верхнего рифея. Свиты: 1 — катавская, 2 — инзерская, 3 — миньярская, 4, 5 — укская (подсвиты: 4 — нижняя, 5 — верхняя); 6 — венда; 7 — дайка габбродолерита; 8 — местоположение разрезов и их номера.

**Fig. 1. Schematic geological map (A), summary stratigraphic column (Б) of the Upper Riphean and Vendian of the Bashkir meganticlinorium [Kozlov, 1982; Sergeeva et al., 2022] and a fragment (B) of the geological map of the Avdyrdak anticlinale [Geological map..., 1962] with changes**

Legend: To the map (A): 1 — Vendian; 2 — Upper Riphean; 3 — Lower and Middle Riphean; 4 — gabbro; 5 — geological boundaries; 6 — tectonic thrusts (a) and normal faults (b); 7 — railway (a) and automobile (b) roads; 8 — location of a fragment of geological map (B). To column (B): 1 — conglomerates; 2 and 3 — sandstones: quartz (a) and feldspar-quartz (b), 3 — arkosic (a) and polymictic (b); 4 — siltstones; 5 — mudstones; 6 — crystalline (a) and “jetted” (b) limestones; 7 — dolomites; 8 — tuffs; rock characteristics: 9 — glauconite (a) cherts (b); 10 — clay content (a) and carbon content (b); 11 — stromatolites (a) and microphytoliths (b).

To the map fragment (B): deposits: 1–5 — Riphean. Formations: 1 — Katav, 2 — Inzer, 3 — Minyar, 4, 5 — Uk (4 — Lower, 5 — Upper); 6 — Vendian Formations; 7 — gabbrodolerite dike; 8 — location of the section and its number.

проведена по подошве первого прослоя серого известняка. Падение слоистости пород юго-восточное  $100-120^\circ \angle 20-45^\circ$  и западное  $260-265^\circ \angle 45^\circ$ . Мощность 18 м

**RF<sub>3</sub>kt<sub>3</sub>**. Известняки тонкозернистые, серые и светло-серые с зеленоватым оттенком, «струйчатые», плотные, крепкие, средне- и тонкоплитчатые. Нижняя граница слоя четкая и проведена по кровле подстилающих вишневых известняков, наличие прослоев «струйчатых» известняков в верхней части последних свидетельствует о постепенном переходе (переслаивание вишневых и светло-серых «струйчатых» известняков) между нижней и верхней подсвитами. Падение слоистости пород на восточном крыле структуры  $100^\circ \angle 28-44^\circ$  и  $255-305^\circ \angle 10-35^\circ$  на западном. Мощность 38 м. Вскрытая мощность отложений катавской свиты в описанном фрагменте разреза 58 м.

Катавская свита в разрезах Южного Урала расчленяется на нижнюю и верхнюю подсвиты с подразделением нижней на две толщи (нижняя толща — строматолитовые известняки и верхняя — ленточно-слоистые пестро-окрашенные известняки).

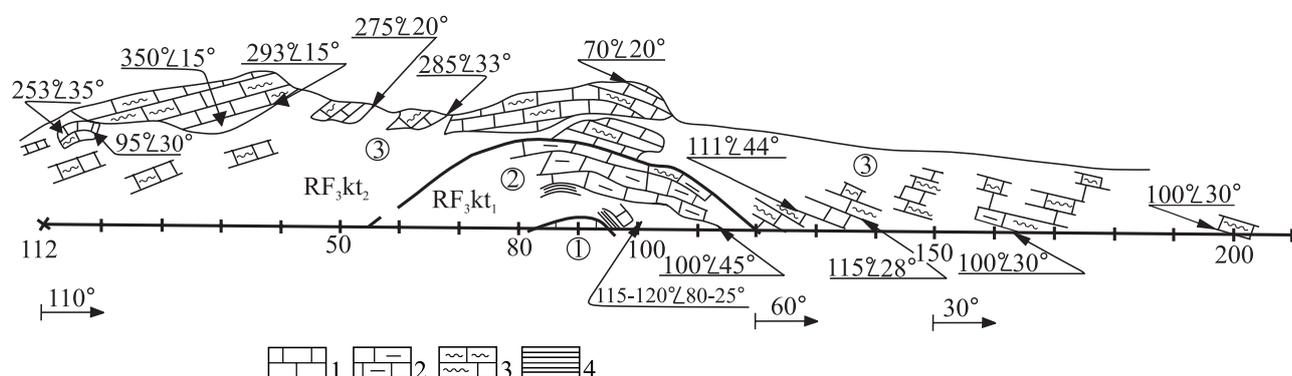
Вскрытые в ядре Авдырдакской антиклинали вдоль автотрассы (80К-031) Уфа — Инзер — Белорецк отложения катавской свиты подразделены на подсвиты: нижнюю (ленточно-слоистые пестроцветные известняки, вскрытой мощностью 20 м, обн. 112, слои 1,2, рис. 2) и верхнюю (серые тонкозернистые струйчатой текстуры известняки мощностью 108 м, обн. 112, см. рис. 2). Вскрытая мощность отложений катавской свиты в ядре Авдырдакской антиклинали составляет 128 м.

## Инзерская свита (RF<sub>3</sub>in)

В различных частях Башкирского мегантиклинория инзерская свита имеет различное строение, что отчетливо проявлено в разрезах Алатауского антиклинория и Инзерского синклинория вдоль автотрассы Уфа — Инзер — Белорецк. Характеристика стратотипических разрезов инзерской свиты в Инзерском синклинории дана нами ранее [Сергеева, Дьякова, 2022].

В Алатауском антиклинории отложения инзерской свиты слагают крылья Авдырдакской антиклинали, где отложения свиты слабо обнажены и дополнительная информация о составе и строении разрезов инзерской свиты, как отмечено выше, получена при изучении этих образований в дорожных выемках и карьерах вдоль автотрассы Уфа — Инзер — Белорецк. В Авдырдакской антиклинали в основании разреза свиты появляются карбонатные породы (подинзерская толща).

Подинзерская толща (слои, подсвита, свита) была выделена впервые в 1933 году О.П. Горяиновой и Э.А. Фальковой [1933] при геолого-съёмочных работах в бассейне рек Зилим и Большой Инзер. Название подинзерским карбонатным породам было дано «по залеганию слоев под инзерской свитой», что было нарушением географического принципа номенклатуры (как оказалось, в рифе Урала это было единственным отступлением от географического принципа номенклатуры [Стратотип...1983]). Стратотипического разреза подинзерской толщи (свиты) О.П. Горяиновой и Э.А. Фальковой не было предложено. Стратотип не определен и в настоящее время, а в качестве типового разреза для подинзерских слоев пред-



**Рис. 2.** Разрез отложений катавской свиты по правому берегу р. Манайсу (обнажение 112)

Условные обозначения. 1–3 — известняки: 1 — кристаллические, 2 — глинистые, 3 — «струйчатой» текстуры; 4 — аргиллиты.

**Fig. 2.** Section of sediments of the of the Katav Formation along the right bank of the Manaisu river (outcrop 112)

Legend: 1–3 — limestones: 1 — crystalline, 2 — clayey, 3 — with “streamy” texture; 4 — mudstones.

ложен разрез в Аджигардакской антиклинали (Каратауский структурный комплекс), где эти отложения хорошо обнажены «в карьерах на правом склоне долины р. Сим между г. Миньяром и одноименной железнодорожной станцией» [Стратотип..., 1983, с. 61].

В Авдырдакской антиклинали подинзерские карбонатные слои достаточно хорошо представлены на восточном крыле структуры в небольших естественных выходах и дорожных выемках в правобережье р. Манайсу. В дорожном карьере высотой 12 м (обнажение 113, рис. 3) стратиграфически выше известняков верхней подсвиты катавской свиты ( $RF_3kt_2$ ) описан разрез нижней подсвиты (подинзерские слои) инзерской свиты ( $RF_3in_1$ ). Обнажение 113 находится в 300 м северо-восточнее обнажения 112, в 11,5 км северо-восточнее  $22^\circ$  от высоты с отм. 677,4 м (тригопункт) на хр. Авдырдак и в 1,8 км юго-восточнее  $102^\circ$  от устья р. Манайсу, где (снизу) вскрыты:

$F_3kt_1$ . Известняки тонкозернистые, серые, массивные, грубо- и среднеплитчатые, трещиноватые, с тонкими разноориентированными прожилками кальцита. Отмечаются прослои разностей комковатой текстуры. Нижняя граница слоя не обнажена. Падение слоистости пород северо-восточное  $75-80^\circ \angle 25-45^\circ$ . Мощность 20 м.

$RF_3in_1,2$  Известняки тонкозернистые, темно-серые, тонко- и среднеплитчатые, слоистые за счет наличия слоев, обогащенных глинистым материалом, последний при выветривании приобретает желтовато-бурую окраску. Отмечаются фрагменты косой слоистости. Темно-серые известняки содержат прослои (от 10 до 25–30 см) известняков серых, тонкозернистых, массивных (аналогичных слою 1). Контакт темно-серых и серых разностей известняков в переслаивании резкий. Мощность 3 м.

Ранее в этой выемке В. И. Козловым был описан стратиграфический контакт (постепенный переход через переслаивание) между серыми известняками катавской свиты (слой 1) и темно-серыми — подинзерскими слоями инзерской свиты (слой 2). В настоящее время этот контакт нарушен при повторной разработке выемки.

3. Задерновано по мощности 15 м.

4. Известняки тонкозернистые, темно-серые, почти черные, тонко- и среднеплитчатые, слоистые за счет (1–3 мм) слоев, обогащенных глинистым материалом, более светлым на поверхности выветривания. Прослои (2–3 см) глинистых известняков отмечаются в верхней части слоя. На поверхности напластования известняков иногда наблюдаются небольшие валики, вероятно сформированные мелкими водными потоками. Нижняя граница слоя

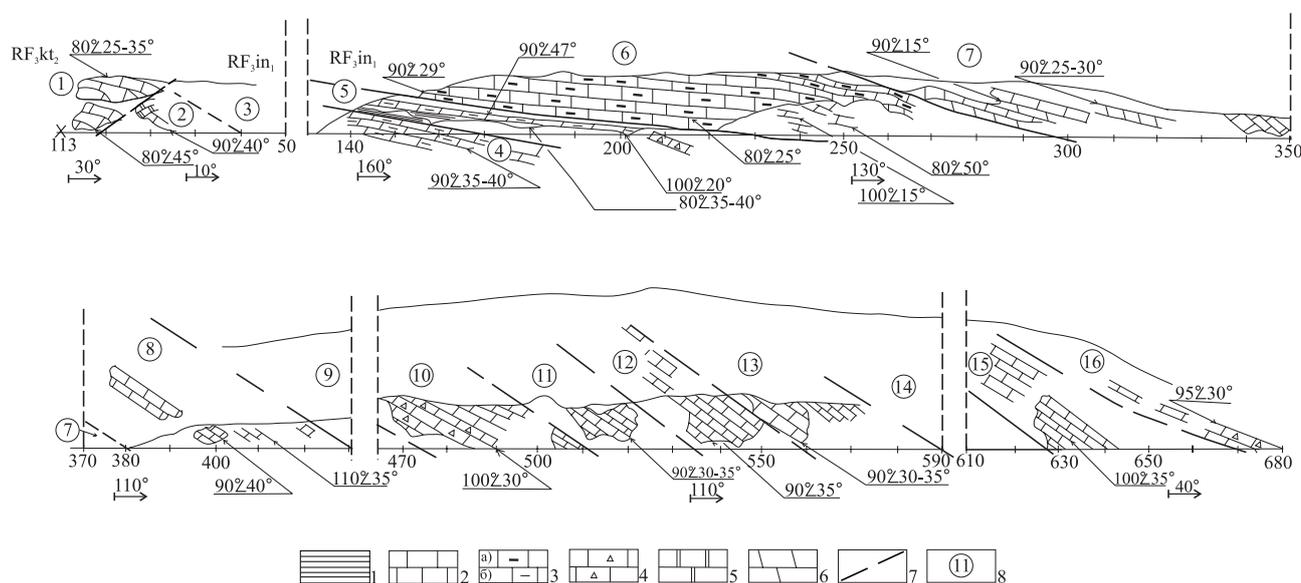


Рис. 3. Разрез отложений нижней подсвиты инзерской свиты в правобережье р. Манайсу (обнажение 113)

Условные обозначения: 1 — аргиллит; 2 — известняк; 3 — известняк углеродистый (а), глинистый (б); 4 — седиментогенная карбонатная брекчия, 5 — доломит; 6 — мергель, 7 — нарушенный контакт; 8 — номер слоя.

Fig. 3. Section of deposits of the lower subformation of the Inzer Formation on the right bank of the Manaisu river (outcrop 113)

Legend: 1 — argillite; 2 — limestone; 3 — carbonaceous limestone (a), clayey (б); 4 — sedimentogenic carbonate breccia; 5 — dolomite; 6 — marl, 7 — broken contact; 8 — layer number.

не обнажена. Падение слоистости пород восточное  $90^\circ \angle 35-40^\circ$ . Мощность 5 м.

5. Неравномерное чередование известняков и аргиллитов. Известняки тонкозернистые, темно-серые, преимущественно тонкоплитчатые, слоистые за счет более светлых слоев (1–2 мм), обогащенных глинистым материалом. Аргиллиты серые с зеленоватым оттенком, известковистые. В кровле слоя появляются прослои (от 5 до 15 см) известняков светло-серых, тонкозернистых, массивных, с невыдержанными по толщине бурыми слоями, обогащенными железисто-глинистым материалом. Иногда породы слоя смяты в малоамплитудные пологие складки. К нижней части слоя (в 216–230 м по ходу разреза) приурочена седиментогенная карбонатная брекчия серого цвета. Плоские карбонатные обломки разно-ориентированы. Нижняя граница слоя проведена по подошве аргиллитов. Падение слоистости пород восточное  $80-100^\circ \angle 29-47^\circ$ . Мощность 5 м.

6. Известняки мелко- и тонкозернистые, темно-серые, почти черные, массивные, разноплитчатые, иногда слоистые за счет наличия прослоев (1–4 см), обогащенных углеродистым материалом. Известняки пронизаны тонкими прожилками белого кальцита, особенно в верхней части слоя, где также отмечаются тонкие (0,5 см) прослои глинистых известняков. Нижняя граница слоя проведена по кровле подстилающих светло-серых известняков. Падение слоистости пород северо-восточное  $80^\circ \angle 25-50^\circ$  и юго-восточное  $100^\circ \angle 15^\circ$ . Мощность 16 м.

7. Известняки мелкозернистые, темно-серые, среднеплитчатые, с пачками тонкого (доли — 1–2 мм) чередования известняков и буровато-серых мергелей. Толщина прослоев известняков 1–1,5 м, а пачек переслаивания известняков и мергелей — 1,5–2 м. Нижняя граница проведена по подошве первой пачки чередования. Падение слоистости пород восточное  $90^\circ \angle 15-30^\circ$ . Мощность 30 м.

8. Известняки тонкозернистые, серые и темно-серые, разноплитчатые, трещиноватые, по трещинам развит белый вторичный кальцит. Нижняя граница слоя не обнажена и проведена условно. Падение слоистости пород восточное  $90^\circ \angle 40^\circ$ . Мощность 27 м.

9. Задерновано по мощности 20 м.

10. Известняки мелкозернистые, серые, на нижних 5 м содержат обломки более светлых разностей (седиментогенная брекчия). В средней части слоя известняки темно-серые, слабо битуминозные, слоистые за счет наличия более свет-

лоокрашенных прослоев. В верхней части слоя известняки мелкозернистые, серые, массивные, трещиноватые. В известняках отмечаются разно ориентированные кальцитовые прожилки. Нижняя граница слоя не обнажена. Падение слоистости пород юго-восточное  $100^\circ \angle 30^\circ$ . Мощность 21 м.

11. Известняки тонкозернистые, темно-серые, слабо битуминозные, преимущественно тонкоплитчатые, иногда слоистые за счет наличия более светлых слоев (1–2 мм). Нижняя граница слоя условная и проведена по кровле подстилающих серых массивных известняков. Падение слоистости пород восточное  $90^\circ \angle 30-35^\circ$ . Мощность 14 м.

12. Известняки мелко- и тонкозернистые с комковатой текстурой, серые, массивные, разбиты трещинами кливажа перпендикулярно слоистости. Нижняя граница слоя условная и проведена по кровле подстилающих темно-серых известняков. Падение слоистости пород восточное  $90^\circ \angle 35^\circ$ . Мощность 14 м.

13. Известняки тонкозернистые, серые и темно-серые, плотные, массивные, участками комковатого облика со своеобразной «червячковой» текстурой, образованной за счет более светлых тонких слоев причудливой формы. Нижняя граница слоя проведена по кровле подстилающих массивных серых известняков. Падение слоистости пород восточное  $90^\circ \angle 30-35^\circ$ . Мощность 16 м.

14. Задерновано по мощности 22 м.

15. Известняки тонкозернистые, светло-серые, массивные, участками комковатой текстуры, трещиноватые. Нижняя граница слоя не обнажена. Падение слоистости пород юго-восточное  $100^\circ \angle 35^\circ$ . Мощность 16 м.

16. Известняки мелкозернистые, серые, массивные, трещиноватые, с прослоями (0,5 м) карбонатной конгломерато-брекчии. Нижняя граница слоя не обнажена. Падение слоистости восточное  $90-95^\circ \angle 30^\circ$ . Мощность 10 м.

Мощность подинзерских слоев в данном разрезе 234 м.

Карбонатные породы (подинзерские слои) перекрыты терригенными отложениями инзерской свиты, которые обнажены фрагментарно и непосредственного контакта карбонатных (подинзерских слоев) и терригенных пород инзерской свиты в данном пересечении не отмечено.

Верхняя подсвита инзерской свиты на западном крыле Авдырдакской антиклинали вскрыта дорожными выемками по автотрассе Уфа — Инзер — Белорецк в **обнажении 114**, расположенном в 1150 м восточнее  $96^\circ$  от устья р. Манайсу и в 11,5 км се-

ро-восточнее  $18^\circ$  от отм. 677,4 м (тригопункт) на хр. Авдырдак. В обнажении 114 (рис. 4) последовательно с востока на запад описан следующий фрагмент разреза верхней подсвиты инзерской свиты.

**RF<sub>3</sub>in<sub>2</sub>1.** Песчаники кварцевые с полевым шпатом (5–10%), мелко- и среднезернистые, розовато-серые, известковистые, разноплитчатые, слоистые за счет тонких зеленовато-серых слойков, обогащенных глауконитом. В песчаниках отмечаются фрагменты косой слоистости и редкие слойки (3–4 мм) алевролитов полевошпат-кварцевых, глинистых, с глауконитом, зеленовато-серых, слюдистых с точечным ожелезнением по порам. Нижняя граница слоя не обнажена. Падение слоистости пород северо-западное  $285^\circ \angle 40^\circ$ . Мощность 20 м.

2. Песчаники кварцевые с полевым шпатом (плаггиоклаз около 5%), мелко- и среднезернистые, темно-вишневые, массивные, очень плотные, слоистые за счет наличия тонких (1–2 мм) темно-зеленовато-серых слойков, обогащенных глауконитом. На плоскостях напластования и в основной массе отмечается редкая, мелкая, уплощенная галька светло-серых известковистых песчаников, которые выщелачиваются и формируют пустоты. Песчаники содержат маломощные прослои (3–5 см) алевролитов кварцевых с полевым шпатом и глауконитом, глинистых, серых с зеленоватым оттенком и аргиллитов (2–4 см) зеленовато-серых и темно-вишневых. Нижняя граница слоя не обнажена. Падение слоистости пород северо-западное  $290^\circ \angle 38^\circ$ . Мощность 30 м.

3. Песчаники, аналогичные описанным в предыдущем слое, с прослоями (10–15 см) известняков среднезернистых, комковатых, серых с желтоватым оттенком, содержащих зерна кварца и пластинки аргиллитов, и песчаников карбонатно-кварцевого состава, среднезернистых, серых с вишневым

оттенком. Нижняя граница слоя не обнажена. Мощность 47 м.

4. Тонкое неравномерное переслаивание: песчаников кварцевых с полевым шпатом, мелко- и среднезернистых, серых с розоватым оттенком и розовато-серых, слоистых за счет наличия слойков, обогащенных глауконитом, толщина прослоев песчаников 10 см; алевролитов кварцевых с полевым шпатом, глинистых, неравномерно окрашенных в зеленовато-серые и темно-вишневые цвета, слюдистых; аргиллитов (в прослоях от 2–3 до 8 см) темно-вишневых, тонкоплитчатых, раскалывающихся на тонкие, мелкие пластинки и аргиллитов зеленовато-серых, образующих тонкие (1–2 мм) прослои в песчаниках.

Породы гофрированы, разбиты трещинами кливажа. На поверхности слоев отмечаются меканоглифы и знаки волнений и течений. Нижняя граница слоя не обнажена. Падение слоистости пород меняется от юго-западного  $260^\circ \angle 50$  до северо-западного  $310^\circ \angle 20$ – $50^\circ$  и юго-восточного  $130^\circ \angle 20^\circ$ . Мощность 24 м.

5. Задерновано по мощности 20 м.

В 350 м западнее обнажения 114 в дорожной выемке описан фрагмент разреза инзерской свиты (см. рис. 4), где породы имеют не западное, а обратное (восточное) падение. Здесь обнажены (снизу).

8. Известняки доломитизированные, среднезернистые, светло-серые, со строматолитами. Столбики у них небольших размеров (высота 4–7 см, диаметр 3–5 см), более темные, окремненные. Отмечен прослой (0,5–0,7 м) карбонатной конгломерато-брекчии. Нижняя граница слоя не обнажена. Падение слоистости пород юго-восточное  $125^\circ \angle 50^\circ$ . Мощность 16 м.

7. Песчаники кварцевые с полевым шпатом и глауконитом, мелкозернистые, розовато-серые,

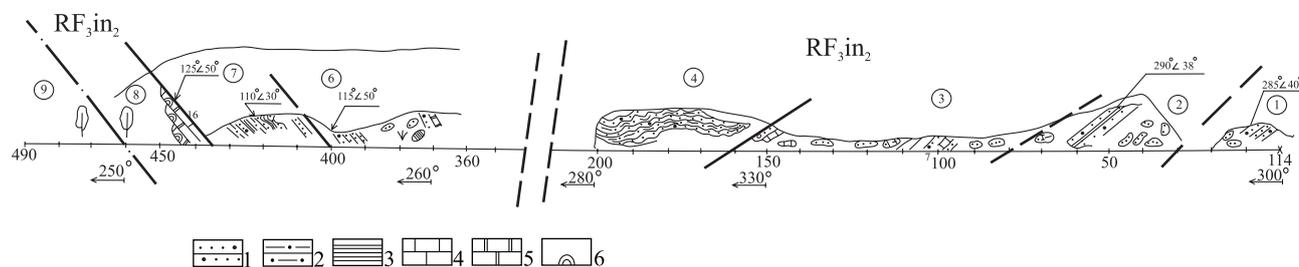


Рис. 4. Разрез отложений верхней подсвиты инзерской свиты по правому берегу р. Манайсу (обнажение 114)

Условные обозначения: 1 — песчаники кварцевые с полевым шпатом, 2 — алевролиты, 3 — аргиллиты, 4 — известняки, 5 — доломиты, 6 — строматолиты.

Fig. 4. Section of sediments of the upper subformation of the Inzer Formation along the right bank of the river Manaisu (outcrop 114)

Legend: 1 — sandstones with feldspar, 2 — siltstones, 3 — mudstones, 4 — limestones, 5 — dolomites, 6 — stromatolite.

тонкоплитчатые, с тонкими прослоями алевролитов и аргиллитов темно-вишневой и зеленой окраски. Нижняя граница слоя не обнажена. Падение слоистости пород юго-восточное  $110^\circ \angle 30^\circ$ . Мощность 16 м.

6. Песчаники полевошпат-кварцевые, мелкозернистые, светло-серые с розоватым оттенком, слоистые за счет наличия тонких (1–2 мм) слойков, обогащенных зеленым глауконитом; отмечаются прослои (20 — 30 см) известняков мелкозернистых, серых и желтовато-серых, доломитизированных, слоистых за счет наличия тонких желтовато-серых более глинистых известняков. Нижняя граница слоя не обнажена. Падение слоистости пород юго-восточное  $115^\circ \angle 50^\circ$ . Мощность 50 м.

Мощность отложений инзерской свиты в обнажении 114 на западном крыле Авдырдакской антиклинали более 223 м.

Далее на запад в задернованном по мощности около 50 м интервале (слой 9) в глыбовом делювии и в мелких редких гривках отмечены доломиты кристаллические, известковистые, светло-серые, комковатой текстуры. В этом слое проходит контакт инзерской и вышележащей миньярской свит, который нарушен тектоническими разломами, что нашло отражение в соотношении элементов залегания пород инзерской и миньярской свит.

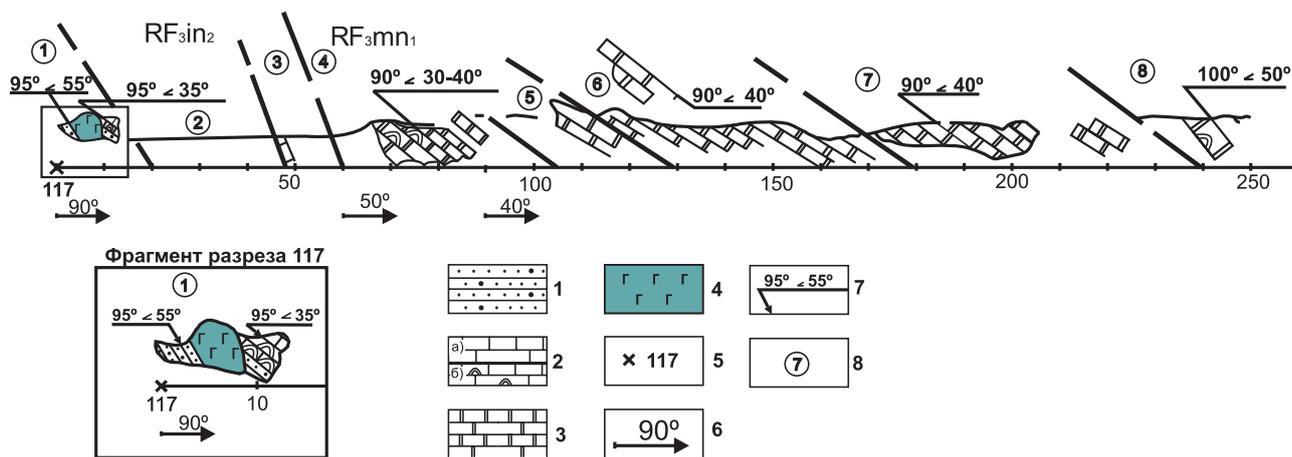
На восточном крыле Авдырдакской антиклинали в дорожной выемке по автодороге Уфа — Инзер — Белорецк описан фрагмент разреза верх-

ней подсвиты инзерской свиты (**обнажение 117**, рис. 5). В обнажении 117, которое находится в 2,7 км восточнее  $98^\circ$  от устья р. Манайсу и в 11,8 км северо-восточнее  $25^\circ$  от высоты с отм. 677,4 м на хр. Авдырдак, вскрыты (снизу).

**RF<sub>3</sub>in<sub>1</sub>**. Песчаники кварцевые с полевым шпатом, мелкозернистые, серые, среднеплитчатые, слоистые за счет наличия слойков (доли — 1 — 4 мм), обогащенных темно-серым глинистым материалом. В верхней части слоя песчаники алевролитистые, тонкоплитчатые и содержат два прослоя (толщиной 0,3–0,5 м) известняков тонкозернистых, серых, массивных, с тонкими (доли — 1–2 мм) глинистыми слойками, участками известняки брекчированы и содержат строматолиты. Породы прорваны дайкой (ширина 5,5 м) габбродолерита. Магматическая порода среднекристаллическая, массивная, серого цвета, участками с мелкими миндалинами, выполненными белым кальцитом. В зоне контакта с дайкой песчаники окварцованные. Нижняя граница слоя не обнажена. Падение слоистости пород восточное  $90^\circ \angle 35-55$ . Мощность 12 м.

2. Задерновано по мощности 22 м, щебенка и глыбы пород слоя 1.

3. Известняки мелкозернистые, серые, массивные, со строматолитоподобными текстурами, слоистые за счет наличия тонких (доли — 1–2 мм) слойков, обогащенных глинистыми материалом. Нижняя граница слоя не обнажена. Падение слоистости пород юго-восточное  $110^\circ \angle 55^\circ$ . Мощность 9 м.



**Рис. 5.** Разрез отложений инзерской и миньярской свит по автодороге Уфа — Инзер — Белорецк по правому берегу р. Манайсу (обнажение 117)

Условные обозначения: 1 — песчаники с полевым шпатом; 2 — известняки кристаллические (а), строматолитовые (б); 3 — доломиты; 4 — габбродолериты; 5 — номер обнажения; 6 — азимут линии разреза; 7 — элементы залегания пород; 8 — номер слоя.

**Fig. 5.** Section of deposits of the Inzer and Minyar formations along the Ufa — Inzer — Beloretsk highway along the right bank of the river Manaisu (outcrop 117)

Legend: 1 — sandstones with feldspar; 2 — crystalline limestones (a), stromatolite (б); 3 — dolomites; 4 — gabbrodolerites; 5 — outcrop number; 6 — azimuth of the section line; 7 — elements of rock occurrence; 8 — layer number.

Мощность инзерской свиты в приведенном фрагменте 43 м. Общая мощность отложений инзерской свиты колеблется от 223 м (западное крыло Авдырдакской антиклинали) до 280 м (восточное крыло структуры).

### Миньярская свита (RF<sub>3</sub>mn)

Наиболее представительный разрез миньярской свиты описан нами на западном крыле Авдырдакской антиклинали в 0,6 км северо-восточнее 83° от устья р. Манайсу и в 11,6 км северо-восточнее 16° от отм. 677,4 м на хр. Авдырдак. В **обнажении 115** (рис. 6), расположенном в 550 м от обнажения 114, выше инзерских карбонатно-терригенных пород и зоны раздробленных доломитов, отнесенных нами к миньярской свите (слой 9), вскрыты (снизу).

**RF<sub>3</sub>mn<sub>1</sub>** 10. Доломиты среднезернистые, серые, слабо битуминозные, массивные, с кальцитовыми прожилками. Выше по разрезу доломиты тонкозернистые, серые, светло-серые, известковистые, комковатой текстуры, возможно микрофитолитовые, также пронизаны кальцитовыми прожилками. Породы трещиноватые, иногда по трещинам отмечается темно-серое глинистое вещество. Нижняя граница слоя осложнена разрывным нарушением и не обнажена. Падение слоистости пород северо-западное 295–310°∠30–50°. Мощность 20 м.

11. Задерновано по мощности 54 м.

12. Доломиты среднезернистые, светло-серые, массивные, плотные, содержат прослои карбонатной седиментогенной брекчии. Породы разбиты трещинами. Падение слоистости пород юго-восточное 120°∠15° и юго-западное 190°∠10°. В верхней части слоя доломиты со строматолитами. Нижняя граница слоя не обнажена. Падение слоистости пород в строматолитовых доломитах юго-западное 260°∠15°. Мощность 20 м.

13. Задерновано по мощности 20 м. Зона тектонического нарушения (породы перекрывающего слоя 14 по элементам залегания различно ориентированы).

**RF<sub>3</sub>mn<sub>2</sub>** 14. Доломиты тонкозернистые, серые и светло-серые, массивные, с линзами и прерывистыми слоями светло-серых кремней. Отдельными прослоями доломиты: среднезернистые, серые, с комковатой текстурой; тонкозернистые светло-серые, с обломочной текстурой (толщина прослоев около 0,5 м) или с тонкими белыми прожилками вторичного доломита, среднеплитчатые, возможно с микрофитолитами. В кровле слоя доломиты содержат прослои и линзы (в раздувах 3–4, реже 10 см) темно-серых кремней и невыдержанные по мощности прослои седиментогенных брекчий с вытянутыми, плоскими, мелкими обломками, хорошо различимыми на поверхности выветривания. Нижняя граница слоя не обнажена и осложнена разрывным нарушением. Элементы слоистости пород различны, так как породы слоя образуют пологую антиклинальную складку с различными элементами залегания (юго-восточное 110–120°∠5–10°, западное 260–270°∠15–35°, северо-западное 35°∠55°). Вскрытая мощность 30 м.

15. Доломиты среднезернистые, серые, со строматолитами, с прожилками и обособлениями белого вторичного доломита. Строматолитовые постройки не образуют сплошного биогерма, а обособлены в виде линз в различных частях слоя. Породы трещиноватые. Нижняя граница слоя четкая и проведена по подошве строматолитовых доломитов. Падение слоистости пород юго-западное 260°∠30–35°. Вскрытая мощность 10 м. Возможно, слой 15 отвечает шубинской пачке, выделенной Ю. Р. Беккером [1961] в кровле миньярской свиты в разрезе по р. Юрюзань на окраине г. Усть-Катав в районе Шубино.

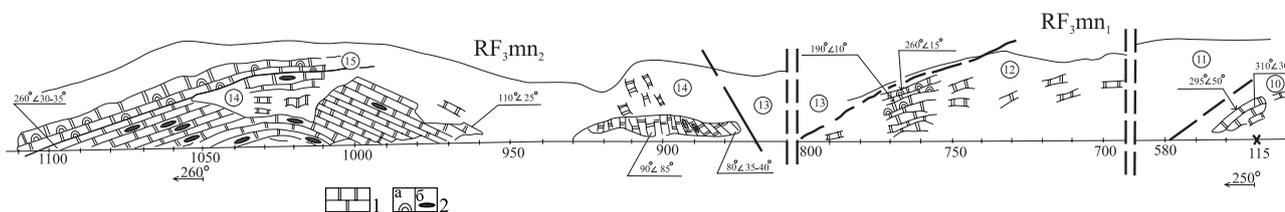


Рис. 6. Разрез отложений миньярской свиты по автотрассе Уфа — Инзер — Белорецк на правом берегу р. Манайсу (обнажение 115)

Условные обозначения: 1 — доломиты, 2 — строматолиты (а), кремни (б).

Fig. 6. Section of deposits of the Minyar formation along the Ufa — Inzer — Beloretsk highway along the right bank of the river Manaisu (outcrop 115)

Legend: 1 — dolomites, 2 — stromatolite (a), flints (б)

Общая мощность отложений миньярской свиты в обнажении 115 составляет примерно 204 м.

На восточном крыле Авдырдакской антиклинали по автотрассе Уфа — Инзер — Белорецк дорожной выемкой в **обнажении 117** выше терригенно-карбонатных пород инзерской свиты (слои 1–3, см. рис. 5) вскрыт следующий разрез отложений миньярской свиты.

**RF<sub>3</sub>mn<sub>1</sub>4.** Доломиты среднезернистые, серые, массивные, со строматолитами, трещиноватые. Нижняя граница слоя не обнажена. Падение слоистости пород восточное  $90^\circ \angle 30-40^\circ$ . Мощность 27 м.

5. Доломиты среднезернистые, светло-серые, среднеплитчатые, плотные. Нижняя граница слоя не обнажена. Падение слоистости пород восточное  $90^\circ \angle 30-40^\circ$ . Мощность 14 м.

6. Доломиты среднезернистые, серые и светло-серые, массивные, кавернозные, иногда слоистые за счет чередования более светлых и темных слоев. Нижняя граница слоя проведена по подошве массивных кавернозных доломитов. Падение слоистости пород восточное  $90^\circ \angle 40^\circ$ . Мощность 28 м.

7. Доломиты среднезернистые, серые, плотные, массивные, грубоплитчатые, трещиноватые. Нижняя граница слоя не обнажена и проведена условно. Падение слоистости пород восточное  $90^\circ \angle 40^\circ$ . Мощность 37 м.

8. Доломиты тонкозернистые, серые строматолитовые, прослоями брекчированные. Нижняя граница слоя не обнажена. Падение слоистости пород юго-восточное  $100^\circ \angle 50^\circ$ . Мощность 150 м.

9. Доломиты среднезернистые, серые, плотные, грубоплитчатые, иногда слоистые за счет наличия тонких (1–2 мм) слоев, обогащенных глинистым материалом, с белыми прожилками вторичного доломита. Нижняя граница слоя не обнажена. Падение слоистости пород восточное  $80-100^\circ \angle 25-35^\circ$ . Мощность 58 м.

10. Доломиты тонкозернистые, серые, со строматолитами, прослоями отмечаются седиментогенные брекчии. Нижняя граница слоя не обнажена. Падение слоистости пород северо-восточное  $80^\circ \angle 25-30^\circ$ . Мощность 2 м.

**RF<sub>3</sub>mn<sub>2</sub>11.** Доломиты среднезернистые, серые, с линзами кремней серых и темно-серых, плитчатые. Нижняя граница слоя не обнажена. Падение слоистости пород восточное  $90^\circ \angle 30-35^\circ$ . Мощность около 30 м.

Мощность миньярской свиты в приведенном разрезе достигает 316 м.

В Стратиграфических схемах Урала [Стратиграфические..., 1993] и по материалам

[Козлов, 1982, 1986] миньярская свита обычно расчленяется на нижнюю и верхнюю подсвиты. В Авдырдакской антиклинали миньярская свита по особенностям литологического состава отложений также подразделяется на две подсвиты. Доломиты нижней подсвиты включают биогермы строматолитов (обнажение 115, слой 12 и обнажение 117, слои 4, 8, 10, см. рис. 5 и 6). Мощность подсвиты 164–284 м. В верхней подсвите доломиты содержат прослои и линзы кремней (обнажение 115, слой 14 и обнажение 117, слой 11, см. рис. 5 и 6). Мощность верхней подсвиты 32–450 м, а общая мощность миньярской свиты в пересечении автодороги (80К-031) Уфа — Инзер — Белорецк колеблется от 204 м (западное крыло антиклинали) до 316 м (восточное крыло структуры).

### Заключение

Характеристика отложений катавской, инзерской и миньярской свит каратауской серии верхнего рифея в широтном пересечении Авдырдакской антиклинали (северной структуры Алатауского антиклинория) основана на материалах изучения естественных обнажений, дорожных выемок и карьеров по автотрассе (80К-031) Уфа — Инзер — Белорецк, что позволило уточнить вещественный состав, мощность и строение осадочных толщ.

Особенности вещественного состава и строения катавской, инзерской и миньярской свит, свойственные для этих отложений в опорных и стратотипических разрезах [Козлов, 1982; Сергеева, Дьякова, 2022], сохраняются и в Авдырдакской антиклинали, что позволяет использовать полученные данные при корреляции геологических разрезов и уточнении условий осадконакопления в различных частях палеобассейна.

В стратотипической местности инзерской свиты (Инзерский синклиниорий) отложения её прорваны многочисленными дайками габбро-диабазовый комплекс верхнего рифея на основании геологических данных и редких К-Аг определений [Алексеев, 1984]. Полученные в последние годы для пород инзерского магматического комплекса в верхнерифейских толщах Аг-Аг датировка (403±17 млн лет) долеритов, отобранных вблизи ж. д. ст. Инзер [Ernst et al., 2008] и 721±6,9 млн лет U — Pb возраст комплекса [Князев и др., 2010]), служат свидетельством того, что в инзерский комплекс включены разновозрастные образования и для их разделения необходимо более ши-

роекое применение изотопно-геохронологических исследований современного уровня. Уточнение времени проявления магматических событий расширит возможности использования событийной стратиграфии в решении вопросов геологической корреляции докембрийских образований.

### Список литературы

*Алексеев А. А.* Рифейско-вендский магматизм западного склона Южного Урала. М. Наука. 1984. 136с.

*Беккер Ю. П.* Возраст и последовательность напластования верхней части каратауской серии Южного Урала. Изв. АН СССР. 1961. Сер. геол. №9. С. 49–60.

Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000 с объяснительной запиской. Лист N-40-XVI. Серия Южно-Уральская/Яковлев Г.Б., Иванов А.И. М.: ГОСГЕОЛТЕХИЗДАТ. 1962. 86 с.

*Горяинова О. П., Фалькова Э. А.* Отчёт о геологических исследованиях в бассейне рек Большой Инзер и Зилим // Тр. ВГРО, 1933. Вып. 272. С. 36.

*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.* Новые данные по стратиграфии каратауской серии северной части Алатауского антиклинория (Южный Урал) // Докембрий и палеозой Южного Урала. Уфа: БФАН СССР, 1986. С. 4–13.

*Сергеева Н. Д., Дьякова С. А.* Стратотипические и опорные разрезы катавской и инзерской свит каратауской серии верхнего рифея в Инзерском синклинии (Южный Урал) // Геологический вестник. 2022. №1. С. 94–110. DOI: 10.31084/2619–0087/2022-1-8

*Сергеева Н. Д., Пучков В. Н., Дьякова С. А., Зайцева Т. С.* Опорный разрез укской свиты верхнего рифея (катавия) в Алатауском антиклинории (Южный Урал). Литосфера. 2023. 23 (1). С. 38–51. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2023-23-1-38-51>

Стратиграфические схемы Урала (докембрий, палеозой). Екатеринбург: МСК России, ВСЕГЕИ. 1993. 151 схема. 152 с.

Стратотип рифея. Стратиграфия. Геохронология // Труды ГИН АН СССР. М.: Наука, 1983. Вып. 377. 183 с.

*Ernst R. E., Hanes G. A., Puchkov V. N., Okrugin A. V., Archibald D. A.* Reconnaissance Ar-Ar dating of Proterozoic dolerite dykes and sills in Siberia and Southern Urals: identification of new Large Igneous Provinces and their application to a reconstruction of Nuna (Columbia) supercontinent. In: Materials of the Conference of the Tectonic Committee. 2008. М.: GEOS. P. 205–208.

### References

Alekseev A. A. (1984) Rifeysko-venedkiy magmatizm zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala [Riphean-Vendian magmatism of the western slope of the Southern Urals]. М.: Nauka, 136 p. (In Russian).

Becker Yu. R. (1961) Vozrast i posledovatel'nost' naplastovaniya verkhney chasti karatauskoy serii Yuzhnogo Urala. Izv. AN SSSR. 1961. Ser. geol., 9, 49–60 (In Russian).

Geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1:200000 p ob'yasnitel'noi zapiskoi. List N-40-XVI. Seriya Juzhno-Ural'skaya [Geological map of the USSR at a scale of 1:200000 with an explanatory note. The sheet N-40-XVI. Series Southern Urals]. Yakovlev G. B., Ivanov A. I. (ed.). М.: GOSGEOLTEKHIZDAT, 1962. 86 p. (In Russian).

Goryainova O. P., Fal'kova E. A. Otchet o geologicheskikh issledovaniyakh v bassejne rek Bol'shoy Inzer i Zilim [Report on geological research in the basin of the Bolshoi Inzer and Zilim rivers]. Tr. VGRO, 1933. Vyp. 272. P. 36. (In Russian).

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

Kozlov V. I. (1982) Verkhniy rifei i vend Yuzhnogo Urala [Upper Riphean and Vendian of the Southern Urals]. Moscow, Nauka Publ., 128 p. (In Russian).

Kozlov V. I. (1986) Novye dannye po stratigrafii karatauskoi serii severnoi chasti Alatauskogo antiklinoriya (Yuzhnyi Ural) [New data on the stratigraphy of the Karatau series in the northern part of the Alatau anticlinorium (Southern Urals)]. Dokembrii i paleozoi Yuzhnogo Urala [Precambrian and Paleozoic of the Southern Urals]. Ufa: BFAN USSR Publ., 4–13. (In Russian).

Sergeeva N. D., Dyakova S. A. (2022) Stratotipicheskie i opornye razrezy katavskoi i inzerskoi svit karatauskoi serii verkhnego rifeya v Inzerskom sinklinorii (Yuzhnyi Ural) [Stratotype and reference sections of the Katav and Inzer formations of the Karatau series of the Upper Riphean in the Inzer synclinorium (Southern Urals)]. Geologicheskii vestnik, 1, 94–110. DOI: 10.31084/2619–0087/2022-1-8

Sergeeva N. D., Puchkov V. N., Dyakova S. A., Zaitseva T. S. (2023) Oporniy razrez ukской svity verkhnego rifeya (karataviya) v Alatauskom antiklinorii (Yuzhnyi Ural) [Reference section of the Uk Formation of the Upper Riphean (Karatavian) in the Alatau anticlinorium (Southern Urals)]. Lithosphere, 23 (1), 38–51. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2023-23-1-38-51> (In Russian).

Stratigraficheskie shemy Urala (Dokembrii, Paleozoi) [Stratigraphic schemes of the Urals (Precambrian, Paleozoic)]. Ekaterinburg, Mezhdomestvennyi Stratigraficheskii Komitet Rossii 1993. 151 shema, 152 p. (In Russian).

Riphean stratotype. Stratigraphy. Geochronology (1983). Ed. B. M. Keller, N. M. Chumakova. М.: Nauka, 183 p. (Tr. GIN AN USSR; Issue 377). (In Russian).

Ernst R. E., Hanes G. A., Puchkov V. N., Okrugin A. V., Archibald D. A. (2008) Reconnaissance Ar-Ar dating of Proterozoic dolerite dykes and sills in Siberia and Southern Urals: identification of new Large Igneous Provinces and

their application to a reconstruction of Nuna (Columbia) supercontinent. In: Materials of the Conference of the Tectonic Committee. M.: GEOS, 205–208.

*Сведения об авторах:*

**Сергеева Нина Дмитриевна**, ведущий научный сотрудник, канд. геол.-минер. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), Россия, г. Уфа, [riphey@ufaras.ru](mailto:riphey@ufaras.ru)

**Дьякова Светлана Андреевна**, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа, [Solodova.IG@yandex.ru](mailto:Solodova.IG@yandex.ru)

*About the authors:*

**Sergeeva Nina Dmitrievna**, leading Researcher, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Russia, Ufa, [riphey@ufaras.ru](mailto:riphey@ufaras.ru)

**Dyakova Svetlana Andreevna**, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa, [Solodova.IG@yandex.ru](mailto:Solodova.IG@yandex.ru)

Статья поступила в редакцию 09.02.2024; одобрена после рецензирования 09.02.2024; принята к публикации 25.03.2024.

The article was submitted 09.02.2024; approved after reviewing 09.02.2024; accepted for publication 25.03.2024.