

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРЫ ГЕОЛОГИИ И ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
ПО ПРОГРАММЕ БАКАЛАВРИАТА

ВАЛИТОВ ШАМИЛЬ КАМИЛОВИЧ

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ, ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И УСЛОВИЯ  
ФОРМИРОВАНИЯ СИЛУРИЙСКИХ И НИЖНЕДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ  
ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНО-ЗИЛАЙСКОЙ ЗОНЫ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Выполнил:  
Студент 4 курса очной формы обучения  
Направление подготовки  
(специальность) 05.03.01. «Геология»  
Направленность (профиль) «Геология»

Руководитель  
к.г.-м.н., доцент

\_\_\_\_\_ / Ларионов Н.Н.  
(подпись)

Научный консультант

\_\_\_\_\_ / Зайнуллин Р.И.  
(подпись)

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
1. История исследований.....	6
1.1 Геологическая изученность.....	6
1.2 Геофизическая изученность.....	7
1.3 Геохимическая изученность.....	8
2. Тектоническое положение и геологическое строение Западно-Зилаирской зоны Южного Урала.....	10
2.1 Краткая геологическая характеристика.....	10
2.2 Стратиграфия ордовикских, силурийских и девонских отложений Западно-Зилаирской зоны.....	11
2.2.1 Ордовикская система.....	12
2.2.2.1 Силурийская система. Нижний отдел.....	12
2.2.2.2 Силурийская система. Верхний отдел.....	13
2.2.3 Девонская система.....	13
3. Методика и материалы.....	15
4. Геологическое строение разрезов.....	17
4.1 Разрез Набиуллино-3.....	18
4.2 Разрез Миндигулово-1.....	20
4.3 Разрез Миндигулово-2.....	25
5. Минералого-петрографический и геохимический состав глинистых сланцев.....	27
6. Обстановки и условия формирования глинистых и карбонатных пород.....	39
6.1 Карбонатные породы.....	39
6.1.1 Разрез Миндигулово-1.....	41
6.1.2 Разрез Миндигулово-2.....	45
6.2 Глинистые сланцы и песчанистые аргиллиты.....	53
6.2.1 Палеоклиматические обстановки.....	53
6.2.2 Состав пород в области размыва.....	56
6.2.3 Окислительно-восстановительные условия.....	57
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	59
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	61
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b> .....	65

## ВВЕДЕНИЕ

«Каждый крошечный осадок  
имеет свою природу, каждый!»

(Х. Реддинг)

Выпускная квалификационная работа посвящена изучению силурийских и нижнедевонских образований Западно-Зилаирской зоны (ЗЗЗ). В структурном плане территория развития данных отложений располагается в пределах центральной части западной зоны Зилаирского синклиория.

Впервые в данной зоне Южного Урала силурийские отложения наиболее детально были изучены Д.Г. Ожигановым в 1955 году. В конце 50-х годов С.Н. Краузе и В.А. Маслов<sup>1</sup> в ходе литолого-стратиграфических работ отметили, что «глинистые сланцы силура в разрезе палеозойских пород западного склона Башкирского Урала являются, одними из наиболее интересных отложений с точки зрения условий их образования» (стр. 63). В последующие годы при проведении научно-исследовательских, геолого-съёмочных и поисковых работ по изучению вопросов об условиях формирования глинистых сланцев не уделялось должного внимания.

Актуальность изучения силуро-девонских отложений ЗЗЗ объясняется несколькими причинами. Одной из первых является то, что вклад южно-уральского материала в реконструкцию глобальной геологической истории силура ничтожен. Во многом это было вызвано недостатком биостратиграфических данных, несовершенством лабораторных методов исследований и подходов к интерпретации их результатов, но в настоящее время эти препятствия не имеют определяющего значения. В частности, во многих обнажениях определены конодонты и хитинозои, разрезы увязаны между собой и с Международной стратиграфической шкалой<sup>2</sup>.

Другой немаловажной причиной изучения силуро-девонских отложений является широкое распространение в них глинистых сланцев. Согласно<sup>3</sup> геохимический состав тонкообломочных пород отражает состав верхней континентальной коры обширных территорий. Таким образом, геохимическое изучение силурийско-нижнедевонских сланцев позволит выявить основные особенности (состав петрофонда, обстановки выветривания, климатические условия) юго-восточной окраины палеоконтинента Балтика и проследить их

---

<sup>1</sup> Краузе С.Н., Маслов В.А. Ордовик, силур и нижний девон Западного склона Башкирского Урала. Уфа: Изд-во БФАН СССР, 1961. 94 с.

<sup>2</sup> Mavrinskaya T.M., Artyushkova O.V. Conodont characteristic of the Lochkovian-Pragian boundary interval in the Mindigulovo section (western slope of the Southern Urals). Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung and Springer-Verlag GmbH Germany, 2017.

<sup>3</sup> Тейлор С.Р., МакЛеннан С.М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.

изменения во времени. Выявленные особенности могут применяться при корреляции разрезов на геохимической основе.

Существенно дополнить реконструкции поможет изучение карбонатных пород, находящихся со сланцами в переслаивании.

Целью работы является комплексное изучение силурийских и нижнедевонских отложений центральной части Западно-Зилаирской зоны и реконструкция обстановок их накопления.

Для достижения цели ставились следующие задачи:

1. изучить, описать и провести геохимическое опробование разрезов, охватывающих интервал от верхнего ордовика по нижний девон включительно;
2. на основе минералого-петрографических, термогравиметрических, рентгенофазовых и геохимических данных установить минералого-петрографический состав глинистых сланцев;
3. проинтерпретировать минералого-петрографический и геохимический состав глинистых сланцев;
4. определить структурно-генетические типы карбонатных пород и установить обстановки их накопления;
5. обобщить все полученные материалы.

В качестве объектов изучения были выбраны три разреза – Набиуллино-3, Миндигулово-1 и Миндигулово-2, в которых обнажены, соответственно, отложения верхнего ордовика – силура, силура и нижнего девона. Таким образом, изучена непрерывная последовательность верхнеордовикско-нижнедевонских отложений.

Научно-практическая значимость проведенных работ объясняется необходимостью 1) выявления геохимических отличий пород, относящихся к разным стратиграфическим интервалам и разрезам; 2) сбора фактического материала для составления путеводителей экскурсий по программам научно-популярного и научного туризма (район исследований отличается впечатляющим по своим масштабам потоком туристов); 3) полученные данные могут быть полезны при последующих более детальных исследованиях ЗЗЗ, как академического характера, так и геологического картирования.

Новизна работы: впервые получены и проинтерпретированы представительные литогеохимические данные по верхнеордовикско-нижнедевонским отложениям; впервые проведен структурно-генетический анализ силурийско-нижнедевонских карбонатных пород по современным методикам<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Flugel E. Microfacies of Carbonate Rocks. Analysis, Interpretation and Application. Second Edition. Springer-Heidelberg-Dordrecht-London-New York, 2010. 984 p.

Фактический материал был собран при прохождении производственной практики в качестве лаборанта-исследователя с сотрудниками лаборатории стратиграфии палеозоя ИГ УФИЦ РАН при решении научно-исследовательских задач. Автор занимался отбором образцов, описанием разрезов и горных пород. Подготавливал пробы на различные виды анализов. Интерпретация полученного материала выполнена автором при поддержке старшего научного сотрудника ИГ УФИЦ РАН к.г.-м.н., Фазлиахметова А.М.

Автор выражает свои благодарности научному руководителю Н.Н. Ларионову за оказанную всестороннюю поддержку и за полученный опыт во время учебных полевых практик, а также при написании дипломной работы. Автор благодарен А.М. Фазлиахметову за полученный огромный опыт при выполнении научно-исследовательских работ, за помощь при подготовке к участию на различных конференциях. Автор благодарен за помощь при выполнении работы сотрудникам ИГ УФИЦ РАН: д.г.-м.н., Артюшковой О.В., н.с., Мавринской Т.М., к.г.-м.н., Якупову Р.Р., к.г.-м.н., Горожанину В.М., к.г.-м.н., Горожаниной Е.Н., д.г.-м.н., Кулагиной Е.И., и н.с. Зайнуллину Р.И. Выражает отдельную благодарность коллегам из ТПУ за помощь при выполнении рентгенофазового анализа к.г.-м.н., Соктоеву Б.Р., асп., Злобиной А.Н.

Результаты проведенных исследовательских работ освещены в тезисах различных конференций:

- «Ежегодная научно-практическая конференция, посвященной Дню геолога», Уфа 2017, 2018.
- Конкурс научных работ в секции «Геология» в рамках фестиваля «Неделя географии – 2018», Уфа.
- XVIII Международный научный симпозиум студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр», Томск 2019.
- XVII Всероссийская конференция-конкурс студентов и аспирантов. Санкт-Петербург 2019.
- XV Международный форум-конкурс студентов и молодых ученых «Актуальные проблемы недропользования», Санкт-Петербург 2019.

## 1. История исследований

### 1.1 Геологическая изученность

Обзор предшествующих работ по западному склону Южного Урала приведены в объяснительной записке<sup>5</sup> к геологической карте масштаба 1:200 000 (второе издание, 2015 г.), лист N-40-XXVIII, а также обобщены в работах В.Н. Пучкова<sup>6,7</sup>.

Впервые ордовикские и силурийские отложения были установлены и описаны на западном борту Зилаирского синклинория в 30-е годы рядом исследователей, проводивших геолого-съёмочные работы: Н.В. Потуловой (1930 г.), А.И. Ивановым (1934 г., 1938 г., 1948 г.), Р.Э. Квятковским (1937 г.), Д.Г. Ожигановым (1939 г., 1940 г., 1946 г., 1951 г., 1955), Блохиным А.А. (1947), Дингельштедтом Н.Н. (1932 г., 1933 г.).

Наиболее детальное изучение выполнено Д.Г. Ожигановым. В результате этих исследований была составлена местная стратиграфическая схема.

В конце 1950-х годов С.Н. Краузе и В.А. Масловым<sup>8</sup> при проведении литолого-стратиграфических работ в данном районе был получен богатый фактический материал, позволивший значительно уточнить стратиграфию ордовика и силура. Они отметили нецелесообразность использования свит, предложенных Д.Г. Ожигановым, в силу невыдержанности их по простиранию.

В период с 1963 по 1980 год коллективом геологов и геофизиков начались активные геолого-съёмочные работы масштаба 1:50 000<sup>9,10</sup>. В ходе данных работ расчленение нижнепалеозойских образований, было выполнено в соответствии с общей стратиграфической шкалой.

Поисковые работы начались в 60-е годы и продолжались до середины 80-х годов. Они сводились в основном к двум направлениям: на бокситовые руды в девонских образованиях и на поиски россыпных алмазов в ордовикских отложениях. Вопросам изучения металлогении района были посвящены

---

<sup>5</sup> Князев Ю.Г., Князева О.Ю. и др. Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1:200 000. Издание второе. Серия Южно-Уральская. Лист N-40-XXVIII. Объяснительная записка. – М.: МФ ВСЕГЕИ, 2015. 237с.

<sup>6</sup> Пучков В.Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 145 с.

<sup>7</sup> Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья: актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.

<sup>8</sup> Краузе С.Н., Маслов В.А. Ордовик, силур и нижний девон Западного склона Башкирского Урала. Уфа: Изд-во БФАН СССР, 1961. 94 с.

<sup>9</sup> Ключихин А.В., Радченко В.В., Буряченко А.В. и др. Геологическое строение северной части Зилаирского синклинория и сопредельных территорий. Отчёт о геологической съёмке, проведенной Кагармановской ГСП в 1962-1969 гг. Уфа, ТГФ РБ, 1969.

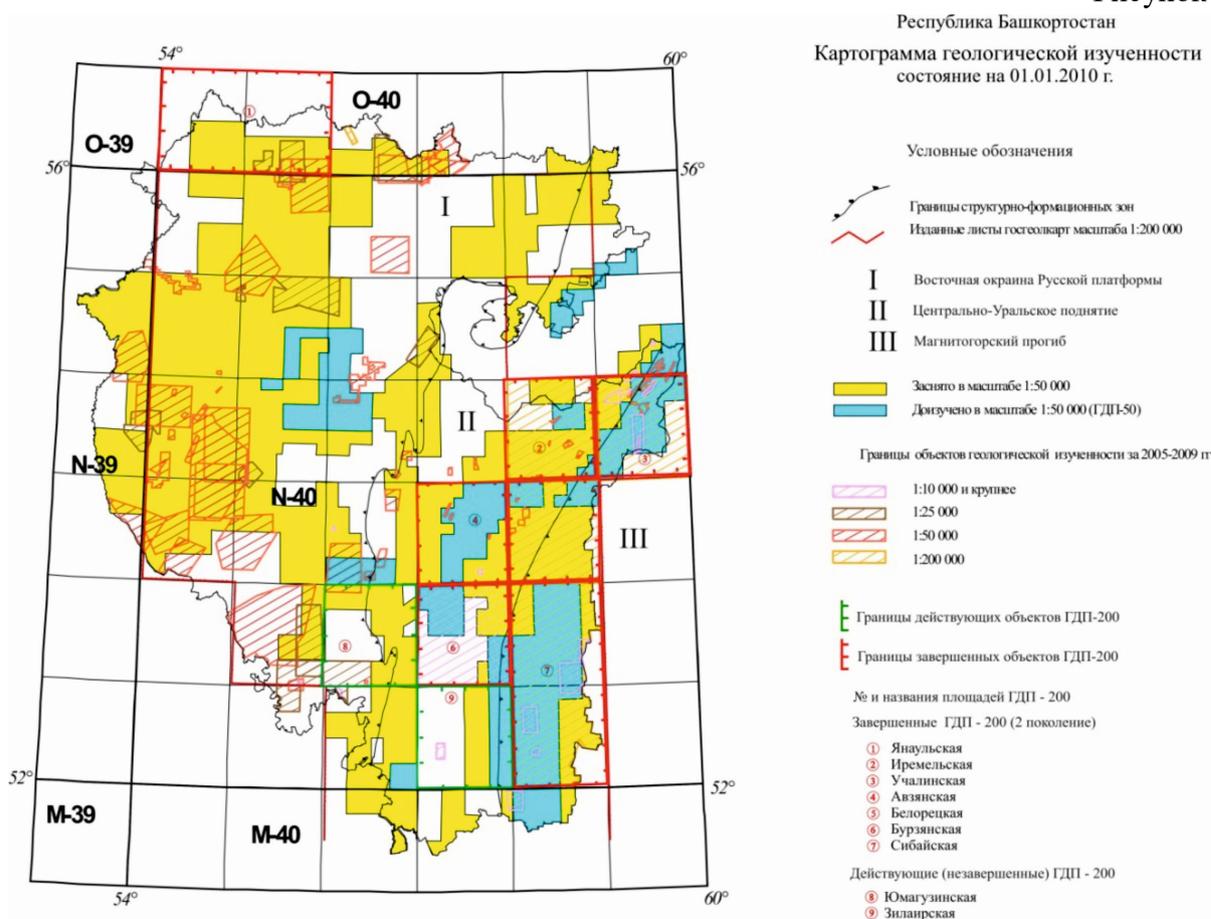
<sup>10</sup> Решетников Н.Ф. и др. Геологическое строение центральной части Южного Урала в районе г. Белорецка. Отчёт Серменевской ГСП за 1962-66 гг. Уфа, ТФ ТГФ РБ, 1966.

тематические исследования под руководством<sup>11</sup> по оценке перспективности бокситоносности отложений эйфельского яруса западного борта Зилаирского синклинория.

Поиски алмазов проводились в пределах Западно-Зилаирской зоны, где в отложениях ордовика зафиксирована их перспективность.

Современные представления о геологии данного района в большей мере базируются на результатах геолого-съёмочных работ масштаба 1:50 000, проведенных в 1988-1992 гг. В.А. Шефером, а также 1:200 000 масштаба выполненных Ю.Г. Князевым и др. в 2015 году (рис. 1.1).

Рисунок 1.1



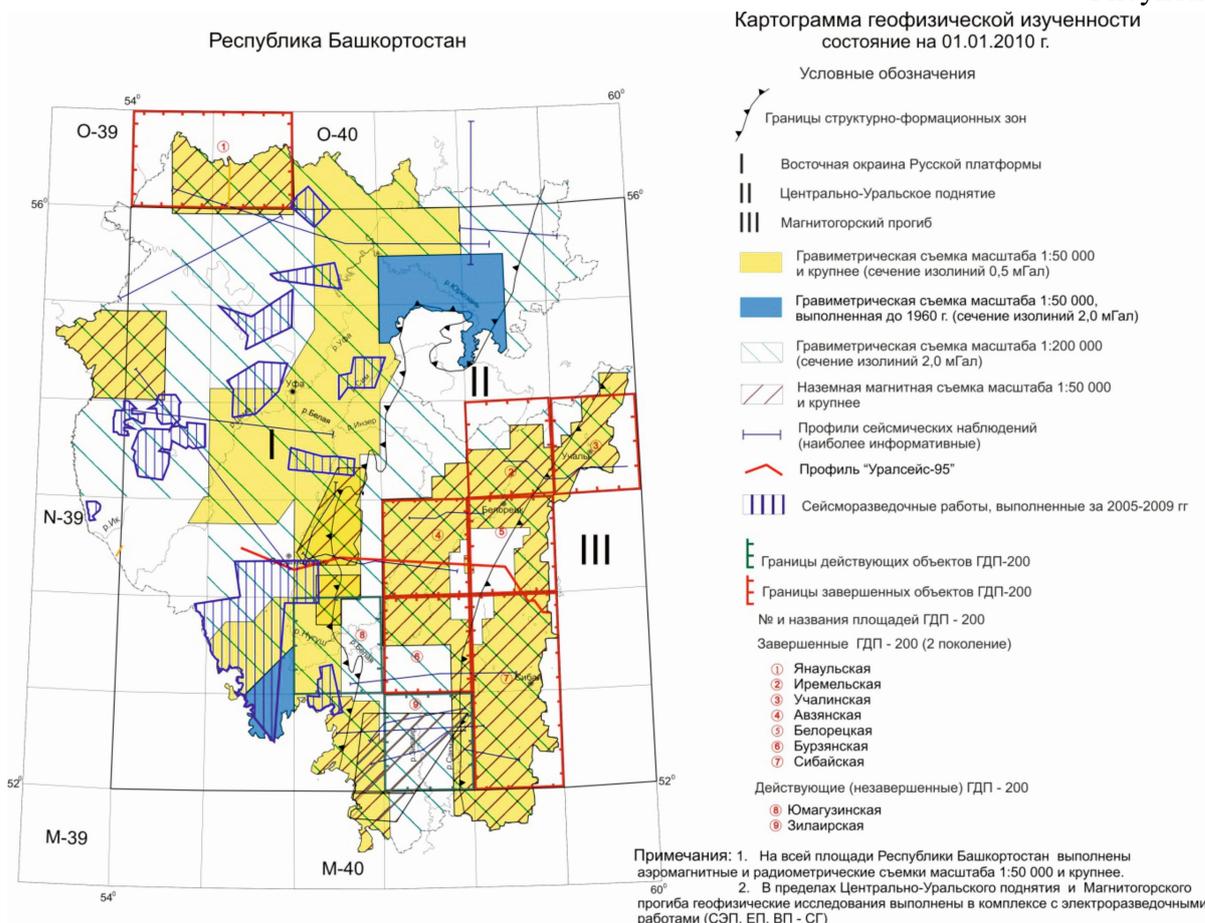
## 1.2 Геофизическая изученность

Геофизические исследования масштаба 1:50 000 на листах N-40-103-В и N-40-103-Г были проведены в 1983-86 гг. В ходе, которой была выполнена площадная съёмка комплексом методов, включающем гравиразведку, магниторазведку, электроразведку. В физических полях выделены области развития отложений рифея, венда, палеозоя. Получена геофизическая основа

<sup>11</sup> Макушин А.А., Ключихин А.В., Пацков А.А. Отчёт о результатах общих поисков по объектам: «Суранская площадь», «Белорецко-Авзянская площадь», «Ишлинский участок» и «Шатакская площадь» за 1980-1983 гг. Уфа, ТГФ РБ, 1983.

для проведения геолого-съёмочных работ масштаба 1:50 000, а также получены карты аномального магнитного поля и кажущегося электрического сопротивления. В результате составлены гравиметрические карты редукции Буге с плотностью промежуточного слоя 2,3 и 2,67 г/см<sup>3</sup>, масштаба 1:50 000. Итогом данных работ является высокая эффективность геофизических методов при картировании структурно-вещественных комплексов и решении поисковых задач<sup>12</sup>.

Рисунок 1.2



### 1.3 Геохимическая изученность

Площадь геологического изучения покрыта геохимическими исследованиями в масштабе 1:50 000 (рис. 1.3).

На территории листов N-40-103-В и N-40-103-Г геохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния проводились в 1984-86 гг.<sup>13</sup> по сети 500x50 м. Результаты анализов обрабатывались вручную, электронные базы данных

<sup>12</sup> Князев Ю.Г., Князева О.Ю. и др. Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1:200 000. Издание второе. Серия Южно-Уральская. Лист N-40-XXVIII. Объяснительная записка. М.: МФ ВСЕГЕИ, 2015. 237 с.

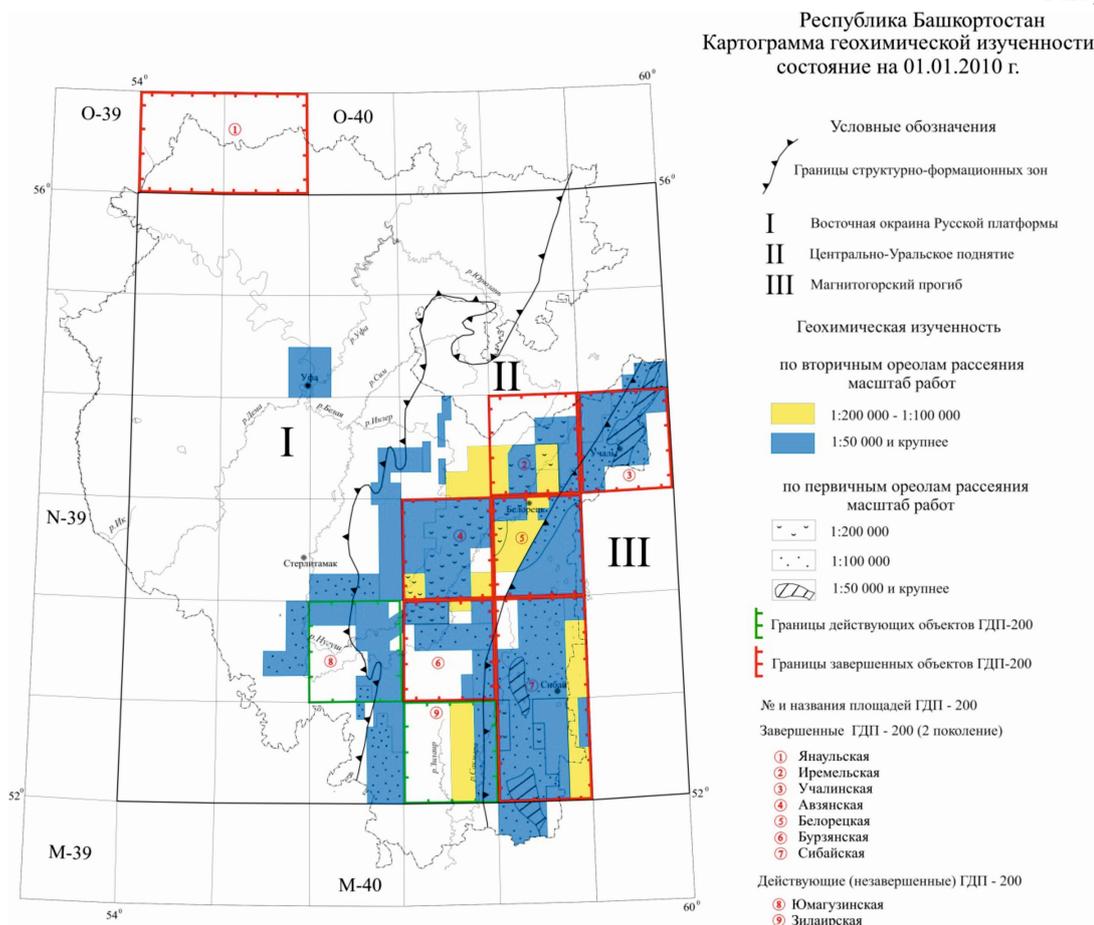
<sup>13</sup> Быкова Л.С. и др. Отчет об опережающих комплексных геофизических и геохимических исследованиях в помощь геологическому картированию масштаба 1:50000 на Канской площади (планшеты N-40-103-Г и N-40-103-В) в 1983-1986 гг. Уфа 1986.

геохимической информации отсутствуют. Составлены моноэлементные и полиэлементные геохимические карты.

Поиски по первичным ореолам рассеяния, как опробование коренных пород проводилось в ходе геолого-съёмочных и поисковых работ. Масштабность данного вида опробования в большинстве случаев носит либо узкоспециализированный, либо крайне дискретный характер.

В результате проведенных исследований по вторичным ореолам рассеяния на площади листов N-40-103-В и N-40-103-Г выявлен ряд геохимических аномалий: Au, Cu, As, Ag, Mo, Pb, Zn, Ba, Ti, Ni, Co, Zr, Mn, V<sup>14</sup>. Все выявленные аномалии получили оценку, часть из них является косвенными поисковыми признаками на выявление рудных месторождений золота, цинка, свинца, баритов и фосфоритов. Повышенные содержания фосфора в породах сопровождаются повышенными и аномальными содержаниями в этих породах и в почвах – следующих элементов: Ag, Mo, V, Zn.

Рисунок 1.3



<sup>14</sup> Шефер В.А. Геологическое доизучение масштаба 1:50 000 с общими поисками на Канской площади в пределах листов N-40-103-А-а, б, г; N-40-103-Б; N-40-103-В-б, г; N-40-103-Г. Уфа, ТГФ РБ, 2000. 645 с. Инв. 475780.

## 2. Тектоническое положение и геологическое строение Западно-Зилаирской зоны Южного Урала

### 2.1 Краткая геологическая характеристика

В Западно-Уральской мегазоне (рис. 2.1) распространены палеозойские отложения, формирование которых происходило в условиях пассивной континентальной окраины Восточно-Европейской платформы<sup>15</sup>. Данные образования залегают несогласно на докембрийских отложениях и в основном представлены мелководными осадочными породами.

Зилаирский синклиорий представляет собой глубокий прогиб, заполненный зилаирской серией – граувакковым флишем позднефранско-фаменского возраста. Глубина прогиба в его осевой части, по сейсмическим данным, достигает 6 км<sup>16</sup>.

Согласно схеме структурно-формационного районирования<sup>17</sup> выделяют Западно-Зилаирскую и Восточно-Зилаирскую зоны. Они различаются по литологическому составу слагающих их отложений и тектонике. Западно-Зилаирская зона характеризуется развитием относительно слабо дислоцированных карбонатно-терригенных отложений ордовика, силура и девона. Восточно-Зилаирская зона отличается терригенным, терригенно-кремнистым и эффузивно-кремнисто-терригенным составом отложений и сложным тектоническим строением<sup>18</sup>.

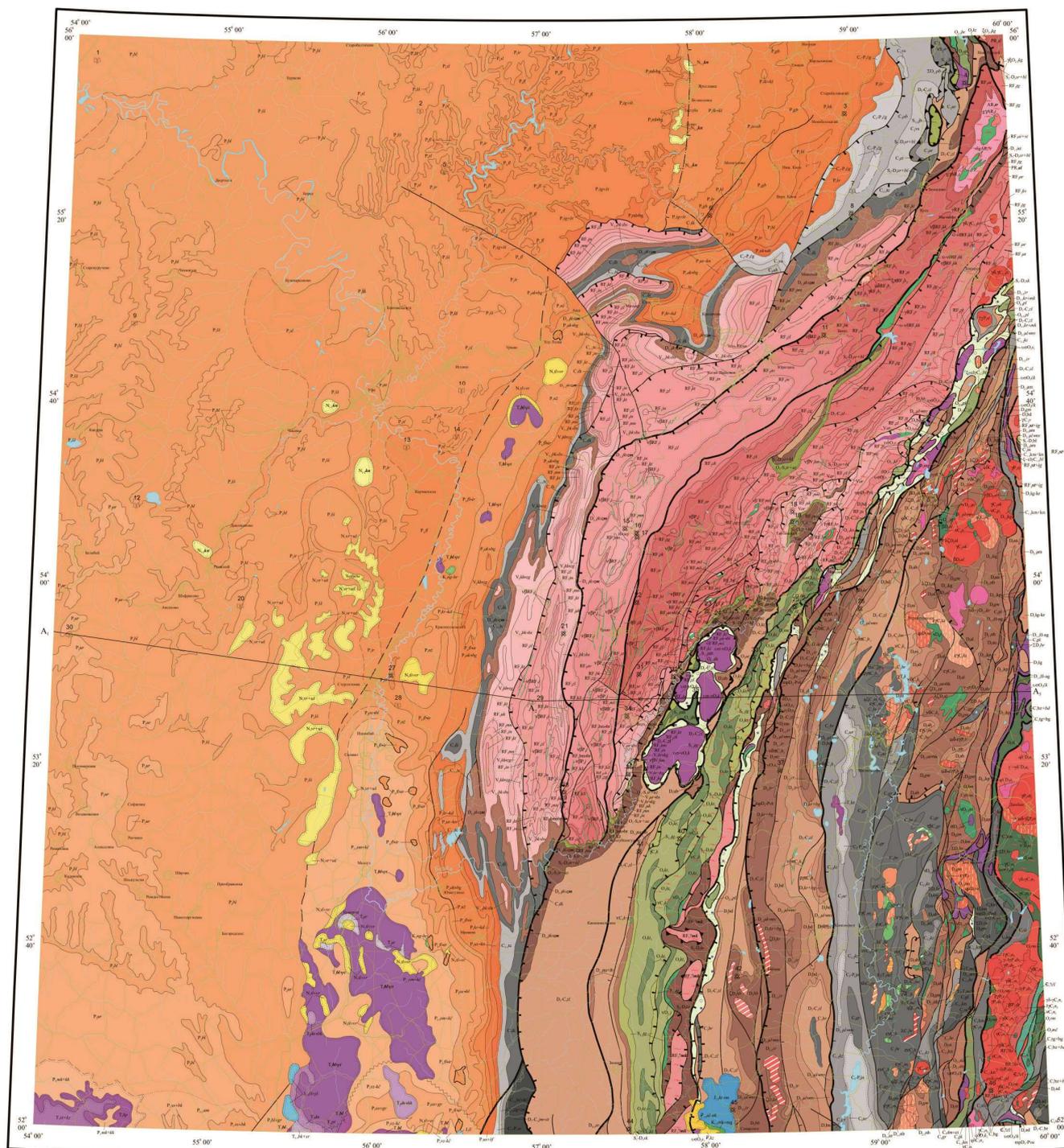
---

<sup>15</sup> Пучков В.Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 145 с.

<sup>16</sup> Bastida F., Aller J., Puchkov V. N., Juhlin Ch., Oslianski A. A cross-section through the Zilair nappe (southern Urals) // *Tectonophysics*. 1997. V. 276. N 1–4 (Europrobe volume). P. 253–263.

<sup>17</sup> Объяснительная записка к стратиграфическим схемам Урала (докембрий, палеозой). // Материалы и решения IV Уральского межведомственного стратиграфического совещания (Свердловск: 1990) / Екатеринбург, 1994. 152 с.

<sup>18</sup> Якупов Р.Р., Мавринская Т.М., Абрамова А.Н. Палеонтологическое обоснование схемы стратиграфии палеозоя северной части Зилаирского мегасинклиория. Екатеринбург, 2002. 158 с.

2.1–Геологическая карта доплиоценовых образований (N-40 Уфа)<sup>19</sup>

## 2.2 Стратиграфия ордовикских, силурийских и девонских отложений Западно-Зилаирской зоны

<sup>19</sup> Князев Ю.Г. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1: 1 000 000. Сер. Южно-Уральская. Лист N-40, 2013.

В Западно-Зилаирской зоне распространен комплекс осадочных пород ордовикской, силурийской и девонской систем.

### 2.2.1 Ордовикская система

Набиуллинская свита ( $O_{2-3nb}$ ). Данную свиту выделил Д.Г. Ожиганов. Наиболее характерными и устойчивыми литологическими разновидностями пород свиты являются песчаники кварцевые с полевым шпатом, содержащие различное количество доломитовой составляющей (в цементе и отдельных зернах). Доломиты кристаллически зернистые, содержащие различное количество примеси зерен кварца и обломков пород, песчаной и алевритовой размерностей, а также скопления черного коломорфного кремнистого, обогащенного органическим и фосфатным веществом материала, обуславливающего в доломитах характерную нечеткополосчатую, узловатую и узловато-ячеистую текстуры<sup>20</sup>.

В типовом разрезе свита состоит из двух подвит. Нижняя - представлена доломитами средне- и толстослоистыми, песчанистыми, иногда переходящими в песчаники с доломитовым цементом. Верхняя подсвита состоит из тонкоплитчатых доломитов, преимущественно темно-серых с прослоями битуминозных черных известково-глинистых сланцев. Д.Г. Ожиганов отнес всю свиту к лландоверийскому ярусу нижнего силура<sup>21</sup>. Но в конце 50-х годов при изучении данных разрезов С.Н. Краузе и В.А. Маслов пришли к выводу, что нижний горизонт является ордовикским, а верхний, где появляются глинистые сланцы силурийским. Данные выводы подтвердили позже. Благодаря находкам конодонтов<sup>22</sup> определено, что возраст пород слагающих данную свиту является ордовикско-силурийским. Песчано-доломитовая толща, представленная нижним горизонтом, соответствует позднему ордовику. Силурийские отложения залегают, после задернованного интервала, выше которого обнажена пачка темно-серых глинистых и алевритистых доломитов.

#### 2.2.2.1 Силурийская система. Нижний отдел

Отложения ордовика с нормальным стратиграфическим контактом перекрывается породами силурийского возраста. Нижний отдел данной

<sup>20</sup> Шефер В.А. Геологическое доизучение масштаба 1:50 000 с общими поисками на Канской площади в пределах листов N-40-103-А-а, б, г; N-40-103-Б; N-40-103-В-б, г; N-40-103-Г. Уфа, ТГФ РБ, 2000. 645 с. Инв. 475780.

<sup>21</sup> Ожиганов Д.Г. Стратиграфия и фациальные особенности силурийских отложений западного склона Южного Урала // Уч. Записки Башпединститута. Уфа, 1955. Вып. IV. С. 55-92.

<sup>22</sup> Якупов Р.Р., Мавринская Т.М., Абрамова А.Н. Палеонтологическое обоснование схемы стратиграфии палеозоя северной части Зилаирского мегасинклинария. Екатеринбург, 2002. 158 с.

системы представлен узьянской свитой, которую выделил Д.Г. Ожиганов<sup>23</sup>. Стратотип располагается вблизи с. Узьян. В составе свиты вышеназванным автором было выделено две толщи: нижняя – глинистая и верхняя глинисто-карбонатная.

Свита хорошо прослеживается по всему западному борту Зилаирского синклиория, имеет преимущественно пологое юго-восточное (20°-30°) падение. С подстилающими и перекрывающими отложениями она связана постепенными переходами, выраженными в постепенном изменении вещественного состава пород. Мощность данных отложений составляет 250-300 м.

#### 2.2.2.2 Силурийская система. Верхний отдел

Отложения верхнего отдела силурийской системы были отнесены Д.Г. Ожигановым к серменевской свите<sup>24</sup> ( $S_{2sm}$ ). В разрезе по р. Яндык к западу от д. Серменево данная свита, сложена доломитами и доломитизированными известняками, а также известняками темно-серыми и черными, органогенными с кораллами, брахиоподами, пелециподами, гастроподами. Мощность серменевской свиты 150-300 метров. Возраст определен по фауне брахиопод как лудловский.

Граница между узьянскими и серменевскими свитами имеет постепенный характер, выраженный в постепенном увеличении количества и мощности карбонатных прослоев.

#### 2.2.3 Девонская система

Бельская свита ( $D_{1-3bl}$ ). Как стратиграфическое подразделение выделена В.А. Ивановой в 1949 году по береговым обрывам р. Белая под названием бурзянской свиты. Позднее, в 1955 г. Д.Г. Ожиганов девонские известняки с прослоями и линзами кварцевых песчаников и аргиллитов, распространенные по берегам р. Белая, переименовал в бельскую свиту<sup>25</sup>. Она сложена мощной (более 1700 м) толщей рифогенных известняков, участками доломитизированных.

Отложения данной свиты несогласно трансгрессивно перекрывают ниже- и верхнесилурийские образования, на отложения бельской свиты

<sup>23</sup> Ожиганов Д.Г. Стратиграфия и фациальные особенности силурийских отложений западного склона Южного Урала // Уч. Записки Башпединститута. Уфа, 1955. Вып. IV. С. 55-92.

<sup>24</sup> Стратиграфический словарь СССР. Л.: Недра, 1975. 622 с.

<sup>25</sup> Князев Ю.Г., Князева О.Ю. и др. Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1:200 000. Издание второе. Серия Южно-Уральская. Лист N-40-XXVIII. Объяснительная записка. М.: МФ ВСЕГЕИ, 2015. 237 с.

несогласно залегают полимиктовые вакки и аргиллиты зилаирской серии франского яруса верхнего девона<sup>26</sup>.

Разрез отложений бельской свиты представлен массивными и плитчатыми известняками участками доломитизированными, прослеживаются по обнаженным скалистым берегам высотой несколько десятков метров.

Таким образом, с точки зрения геологического строения территория Западно-Зилаирской зоны интересна для изучения. Это связано с его тектоническим положением и историей геологического развития.

---

<sup>26</sup> Шефер В.А. Геологическое доизучение масштаба 1:50 000 с общими поисками на Канской площади в пределах листов N-40-103-А-а, б, г; N-40-103-Б; N-40-103-В-б, г; N-40-103-Г. Уфа, ТГФ РБ, 2000. 645 с. Инв. 475780.

### 3. Методика и материалы

При проведении геолого-исследовательских работ были предусмотрены предполевые, полевые и камеральные этапы.

Основной целью предполевых работ является сбор информации по району исследования, в процессе изучения литературных, опубликованных и фондовых данных. Ранее проведенные геолого-съёмочные, тематические, поисковые и разведочные работы позволяют воспользоваться картографическими материалами, различными видами анализов (геохимическими, геофизическими и др.), данных по фаунистической изученности, геологических комплексов и формаций. Сбор материалов проводился в государственных фондах, а его обработка и изучение дополнительной литературы в лаборатории стратиграфии палеозоя ИГ УФИЦ РАН.

Полевые работы носят определяющий характер, они направлены на решение вопросов, вытекающих из анализа результатов предыдущих исследований. В результате данных работ проходят геологические маршруты, в ходе которых проводится детальное изучение разрезов. В состав изучения входят: описание геологического разреза, изучение основных характеристик горных пород (цвет, структура, текстура и другие особенности, видимые при макроскопическом описании), составление стратиграфической колонки, зарисовка обнажений и разрезов. В итоге, было изучено три геологических разреза, по ним проведено литохимическое опробование. Опробование представляло собой отбор коренных горных пород точечным методом по профилю разреза. Расстояние между точками взятия проб составляло 5-6 метров с возрастанием истинной мощности на 1,5-2 метра, а объем образца – не менее 100 г.

Всего было отобрано 71 образец глинистых сланцев, из них по 7 сделаны петрографические шлифы, а остальные 64 – для других видов анализов. Карбонатные породы в количестве 45 образцов отобраны на петрографические шлифы, 12 – из силурийского разреза, остальные 33 – из нижнедевонского интервала.

При лабораторных работах были выполнены различные виды анализов по отобраным образцам. Минеральный состав изучался по петрографическим шлифам, которые были изготовлены в шлифовальной мастерской ИГ УФИЦ РАН, а также термогравиметрическим методом на дериватографе Q-1500 D (ИГ УФИЦ РАН) (аналитик Т.И. Черникова). Описания петрографических шлифов проводилось на поляризационном микроскопе Amplival (ИГ УФИЦ РАН). Для уточнения минерального состава применили рентгенофазовый метод,

выполненный в учебно-научной лаборатории оптической и электронной микроскопии Международного инновационного научно-образовательного центра (МИНОЦ) «Урановая геология» ИШПР ТПУ. Дифрактометр D2 Phaser компании Bruker с реализацией съемки рентгенограмм в геометрии Брега-Брентано. Аналитик – к.г.-м.н., старший преподаватель ИШПР ТПУ Соктоев Б.Р.

Определение содержания породообразующих и малых элементов выполнено рентгенофлуоресцентным методом (РФА) на спектрометрах VRA–30 (ИГ УФИЦ РАН) (аналитики: к.х.н. А.М. Карамова, Ф.Р. Валиева, к.г.-м.н. С.В. Мичурин).

Интерпретация геохимических данных была выполнена на основе зарубежных и отечественных методов<sup>27,28,29,30</sup>.

---

<sup>27</sup> Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.

<sup>28</sup> Маслов А.В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных. Екатеринбург: УГГУ, 2005. 289 с.

<sup>29</sup> Тейлор С.Р., МакЛеннан С.М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.

<sup>30</sup> Nesbitt H. W, Young G.M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites // Nature. 1982. V. 299. P. 715-717.

#### 4. Геологическое строение разрезов

Как было отмечено выше, исследуемые разрезы расположены на территории Западно-Зилаирской зоны (рис.4.1). Здесь широко распространены палеозойские отложения.

В ходе исследовательских работ были изучены три геологических разреза: Набиуллино-3, Миндигулово-1 и Миндигулово-2.

Основным разрезом является разрез Миндигулово, где в одном участке обнажены ордовикские, силурийские и нижнедевонские отложения. Таким образом, можно реконструировать полностью ордовикско-нижнедевонский интервал, но проблема заключается в том, что промежуток между ордовиком и силуром задернован, поэтому выбрали дополнительный разрез Набиуллино-3.

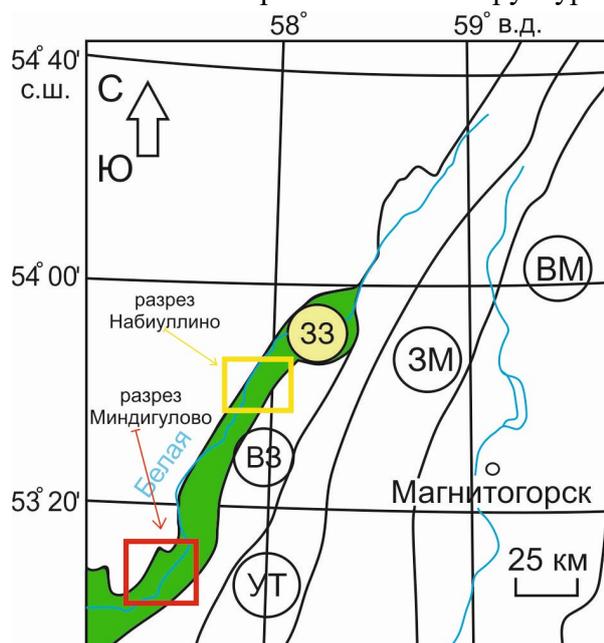
Разрез Набиуллино-3 также интересен тем, что здесь можно зафиксировать глобальное хирнантское событие, которое произошло на рубеже ордовика и силура.

Разрез Миндигулово-1 сложен преимущественно глинистыми сланцами силурийского периода, которые детально не расчленены. При решении данной проблемы могут быть использованы геохимические данные, с их помощью можно найти геохимические различия и выделить реперные зоны.

Разрез Миндигулово-2 преимущественно представлен нижнедевонскими известняками. Данный разрез интересен с точки зрения условий их образования. Не далеко от разреза Миндигулово-2 обнажены рифогенные известняки, но к какому типу по генезису относятся исследуемые породы не ясно.

Рисунок 4.1

4.1–Схема расположения структурных зон Южного Урала



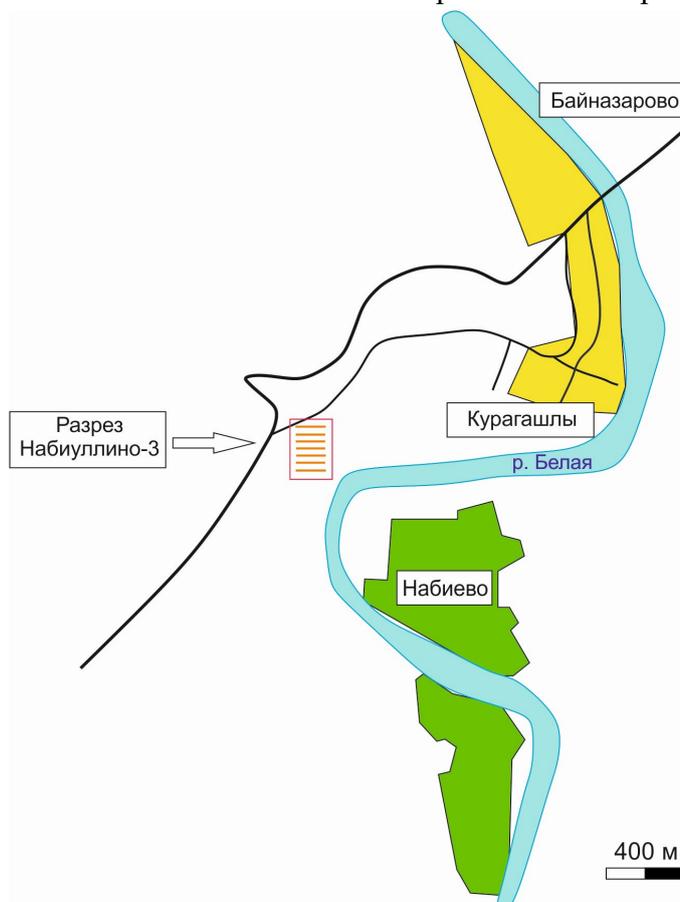
Зоны: ЗЗ – Западно-Зилаирская; ВЗ – Восточно-Зилаирская; УТ – зона Уралтау; ЗМ – Западно-Магнитогорская; ВЗ – Восточно-Магнитогорская.

#### 4.1 Разрез Набиуллино-3

Отложения набиуллинской свиты выходят на поверхность в стратотипической области ее распространения у д. Набиуллино, на юго-западном оканчании деревни Кургашлы (рис. 4.2, координаты:  $53^{\circ}27'24,49''$ ,  $57^{\circ}52'81,80''$ ).

Рисунок 4.2

4.2–Место расположения разреза Набиуллино-3



В основании свиты залегают доломиты серые, темно-серые с маломощными прослоями глинистых аргиллитов. Нами был описан интервал, залегающий выше доломитов начиная с алевролитов. Контакт между ними литологически постепенный. Описание разреза выполнено автором (рис. 4.4). Снизу вверх по разрезу обнажаются:

№	Описание	Мощность (см), истинная
1	Углисто-кварцевые тонкополосчатые алевролиты с мелкими железистыми конкрециями до 2 мм и тонкими линзами более темного	15

№	Описание	Мощность (см), истинная
	черного углистого материала. В данных алевролитах обнаружены граптолиты.	
2	Углисто-кремнистые алевролиты, полосчатые, слоистые. Слоистость параллельная. Наблюдаются редкие железистые стяжения. На поверхностях напластования встречаются граптолиты.	28
3	Углисто-кремнистые алевролиты. Видны железистые стяжения, расположены гнездами. Наблюдаются зерна кварцевого материала. Также присутствуют граптолиты (рис. 4.3).	13
4	Углисто-глинистые аргиллиты, плохо выражена слоистость. Наблюдаются зерна кварцевого материала. Видны железистые стяжения оранжево-желтого цвета. Замечены небольшие линзообразные тела карбонатов (5x20 мм). Присутствуют остатки граптолитов.	30
5	Алевролиты черного цвета. Слоистые, ожелезненные, наблюдаются зерна кварцевого материала.	24
6	Алевролиты углисто-кварцевые, не значительно ожелезненные. Наблюдаются карбонатные линзы размером до 2 мм. В кровле слоя залегает прослой известняков мощностью до 10 см.	43
7	Алевролиты углистые, темно-коричневатого, черного цветов. Присутствует кварцевый материал, но в меньшем количестве.	32

Рисунок 4.3

4.3–Пачка глинистых аргиллитов разреза Набуллино-3



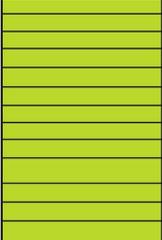
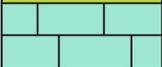
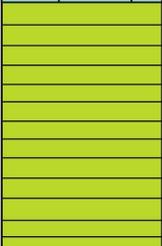
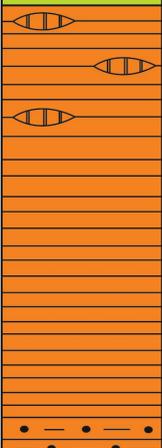
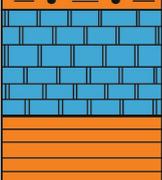
А. Коренные выходы углисто-глинистых алевро-аргиллитов. Б. Отпечатки граптолитов в аргиллитах.

В ходе полевых работ на данной территории нами было проведено литохимическое опробование. Образцы были отобраны из пачки углисто-

глинистых доломитистых алевро-аргиллитов черного цвета с многочисленными углефицированными остатками граптолитов мощностью 1,5 метра (рис. 4.3).

Рисунок 4.4

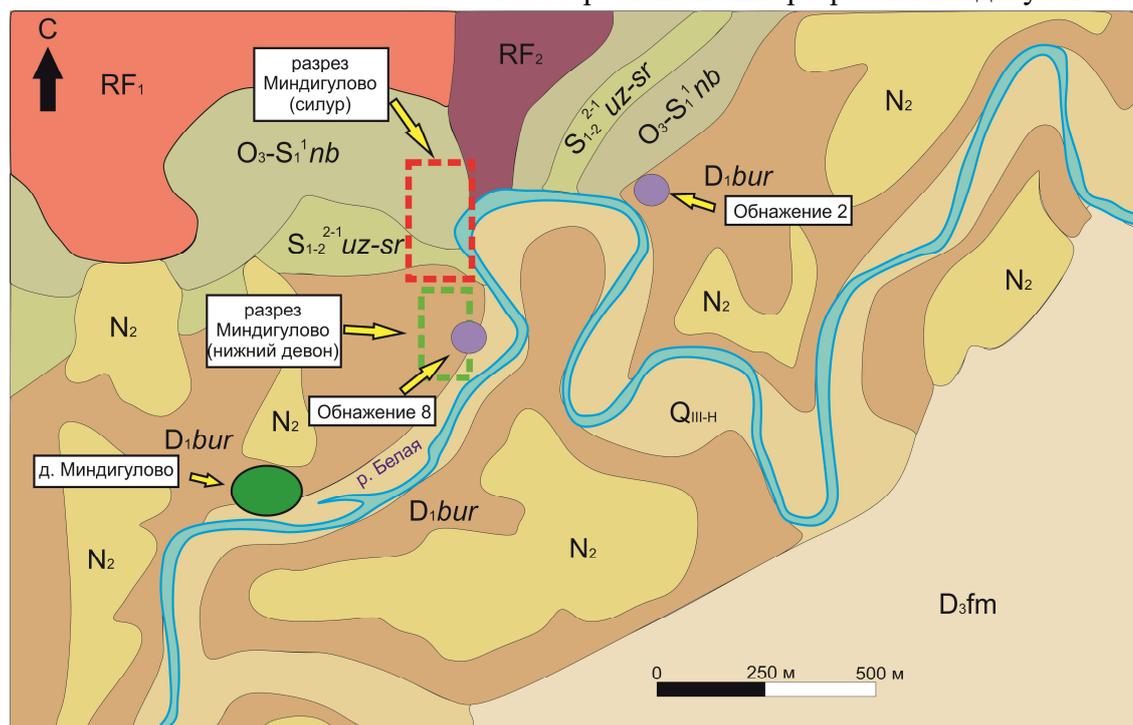
4.4–Стратиграфическая колонка разреза Набиуллино-3

Система	Отдел	Индекс	Литология	Мощность	Описание
Силурийская	Пландерийский	$S_1^{nb}$		1,5	Углисто-кварцевый алевролит
					Карбонатный прослой
					Углисто-кремнистые алевролиты
					Углисто-кремнистые алевролиты с линзами кальцита
					Углисто-кварцевые тонкополосчатые алевро-аргиллиты с мелкими железистыми стяжениями
					Пачка переслаивания тонкослоистых алевроитистых доломитов и массивных толстоплитчатых доломитов

#### 4.2 Разрез Миндигулово-1

Изученный разрез располагается на правом берегу реки Белая в 2 км на северо-восток от деревни Миндигулово Бурзянского района Республики Башкортостан (рис. 4.5).

## 4.5–Месторасположение разрезов Миндигулово 1 и 2



Примечание: фрагмент из геологической карты <sup>31</sup> масштаба 1:50 000.

Данный разрез сложен двумя разностями горных пород. В большей степени распространены глинистые сланцы, в меньшей – пелитоморфные известняки.

Глинистые сланцы разреза Миндигулово-1 имеют темно-серый, синеватый и коричневые цвета с характерным зеленым оттенком (рис. 4.6). Видны пятна и примазки гидроокислов железа, которая, заполнив пространство между слоями сланцев, создают в них слоистость, образуя ожелезненные прослои. Глинистые сланцы подвержены кливажу и имеют сланцеватость. В толще сланцев встречаются карбонатные прослои мощностью до 15 мм по мощности. Они распределены не равномерно, и имеют наиболее широкое распространение в верхней части разреза.

<sup>31</sup> Шефер В.А. Геологическое доизучение масштаба 1:50 000 с общими поисками на Канской площади в пределах листов N-40-103-A-a, б, г; N-40-103-B; N-40-103-B-б, г; N-40-103-Г. Уфа, ТГФ РБ, 2000. 645 с. Инв. 475780.

4.6–Глинистые сланцы разреза Миндигулово-1



Известняки представлены в виде мелких линзообразных тел, прослоев, чередованием более крупных слоев, распространены не равномерно. В нижней части разреза они имеют темно-серый цвет, микрокристаллическую структуру. Для них характерны массивные, слоистые текстуры (рис. 4.7).

Выше по разрезу наблюдается смена цвета на светло-серую, а также изменяется структура на разно-кристаллическую. Из вторичных изменений наблюдается доломитизация и ожелезнение, которые проявлены не часто.

4.7–Коренные выходы пелитоморфных известняков

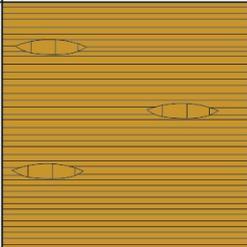
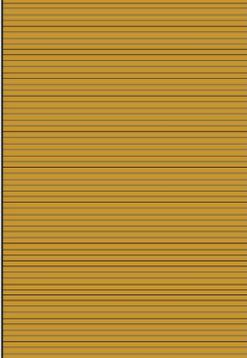
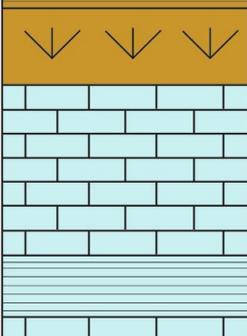
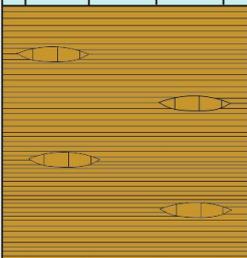
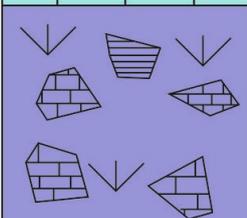


В ходе геологических исследований был описан данный разрез (рис. 4.8). Здесь на протяжении более 200 метров обнажаются следующие отложения (снизу вверх по разрезу):

№	Описание	Мощность (видимая), м
1	Известняки доломитистые, темно-серые, массивные, ожелезненные, имеют параллельную слоистость. Породы секутся жилами кальцита. Азимут падения 155° угол 25°.	5
2	Задерновано, местами встречается коллювий известняков.	10
3	Известняки доломитистые, темно-серые, массивные с	3

№	Описание	Мощность (видимая), м
	параллельной слоистостью.	
4	Глинистые сланцы имеют темно-серый, коричневатый цвет с зеленым оттенком. Элементы залегания сохраняются.	5
5	Известняки доломитистые, темно-серого цвета, массивные, мелкокристаллические.	15
6	Сланцы тонкозернистые, рассланцованные, темно-синего, буро-коричневого цвета с зеленоватым оттенком. Сланцы на контакте с известняками имеют черный цвет. Размеры линз известняков варьируют мощностью от 10 см, вдоль от 40 см. Здесь наблюдаются зеркала скольжения.	30
7	Переслаивание сланцев с известняками, где преимущественно распространены сланцы. Мощность известняков меняется от 5 до 50 см. Сланцы аналогичны с вышеописанными.	16
8	Известняки светло-серые с мелкокристаллической структурой и с полосчатой текстурой. Мощность слоев варьирует от 2 см до 1 м. Азимут падения 110°, угол 24°.	16
9	Задерновано, встречен коллювий сланцев.	10
10	Сланцы темно-серые с зеленоватым оттенком.	15
11	Сланцы с многочисленными линзами темно-серых известняков. Известняки и сланцы пронизаны многочисленными мелкими кальцитовыми жилами.	75

4.8–Стратиграфическая колонка разреза Миндигулово-1

Система	Отдел	Индекс	Литология	Мощность	Описание
Силурийская	Лудловский	$S_2^1 sm$		20	Сланцы глинистые, тесно-серые с линзами микрокристаллического глинистого известняка.
				30	Сланцы темно-серые с зеленым оттенком.
				20	Известняки доломитизированные, микрокристаллические, глинистые с зеленоватыми сланцами.
	Венлокский	$S_1^2 uz$		23	Сланцы известково-глинистые, темно-серые с зеленоватым оттенком с линзами темно-серых известняков.
				10	Известняки доломитизированные, темно-серые, переслаивающиеся с глинистыми сланцами.
				15	Задерновано, встречается коллювий темно-серых известняков и глинистых сланцев

### 4.3 Разрез Миндигулово-2

Исследуемый разрез нижнего девона располагается на правом берегу реки Белая в 2 километрах на северо-восток от деревни Миндигулово Бурзянского района Республики Башкортостан (рис. 4.5).

Разрез сложен преимущественно темно- и светло-серыми известняками массивного и плитчатого характера, участками они доломитизированы. В.А. Шефером<sup>32</sup> эти известняки отнесены к бурзянской свите (*D<sub>1</sub>bur*).

В ходе полевых работ были проведены геологические маршруты по коренным выходам карбонатных пород нижнего девона для определения границы лохковского и пражского ярусов. Всего изучено и отобраны образцы из 11 выходов коренных пород. Наиболее полные разрезы представлены в двух обнажениях: обнажение №8 и обнажение №2 (прил. 1, 2). Обнажение №8 расположен в километре от деревни Миндигулово, а обнажение №2 находится в 3 км на северо-восток.

Описания обнажения №8 приведены из полевого дневника д.г.-м.н., заведующего лабораторией стратиграфия палеозоя ИГ УФИЦ РАН Артюшковой О.В.<sup>33</sup>. Здесь, снизу вверх обнажаются:

№	Описание	Мощность (истинная), м
1	Известняки серые, массивные, биокластические, с пятнами лимонита.	2
2	Известняки, серые, трещиноватые, кливажированные. Выше по разрезу наблюдаются биокластические известняки с пятнами лимонита.	6,4
3	Известняки, серые, среднеплитчатые. Внутри данного слоя встречается пачка слоистых известняков, расланцованные.	2,3
4	Известняки серые, среднеплитчатые, кавернозные, трещиноватые, ожелезненные. Данная часть известняков раскливажированна. Выше по слою в известняках встречена фауна криноидей. Наблюдаются поверхности напластования.	24
5	Известняки серые, толстоплитчатые, плотные с бугорчатой поверхностью, наблюдаются зерна лимонита.	6,2
6	Известняки серые, крапчатые. Верх по обнажению массивные известняки сменяются на плитчатые. Наблюдается бугристая поверхность, известняки ожелезненные.	4,8
7	Известняки темно-серые, плотные с ожелезненной поверхностью напластования.	3,5
8	Известняки серые, массивные, плотные, ожелезненные.	2,8

<sup>32</sup> Шефер В.А. Геологическое доизучение масштаба 1:50 000 с общими поисками на Канской площади в пределах листов N-40-103-А-а, б, г; N-40-103-Б; N-40-103-В-б, г; N-40-103-Г. Уфа, ТГФ РБ, 2000. 645 с. Инв. 475780.

<sup>33</sup> Артюшкова О.В. и др. Отчет о научно исследовательской работе: Детализация региональной схемы стратиграфии ордовикских, силурийских и девонских отложений Южного Урала и их корреляция с международным стратиграфическим стандартом, условия образования. Уфа, 2018.

9	Известняки серые, плитчатые, ожелезненные, с жилами кальцита, трещиноватые. Выше по обнажению наблюдаются биокластические известняки. Из данного слоя взят образец 20741.	9,6
---	---	-----

Описания к обнажению №2 приведены ниже:

№	Описание	Мощность (истинная), м
1	Известняки темно-серые, глинистые, толсто слоистые. По данному интервалу отобрано три образца. 02443 – известняк серый раскристаллизованный. 02444 – известняк органогенный. 02452 – известняк темно-серый, раскристаллизованный с члениками криноидей.	3
2	Известняки толсто слоистые, серые, органогенно-обломочные. Образец 02463 – известняк среднеплитчатый, серый, раскристаллизованный с реликтами органического материала. Образец 02465 – известняк серый, органогенный с остатками криноидей. Образец 02462 – доломит серый, среднекристаллический, наблюдается множество жил кальцита.	3,2
3	Встречаются серые доломиты и криноидные известняки.	2,5
4	Светло-серые органогенные известняки.	7,4
5	Доломиты серые, пятнистые, мелкокристаллические.	6,3

## 5. Минералого-петрографический и геохимический состав глинистых сланцев

Песчанистые аргиллиты набиуллинской свиты в шлифах представлены темной углисто-глинистой массой, что не позволяет определить минеральный состав основной части. Так углисто-глинистая масса распространена в большей степени равномерно по площади шлифа, а в меньшей степени встречается терригенная примесь, которая представлена зернами кварца и полевых шпатов (рис. 5.1).

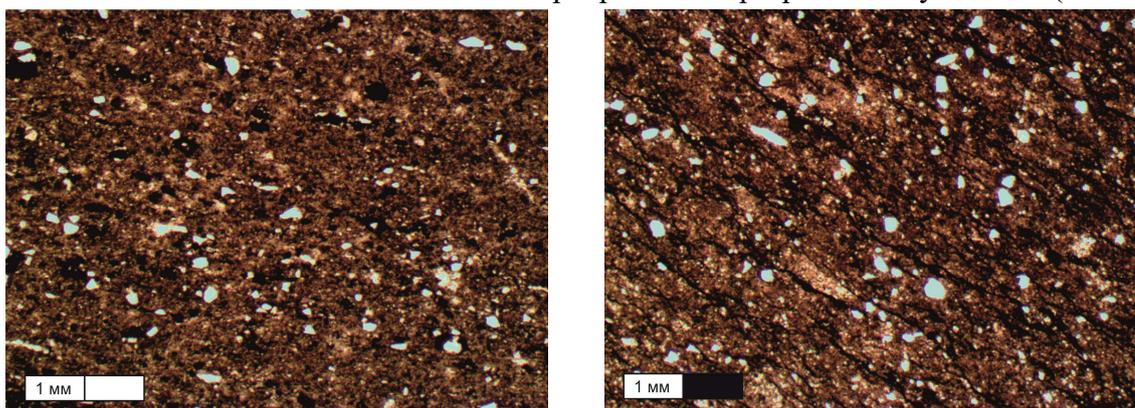
Кварц и полевые шпаты имеют размеры зерен от 0,3 мм до 1,1 мм, контуры которых округленно-угловатые.

Микроструктура – псаммопелитовая, так как порода содержит обломочный материал алевритовой и псаммитовой размерности<sup>34</sup> в количестве от 5 до 50%. Микротекстура – гнездовидная, линзовидная.

Присутствуют рудные минералы характер распределения в основной массе гнездовидный.

Рисунок 5.1

5.1–Алевроаргиллиты разреза Набиуллино-3 (николи II)



Минеральный состав основной массы глинистых сланцев разреза Миндигулово-1 представлен иллитом и серицитом.

В параллельных николях окраска основной массы бесцветная, которая плеохроирует в светло-коричневатых тонах, предположительно это хлорит. Распознается за счёт присутствия удлиненных участков, где видна спайность, там минерал приобретает густую окраску. Основная масса имеет чешуйчатую структуру.

<sup>34</sup> Мизенс Г.А. Изучение осадочных пород в прозрачных шлифах: Учебно-методическое пособие по дисциплине «Литология» для студентов специальности 130304 - «Геология нефти и газа» (ГН). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. 86 с.

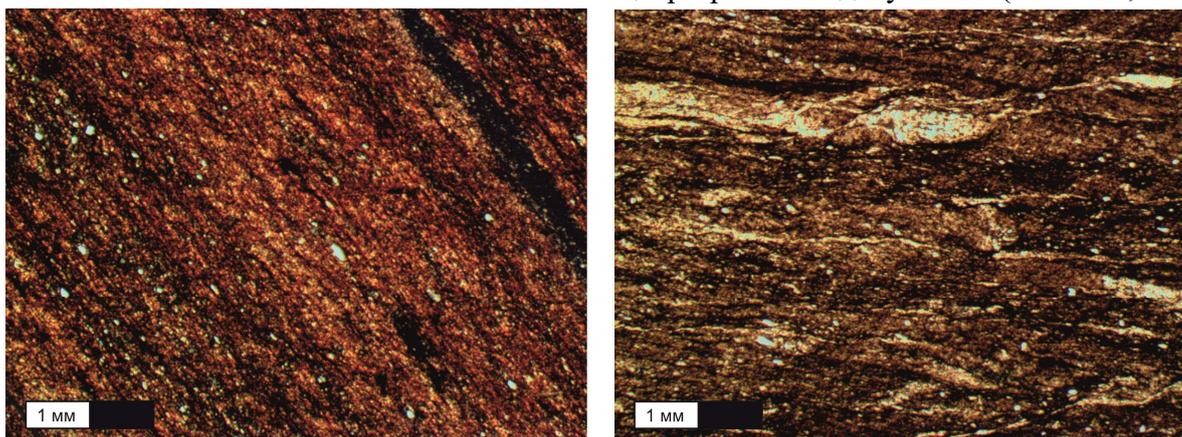
В скрещенных николях глинистая основная масса имеет относительно высокое двупреломление. Цвета интерференции имеют оранжевые, желтоватые и красные цвета второго порядка (рис. 5.2). Характер погасания – блочный.

В шлифах наблюдаются участки линз обогащенных зернами кварца и полевых шпатов.

Глинистые сланцы имеют микролепидобластовую структуру и сланцеватую текстуру. Встречаются рудные минералы.

Рисунок 5.2

5.2–Глинистые сланцы разреза Миндигулово-1 (ник: 1-X, 2-II)



Для уточнения минерального состава были применены геохимические данные. При изучении основных характеристик глинистых пород использовались данные по петрогенным и малым элементам (табл. 5.1, 5.2, 5.3, 5.4). С помощью их проводилась интерпретация минерального состава по геохимическим модулям, индикаторам и диаграммам<sup>35,36</sup>.

Для классификации по типу пород предназначена диаграмма М. Херрона  $\log (\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})-\log (\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ <sup>37</sup>. Она используется как для обломочных пород, так и для глинистых образований.

Как видно из данной диаграммы свою принадлежность к глинистым разностям подтверждают силурийские и нижнедевонские образования разреза Миндигулово (рис. 5.3). Фигуративные точки аргиллитов разреза Набиуллино-3 сконцентрированы главным образом в поле аркозов. Такое расположение аргиллитов связано с высоким содержанием полевых шпатов в составе глинистых пород.

<sup>35</sup> Маслов А.В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных. Екатеринбург: УГГУ, 2005. 289 с.

<sup>36</sup> Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.

<sup>37</sup> Herron M.M. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data // J. Sed. Petrol. 1988. V. 58. P. 820-829.

## 5.1–Содержания петрогенных элементов в образцах глинистых сланцев разреза Миндигулово-1

№	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> общ	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ППП	сумма
17-24	53,2799289	1,19651038	23,9411882	6,05650546	0,0225724	3,05272896	0,40020895	0,1	6,80096397	0,10678404	5,88549601	100,742887
17-26	53,3835342	1,20044507	23,6605181	7,15756947	0,06354578	2,54598817	0,30613189	0,19512195	6,80902794	0,08614603	5,30698989	100,727886
17-28	57,8068234	1,17855289	21,1944102	7,00866596	0,0357311	0,81243092	0,35843575	0,47524752	5,94038392	0,09436662	5,59176089	100,512697
17-30	55,8504372	1,0039477	21,8964368	6,90558401	0,02745615	1,8773124	0,36428205	0,4729064	6,53863237	0,1116626	5,43057535	100,491699
17-32	57,2557191	0,95453591	21,3437146	6,75145454	0,02485971	1,68683638	0,3037073	0,14241474	6,24105198	0,04751637	5,78459931	100,408188
17-36	57,9303007	0,92176971	20,0095311	7,50630663	0,02805847	0,0052524	1,15917115	0,4424141	5,69460533	0,58444604	5,84947095	100,095254
17-40	57,5389176	0,86096655	21,2798201	7,24588286	0,03255693	0,30135682	0,23745813	0,4142471	6,42312179	0,06629472	5,41792738	99,8143028
17-41	55,9871364	0,98434132	21,2901847	6,99282448	0,03665069	2,7664317	0,41138881	0,43851287	5,92107253	0,14214156	5,81478161	100,797103
17-44	57,4125944	0,97697969	19,9226399	7,21715553	0,03110318	2,37881496	0,22113115	0,98522167	6,09163878	0,06017781	5,14527646	100,468229
17-46	56,6984953	0,91570561	20,7872448	7,54984808	0,03288368	2,82400802	0,24811842	0,51724138	6,53396995	0,1068401	4,52954232	100,743898
17-47	57,0780927	0,92629022	20,295252	6,40979703	0,02148368	2,62064488	0,43771309	0,46920821	6,56484165	0,08799155	5,7268679	100,650374
17-48	53,5929152	0,96584181	23,051996	7,40548736	0,03654357	2,39643396	0,3692317	0,20588235	6,69084972	0,12469934	5,72821516	100,568096
17-50	53,7994336	0,97936768	21,7177086	7,48975528	0,02801009	2,77562983	1,25987732	0,141452	6,04637889	0,07038931	5,99634089	100,60256
17-52	58,5657762	0,08807501	20,5749307	6,30872531	0,01876484	2,54613864	0,33720975	0,46692607	5,95403249	0,04994558	5,8808485	100,801952
17-53	57,9274221	0,99327502	20,7769589	7,0218695	0,02455194	1,0896301	0,29225883	0,98522167	5,57295493	0,06406083	5,63063852	100,393665
17-55	56,7006814	0,87478561	21,0074362	6,5832033	0,02870563	2,4170186	0,68700539	0,43021033	6,2818488	0,0440568	5,79407845	100,84903
17-56	57,6625497	0,94640422	19,3869214	7,35224925	0,03882064	2,47336621	0,28786209	0,44444444	6,36252803	0,15273312	5,75906331	100,866942
17-57	58,3224916	0,89532001	19,28281	7,18817809	0,04602019	2,96348683	0,27530721	0,95238095	5,68194198	0,04506748	5,34606478	101,00935
17-59	57,0716964	0,90130532	20,7097843	7,15526664	0,02555596	2,6682822	0,28292145	0,19569472	6,51433395	0,07117432	5,04560479	100,64162
17-61	57,4084577	0,87657742	20,07561	7,02250734	0,0275651	2,78702192	0,28801059	0,97087379	6,04637349	0,04898686	5,29185975	100,855177
17-63	57,0672557	0,82573781	20,0153371	7,61475867	0,03308995	2,72834254	0,35167254	0,44103547	6,20075313	0,06389697	5,4562688	100,843801
17-64	55,6616051	0,83244719	20,7883717	7,3368534	0,03947088	2,69435114	0,23468165	0,09615385	6,75571183	0,0284158	6,37200286	100,859055
17-66	52,6771219	0,82760769	18,8555593	6,4291538	0,03601432	2,42646782	4,4168068	0,484421	5,7891276	0,05327143	8,13361012	100,124741
17-67	54,5962381	0,7305861	18,8200184	6,59208487	0,03169354	3,02264931	3,75717397	0,87548638	5,84176975	0,09401639	6,319715	100,681432
17-69	59,1414012	0,81059909	18,9987906	6,96094432	0,02196295	2,17339	0,3680213	0,44145873	5,58563445	0,08317058	6,1501844	100,749215
17-71	10,0905829	0,08089199	2,46036028	1,29051919	0,05077448	2,00806344	44,2741027	0,154215	1,20711629	0,03129635	38,1974249	99,8955456
17-72	47,2458523	0,63035807	14,8518372	4,95878233	0,0368345	2,34367134	11,1899461	0,45098039	5,76323998	0,1088296	13,1619346	100,763046
17-73	57,4441864	0,85633167	19,8293329	6,70292638	0,02492383	2,03931784	0,4257438	0,45320197	6,48556005	0,07311077	6,2852811	100,619917
17-74	55,1420055	0,9416066	21,0312567	6,0028348	0,01948328	2,85278803	0,73270506	0,47058824	7,22273101	0,12638076	5,97271433	100,537144
17-75	58,2022008	0,94407263	20,6947207	7,13024769	0,02336303	0,8158451	0,52953238	0,89552239	6,08602706	0,13363057	5,01780895	100,472971
17-80	58,0004171	1,04875391	20,9671564	6,46183101	0,01962126	3,02433324	0,2605288	0,46376812	5,92543424	0,11724604	4,43107515	100,739435
17-81	55,8040074	0,98919847	21,923237	6,72663623	0,02269992	2,61226364	0,42709513	0,19627085	6,64515834	0,1557608	4,8995942	100,401922
17-82	57,7268523	0,90091073	20,6725828	6,50477902	0,01996903	2,15613781	0,38547707	0,97560976	5,91752408	0,08223769	5,47684041	100,833134
17-84	56,4260303	0,77115618	22,424599	6,54201783	0,01914031	2,17211586	0,25562527	0,46466602	6,61654299	0,08231396	5,01755811	100,791766
17-85	57,708873	0,7940426	20,8261032	6,91216975	0,02172391	1,91196555	0,21928472	0,99009901	5,86613716	0,06263547	5,12408448	100,454204
17-87	56,7351901	0,86801488	21,176303	7,55431322	0,02143272	2,39531624	0,23146938	0,47524752	5,88019567	0,04934063	4,95918013	100,361436
17-89	57,4589219	0,69599939	20,6177219	7,33224531	0,02690923	2,33083956	0,2627003	0,43352601	5,58538089	0,09097428	5,82413446	100,671466
17-90	57,2107752	0,76593443	20,8321332	7,49844975	0,02771487	2,28144928	0,21692308	0,26341463	5,49283906	0,06346737	5,99656309	100,66421
17-91	53,086367	0,84907757	23,922337	6,73213836	0,01856747	2,99273306	0,22501167	0,09433962	7,09838523	0,0941755	5,74400589	100,857138
17-92	58,0467128	0,8753334	21,6306996	6,20927849	0,01948421	2,43005501	0,28619891	0,25447691	5,75108972	0,08935428	5,31610687	100,927839
17-93	58,0546459	1,21876285	20,7482575	6,4584393	0,01875685	2,12698415	0,27608557	0,19230769	5,94295019	0,07005036	5,73125896	100,85075

Таблица 5.2

5.2–Содержания малых и элементов-примесей (в г/т) в глинистых сланцах разреза Миндигулово-1

№	Cl	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Rb	Sr	Zr	Ba	Pb	Собщ
17-24	40,225	27,0213959	163,704107	96,6323059	30,3193836	31,2663375	30,1590792	110,459318	77,2415826	219,372841	33,2495939	162,000762	657,67595	44,2625222	100
17-26	72,1040224	14,5116594	182,146638	84,9661519	24,0895631	14,9997995	27,240276	92,5297496	88,7520727	194,942422	33,87188	151,013661	282,267366	16,2719652	128,673649
17-28	67,1373906	17,8611784	166,958514	83,4837542	31,0395719	16,822729	34,6745398	122,924649	63,4566877	177,108582	35,6337668	162,592338	381,829721	31,8315718	158,880361
17-30	63,8478033	5,40446417	166,037828	86,7949229	25,9649284	14,754673	29,9825786	101,819767	59,5409828	206,533766	23,5856508	131,395871	300,864282	35,2090783	124,662058
17-32	32,7801471	13,1179638	159,021955	87,9798523	28,605254	16,8894736	51,0146527	80,5444096	47,9813795	183,5747	22,440981	138,878615	421,902298	18,8862245	141,927926
17-36	20	17,2467879	151,793411	81,030848	27,1856893	31,782322	24,0154313	148,40105	31,3713599	171,302841	45,9141111	131,007256	459,106525	21,5370607	115,940162
17-40	19,7367647	13,7153758	161,774765	87,9831882	29,6054955	26,0590677	22,8124793	101,456115	61,71042	183,776186	22,2698182	128,565644	421,57286	48,930447	100
17-41	34,2095872	13,1885154	151,476822	99,2274224	31,353018	26,6696783	23,5059235	99,1329144	30,4959188	177,260924	23,7605409	139,502051	475,293762	24,1705639	116,362668
17-44	58,5089022	17,035627	159,237248	77,4889249	30,5961884	184,604723	22,530492	101,942439	10	183,723786	23,4968235	130,946059	405,035672	36,8637967	254,951279
17-46	100,017798	15,6221396	158,411317	93,2600639	30,5365116	18,1330402	44,2042826	100,494889	54,4700249	164,062907	22,5235839	135,538111	471,838168	19,5196999	100
17-47	35,7683356	25,4510542	192,410511	85,4093147	26,3471775	106,318613	42,2947344	148,928601	10	192,126334	21,2553463	133,510298	569,413796	30,6821413	121,908334
17-48	74,4980374	17,9921312	159,212884	89,080731	34,9872719	21,380438	19,8620344	92,9127218	50,2009662	189,494915	23,5615302	126,722371	700,581925	13,6069955	100
17-50	89,7114401	25,0871585	172,918998	85,9050262	37,8873514	100,023071	58,7917375	105,347813	25,9110988	169,824004	23,7891231	143,216632	498,185781	24,1447772	154,649333
17-52	78,7208537	14,5611119	189,133209	76,001871	22,1060705	151,259328	47,9409222	91,995049	45,8127635	187,526905	23,0738806	162,287673	1843,31667	17,0978841	105,784814
17-53	74,1330488	9,31519141	186,591436	83,2848261	21,1090445	82,7948173	36,9163301	121,366116	44,3198699	184,350852	34,2859386	138,178637	455,441314	10	148,222534
17-55	84,3721951	17,9862304	171,066088	76,8707295	27,3612037	85,6896816	42,139796	113,38722	12,296555	198,817398	22,5657155	143,67098	502,44976	14,6246756	100
17-56	49,3627076	25,307941	163,51074	87,7192784	26,9614736	20,9423164	41,2142953	113,614761	10	153,632314	21,1935033	137,265643	352,600334	40,2101026	100
17-57	61,5341897	11,7701839	158,025299	90,0503509	28,4857385	33,9871126	34,8422512	134,220418	10	183,384108	32,4993824	131,532559	624,468867	10,7242918	102,806421
17-59	52,9050578	23,8903057	156,569919	95,3524388	24,0452781	18,853965	23,1533011	98,5031394	61,6645404	195,660411	20,4274805	129,021525	392,497123	38,0456471	100
17-61	50,8142292	8,07277582	167,894491	91,0372718	33,8221975	29,4617925	48,0176502	134,89797	10	195,972327	26,1583917	125,681509	512,45018	25,4250851	113,325999
17-63	52,3493328	22,3534765	169,282615	87,5238609	31,2639892	18,8844667	34,2083721	103,270518	10	172,128133	18,6498889	109,021806	431,630202	37,402498	456,526364
17-64	78,1090415	12,1986759	156,21664	96,8626518	45,269649	45,9994595	38,8666217	138,925839	52,5339319	192,304739	19,6538335	111,020614	527,152109	47,0808837	189,897036
17-66	126,773233	18	98,591375	94,3638779	24,1512344	28,0157415	45,5860974	111,209856	48,3023676	168,325634	12,2059836	112,928113	429,561314	52,3285254	100
17-67	122,088935	22,7984239	187,200539	83,8338314	20,6058301	21,1994263	29,9723127	113,465426	72,8894348	169,43112	30,7113544	110,544517	402,111375	10	100
17-69	36,2363581	8,816007	137,015512	101,732687	26,1418668	31,7389127	115,680345	83,5924387	39,0549419	165,91532	22,1276702	115,247666	486,571347	34,5705161	136,577375
17-71	128,109571	5	10,8593956	14,0126138	10	10	10	10	10	23,0922929	488,760071	51,1672138	200	20,67185	1044,13059
17-72	69,9728591	11,8352629	83,9811563	59,2366349	15,4725257	14,3256278	37,2484729	85,4051818	10	134,19543	138,709302	99,2453931	340,114	62,0584801	207,797483
17-73	107,35549	21,693045	156,42551	90,2666399	31,3665312	28,0356975	39,5418102	128,575366	10	186,525931	23,8978809	116,176985	557,938428	41,0853619	100
17-74	132,031215	22,8978617	204,107632	104,586881	26,969302	30,699681	39,473435	142,056111	10	208,126294	36,7413417	119,619627	537,140229	75,3705388	220,494586
17-75	68,4020156	16,380621	190,885398	95,8044379	32,1284871	16,4023588	34,1363028	86,2733949	88,007945	175,970101	24,8019479	143,067446	322,722191	13,8828527	100
17-80	48,7281243	17,4191847	139,172592	108,251131	18,4001137	85,0102872	33,581724	117,570922	19,8996452	181,387032	21,046217	149,888973	486,761094	57,2574649	192,696934
17-81	39,0227478	19,7754832	188,882013	91,9691444	23,0711987	15,9968045	38,2634743	107,304425	39,8596639	200,411977	23,9873371	152,661031	540,452167	10,9940549	100
17-82	44,5269044	18,3806355	141,899366	94,9497982	10,4051066	124,240799	33,9878587	117,985341	68,7886932	182,224894	16,3111645	148,642202	628,783824	27,9015486	142,129915
17-84	90,2213654	5	172,8168	112,459607	14,7774077	31,7679832	24,6409266	79,3059982	10	195,4058	21,0950894	113,189376	528,827096	20,1107225	100
17-85	71,60594	13,8587944	145,311337	92,5416505	14,0163322	79,5405523	38,3011993	132,762744	65,3670828	188,627854	19,0780882	120,192018	528,388294	79,6775787	170,853708
17-87	110,352175	11,9480614	162,85852	103,270318	31,0999144	32,1531786	28,8466539	87,7692617	10	159,193606	20,72436	127,624798	572,175568	10	154,324009
17-89	30,33726	11,8368426	166,220135	112,869877	25,270502	40,435074	34,4381456	90,5088315	63,0154024	167,62146	20,1128357	124,731795	599,793592	28,6575432	121,125679
17-90	73,3585057	13,8262727	158,898824	102,215397	27,5824287	29,6362964	26,1906666	107,620748	50,485544	160,779604	19,378059	125,958934	365,187313	10	145,464267
17-91	58,2042553	12,8520753	171,092002	119,706121	21,7539057	49,4560706	41,0377635	107,724915	10	209,867951	18,3842406	120,231668	509,934945	41,2412487	100
17-92	60,4823164	13,8611216	184,284799	99,6231576	19,1255959	157,640075	29,3278991	115,426226	60,520146	178,34222	18,8399407	121,226346	458,578795	62,2048018	190,48352
17-93	117,369486	16,4230846	197,517927	133,88376	11,9265754	29,5073402	44,2533231	79,3388937	66,4293177	185,689048	21,2914243	188,943258	426,030841	43,6447961	122,507817

Таблица 5.3

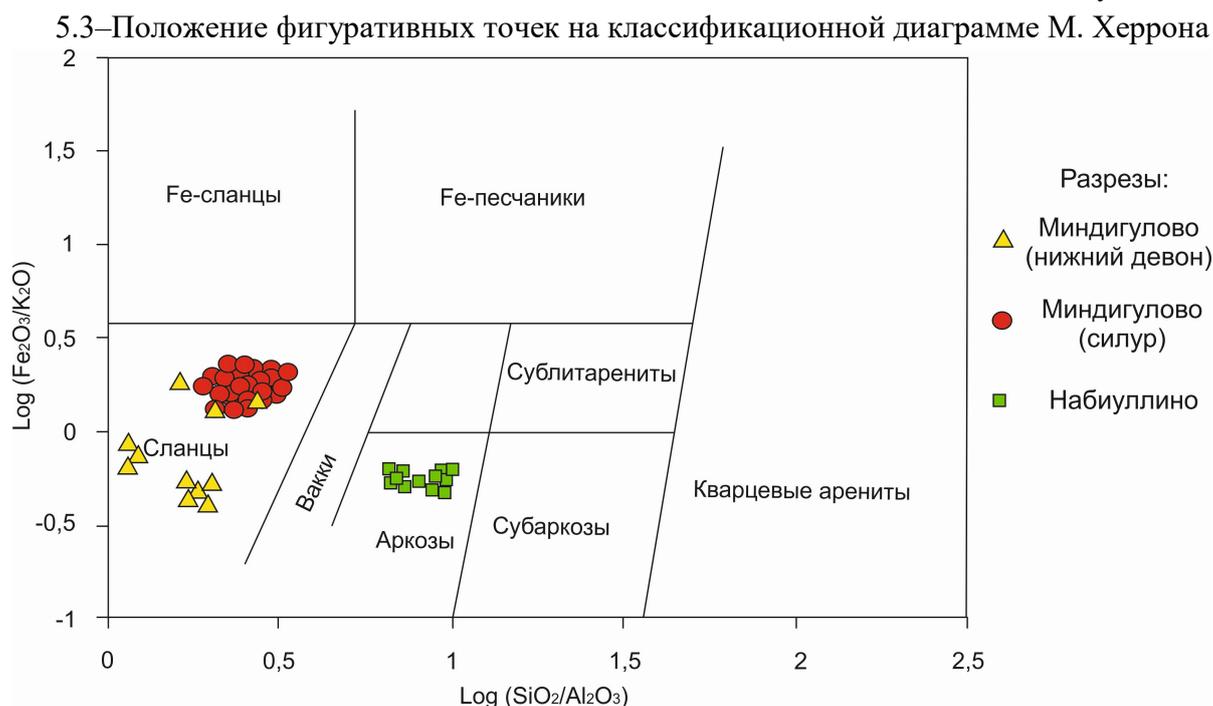
## 5.3–Содержания петрогенных и малых элементов в образцах алевро-аргиллитов разреза Набиуллино-3

№	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3 общ	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	Собщ	ППП	сумма		
10530/1A	71,997	0,59801236	13,9587748	1,89673281	0,01059284	2,31884058	0,3118639	0,19323671	5,09514467	0,10862905	0,01641286	4,25689615	100,761722		
10530/12	74,02	0,48213206	10,5971808	3,91138628	0,01156951	1,97044335	0,43150323	0,19704433	4,26750933	0,25962356	0,40526938	3,85875183	100,416323		
10530/13	72,26	0,59779712	11,9662399	2,1794997	0,01060042	2,93829579	0,62649346	0,19588639	4,78787217	0,23714527	0,02431495	4,74976896	100,573213		
10530/14	78,29	0,36561256	8,08113371	1,54582317	0,01	4,55445545	0,23699961	0,1980198	3,19499884	0,09350389	0,02335824	4,00841564	100,591766		
10530/15	73,12	0,60026021	12,7613931	1,97534695	0,01000038	1,96656834	0,25542566	0,19665683	4,99155986	0,1158746	0,01750891	4,73846515	100,751128		
10530/16	72,813	0,53241952	12,8937986	1,97311873	0,01	2,15053763	0,19137315	0,09775171	5,50419654	0,09898628	0,12133347	4,30937199	100,685797		
10530/16A	80,043	0,34746561	8,32713491	1,56854531	0,01	2,4	0,20995151	0,1	3,2628283	0,15382732	0,0177264	3,63098175	100,061266		
10530/16Б	86,13	0,08968952	3,38547475	3,19444702	0,01088335	4	0,39817368	0,1	0,91270299	0,33330599	0,02907178	1,76324913	100,346133		
10530/17	81,73	0,30322249	7,17064302	1,62075803	0,01	3	0,10960485	0,2	2,99031326	0,09654552	0,02077405	3,25875486	100,498612		
10530/17A	79,6097135	0,28186837	9,11969797	1,73687579	0,01	2,59222333	0,12975263	0,19940179	3,46887687	0,12182068	0,02179322	3,36748443	100,649509		
10530/17Б	81,1453009	0,26385668	8,23220445	1,10135807	0,01	3,16831683	0,1152848	0,0990099	3,30826641	0,13292494	0,01495556	3,15653244	100,738011		
№	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Zr	Ba	Pb	As	Cl	Ce
10530/1A	0,0005	0,02626412	0,01165602	0,0005	0,00591116	0,00364331	0,00758225	0,01268877	0,00558429	0,01763091	0,02578403	0,00500301	0,001	0,00436919	0,00712694
10530/12	0,0005	0,01149373	0,0076592	0,0005	0,00483556	0,00598967	0,02032616	0,00871533	0,01451377	0,03063772	0,02449417	0,01797477		0,00572152	0,00537771
10530/13	0,00079331	0,02018255	0,01073517	0,0005	0,00422767	0,00208281	0,01169901	0,01272224	0,00968562	0,01968561	0,02719756	0,00231267	0,00153188	0,00272571	0,01006862
10530/14	0,0005	0,01380705	0,00563355	0,0005	0,00209728	0,00137744	0,0050611	0,0089188	0,00826261	0,01275495	0,01676537	0,00449627	0,001	0,001	0,0076729
10530/15	0,0005	0,02464645	0,01198923	0,0005	0,001	0,00439069	0,00486565	0,01272806	0,00823209	0,01767021	0,02127668	0,00207048	0,001	0,001	0,00893276
10530/16	0,0005	0,00836518	0,0073545	0,0005	0,00176441	0,00342787	0,00357694	0,01158958	0,01602224	0,01674151	0,03420712	0,00161359	0,00153188	0,00251406	0,00716253
10530/16A	0,0005	0,01246283	0,00499485	0,0005	0,00303897	0,00315833	0,00609505	0,00779176	0,01982174	0,01509865	0,02394296	0,00212954	0,001	0,00479417	0,00659883
10530/16Б	0,0005	0,00606373	0,00197862	0,0005	0,0063995	0,00441532	0,01516361	0,00327101	0,01181495	0,00657303	0,01	0,00166203	0,001	0,00208381	0,00836414
10530/17	0,0005	0,01287186	0,00294422	0,0005	0,00590649	0,00533977	0,00524923	0,0092724	0,00482455	0,01059372	0,01	0,00236483	0,001	0,00250156	0,00398754
10530/17A	0,0005	0,01343394	0,00606634	0,0005	0,00556101	0,00508933	0,00364423	0,00919407	0,00640858	0,01174943	0,01498837	0,00283034	0,001	0,0030824	0,00181236
10530/17Б	0,0005	0,01422345	0,00523942	0,0005	0,00502094	0,0044419	0,00377609	0,00950097	0,00950222	0,01232171	0,01797872	0,00208149	0,001	0,00217107	0,00576451

Таблица 5.4

## 5.4–Содержания петрогенных и малых элементов в глинистых образованиях разреза Миндигулово-2

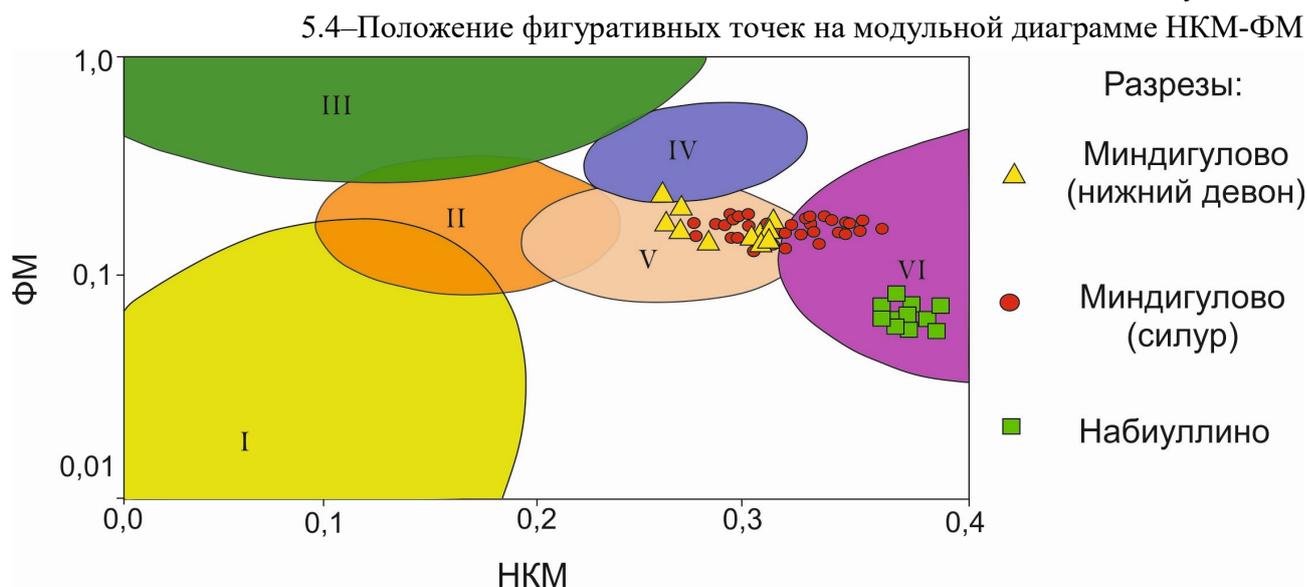
№	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3*	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5*	ппп	Сумма			
17-8-1	49,89602	0,8498935	25,07399	5,786651	0,012566	2,540075	1,328923	0,240616	7,792634	0,08182	7,245186	100,8907			
17-8-2	50,68479	0,8439835	24,49848	5,823121	0,012055	2,757419	0,795632	0,241313	7,717811	0,056226	7,380252	100,8693			
17-8-3	51,71098	0,799756	25,04312	5,471409	0,01106	2,730925	0,528662	0,186916	7,666723	0,05444	6,925234	101,1511			
17-8-4	48,92437	0,9605679	27,13418	4,321876	0,019277	2,548346	1,336576	0,1	8,269708	0,034635	7,414367	100,9759			
17-107	35,08817	1,3714311	16,45898	5,199364	0,017932	2,262676	17,36874	0,2	3,08544	0,05694	18,61726	99,72693			
17-115	40,18528	1,7869985	32,35379	6,733834	0,01136	3,104962	0,59057	0,457143	8,818253	0,061686	6,661806	100,7657			
17-116	41,47427	1,7340693	31,74314	7,828376	0,0132	2,450877	0,627889	0,440367	8,321254	0,062113	6,723844	101,4296			
17-117	41,88888	1,7055017	33,28603	5,609264	0,020016	2,435488	0,643361	0,135135	8,751547	0,038113	6,519228	101,0433			
17-10	55,45792	0,8542351	22,1102	7,222876	0,015164	3,021733	0,602052	0,1	6,260478	0,049744	5,967506	101,5725			
17-11	57,27077	0,7783934	19,72594	7,619356	0,012859	2,335219	0,357518	0,1	6,035182	0,060712	6,544183	100,8115			
17-13	50,41718	0,5366454	26,88386	4,132459	0,011329	2,716429	0,286067	0,1	8,426522	0	7,322089	100,755			
17-14	48,78013	0,5707095	26,57131	5,290595	0,012617	3,019954	0,862371	0,1	7,840427	0,043567	7,767252	100,7715			
№	Cl	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Rb	Sr	Zr	Ba	Pb	Собщ
17-8-1	90,52153	23,978287	176,9712	100,5829	18,60761	10	43,6648	67,09169	58,1879	220,9463	19,51701	92,24953	302,9516	53,05337	422,8818
17-8-2	106,0923	19,408156	227,3478	109,7202	17,99796	10	50,58366	48,59532	82,70108	210,7648	20,64297	98,91227	433,467	69,48866	581,9303
17-8-3	89,44948	19,158813	196,5007	102,5741	19,99914	10	43,94268	46,4144	86,31277	223,2427	23,04107	104,8863	364,439	49,38845	218,7306
17-8-4	34,05068	5	239,4159	126,6124	31,47622	79,71143	38,96654	60,16111	67,65111	118,5562	101,5449	360,7977	218,8207	26,4262	120,0901
17-107	162,102	9,991629	78,73	74,86463	12,14027	79,01672	18,17375	65,23879	10	84,78782	98,03011	570,581	303,3391	46,1593	100
17-115	57,76724	19,179474	205,0638	105,9242	28,05284	15,98365	40,85539	46,56255	109,9088	225,6704	36,9108	678,4398	286,7494	93,26463	100
17-116	47,44828	21,185089	210,8327	120,0237	33,60792	22,9972	48,29922	22,89459	105,278	211,19	21,25829	562,7014	518,3336	78,26196	101,5432
17-117	60,87846	18,536717	209,0112	97,48789	25,38615	10	36,079	10	110,0842	236,4707	25,65589	594,6268	676,4467	74,69061	107,2621
17-10	33,41963	7,8201663	202,8638	118,8084	35,20146	58,26415	29,9488	151,1525	65,25841	170,4841	21,65415	94,21005	399,5448	121,9808	106,3775
17-11	89,92216	7,9781677	206,4783	110,6595	27,21702	14,82293	49,67861	68,89389	73,51384	160,8233	19,99469	97,10996	408,4091	15,75018	713,2317
17-13	233,5908	11,484841	174,0395	99,73448	10	186,3379	32,51003	39,48936	115,4256	277,3839	41,63322	59,47073	373,3895	51,18311	224,5523
17-14	123,1715	15,106694	152,9504	90,89397	12,46128	100,7661	37,69292	52,9593	60,36757	243,7442	45,18466	59,55111	392,3065	56,71329	125,5483



Для определения минерального состава глинистых пород выбрана модульная диаграмма НКМ-ФМ (НКМ-модуль нормированной щелочности  $=(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ ; ФМ-фемический модуль  $=(\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{MgO})/\text{SiO}_2$ )<sup>38</sup>.

По данной диаграмме фигуративные точки разреза Набиуллино-3 расположились в поле под номером 6, что характеризует гидрослюдистую группу глин с примесью полевого шпата. Фигуративные точки силурийских отложений разреза Миндигулово-1 характеризуют поля под номерами 5 и 6. Данные образования состоят из смеси гидрослюды, хлорита и монтмориллонита, а также примеси полевого шпата (рис. 5.4). Нижнедевонские глинистые разности попадают в поле 5, что свойственно гидрослюдам с примесью хлорита и монтмориллонита.

<sup>38</sup> Маслов А.В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных. Екатеринбург: УГГУ, 2005. 289 с.



Примечание: поле I отвечает составам глинистых пород, в которых доминирует каолинит. Поле II – это породы с преобладанием монтмориллонита и подчиненным количеством каолинита и гидрослюда. В поле III на данной диаграмме попадают глинистые породы, в составе которых доминирует хлорит, а в виде примеси может присутствовать Fe-гидрослюда. Поле IV отвечает глинистым породам преимущественно гидрослюдистого состава, имеющим значительную примесь тонкозернистых обломков полевых шпатов. В поле V локализованы составы глинистых пород, состоящих из «... стандартной трехкомпонентной системы хлорит + монтмориллонит + гидрослюда»). Наконец, в поле VI преобладают гидрослюдистые глинистые породы с той или иной примесью тонкодисперсного полевого шпата.

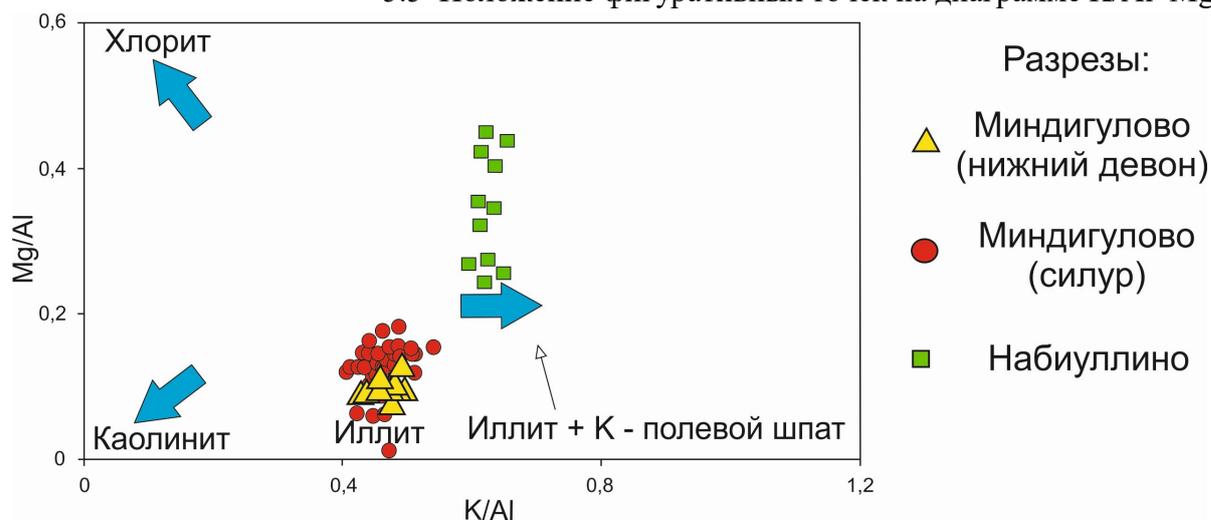
По диаграмме НКМ-ФМ, породообразующим минералом является иллит, для подтверждения использована диаграмма  $K/Al - Mg/Al$ <sup>39</sup>.

На данной диаграмме нижнедевонские и силурийские образования разреза Миндигулово характеризуют преимущественно иллитовый состав (рис. 5.5).

Фигуративные точки аргиллитов разреза Набиуллино-3 расположились в поле характеризующий иллитовый состав с примесью калиевых полевых шпатов (рис. 5.5).

<sup>39</sup> Turgeon S., Brumsack H.J. Anoxic vs dysoxic events reflected in sediment geochemistry during the Cenomanian–Turonian Boundary Event (Cretaceous) in the Umbria–Marche basin of central Italy // Chem. Geol. 2006. V. 234. P. 321–339.

5.5–Положение фигуративных точек на диаграмме K/Al–Mg/Al



Для подтверждения наличие полевых шпатов в составе аргиллитов мы использовали модуль нормированной щелочности (НКМ). Данный модуль представляет собой сумму натриевого (НМ) и калиевого модуля (КМ).

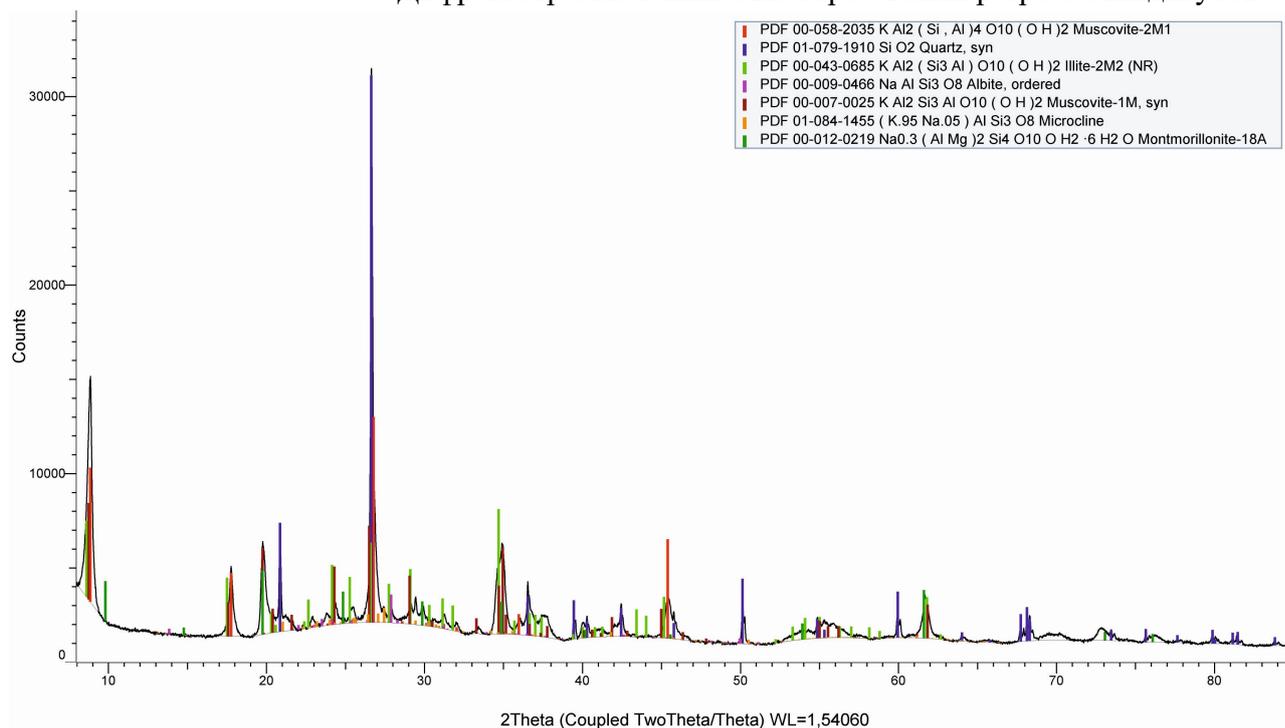
Значения модуля нормированной щелочности (НКМ) в глинистых образованиях разреза Набиуллино-3 соответствуют промежутку от 0,37 до 0,44, что указывает на присутствие калиевого полевого шпата в составе аргиллитов (рис. 5.4). При этом в 9 из 11 образцов значение больше 0,4.

В глинистых сланцах разреза Миндигулово-1 значения не превышают 0,40, но находятся в интервале от 0,3 до 0,4, что в очередной раз указывает на присутствие в составе высококалийного минерала, предположительно калиевого полевого шпата (рис. 5.4).

Нижнедевонские образования варьируют в пределах от 0,26 до 0,32. Данные значения показывают, что калиевые полевые шпаты в составе глинистых пород, скорее всего отсутствуют (рис. 5.4).

При изучении минерального состава глинистых пород одним из основных методов является рентгенофазовый анализ, который применили при определении состава изучаемых пород. По результатам основными минералами выступают мусковит (51%), иллит (26,4%), кварц (13,5%), монтмориллонит (6,1%), а в меньшей степени распространены полевые шпаты: микроклин (1,9%) и альбит (1%) (рис. 5.6).

5.6—Дифрактограмма глинистых образований разреза Миндигулово-1

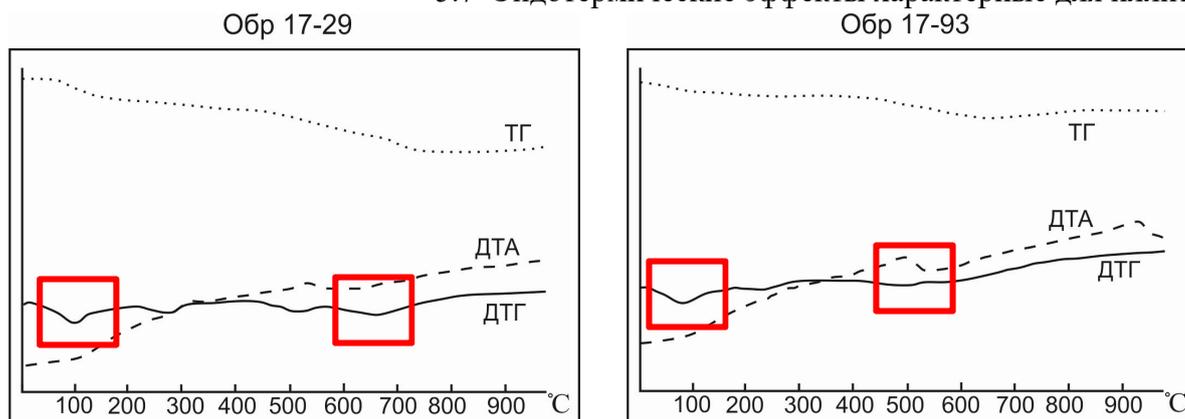


Для уточнения минерального состава был применен термический анализ. На термограммах зафиксированы два эндотермических эффекта при температурах 80°C и 600 – 670°C, что свойственно гидрослюдам.

В целом иллит характеризуются тремя эндотермическими эффектами при температурах 100-200°C, 500-700°C и 850-950°C. Первый эффект вызван выделением адсорбированной воды (частично, вероятно, межслоевой воды типа воды монтмориллонита). Он проявляется значительно слабее, чем у монтмориллонита. Второй и третий эндоэффекты связаны с выделением конституционной воды и сопровождаются аморфизацией минерала<sup>40</sup>. Но как мы наблюдаем на термограммах исследуемых пород, третий эндотермический эффект не проявлен (рис. 5.7).

<sup>40</sup> Логвиненко Н. В., Сергеева Э. И. Методы определения осадочных пород: Учебное пособие для вузов. Л.: Недра, 1986. 240 с.

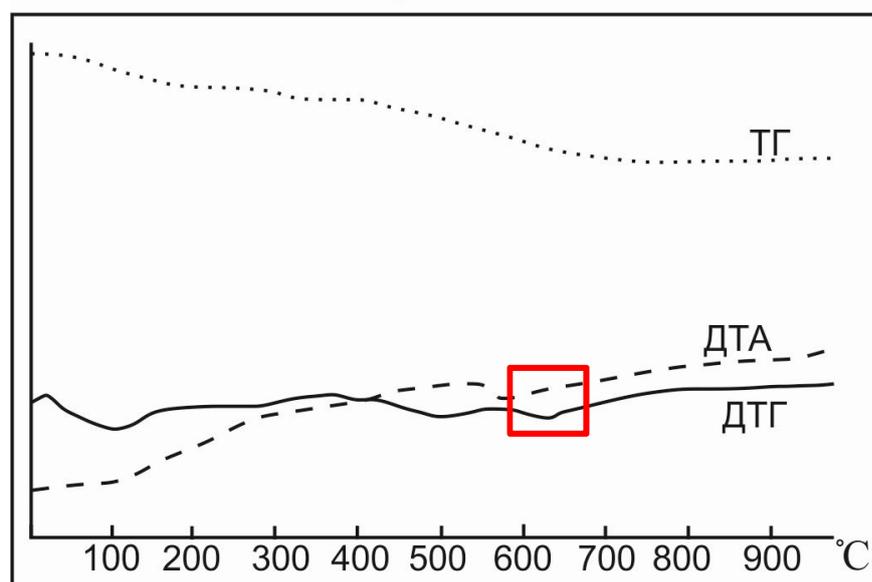
5.7—Эндотермические эффекты характерные для иллита



В семи из тринадцати исследуемых образцов выделяется железистый хлорит. Железистые хлориты характеризуются экзотермическим относительно низкотемпературным эффектом (300-500°C), переходящим в интенсивный эндотермический в области 500-650°C<sup>41</sup>. В исследуемых породах хлорит выделяется по эндотермическому эффекту в интервале температур 600-670°C (рис. 5.8). Экзотермический эффект не проявлен.

5.8—Эндотермический эффект характерный для хлорита

Обр 17-52



Зафиксирован плавный экзотермический эффект по кривой ДТА, который сильно деформирует кривые нагревания в интервале 530-560°C. Данный эффект характеризует присутствие органического вещества, встречающийся практически во всех образцах (рис. 5.9). Судя по потере веса, которая достигает

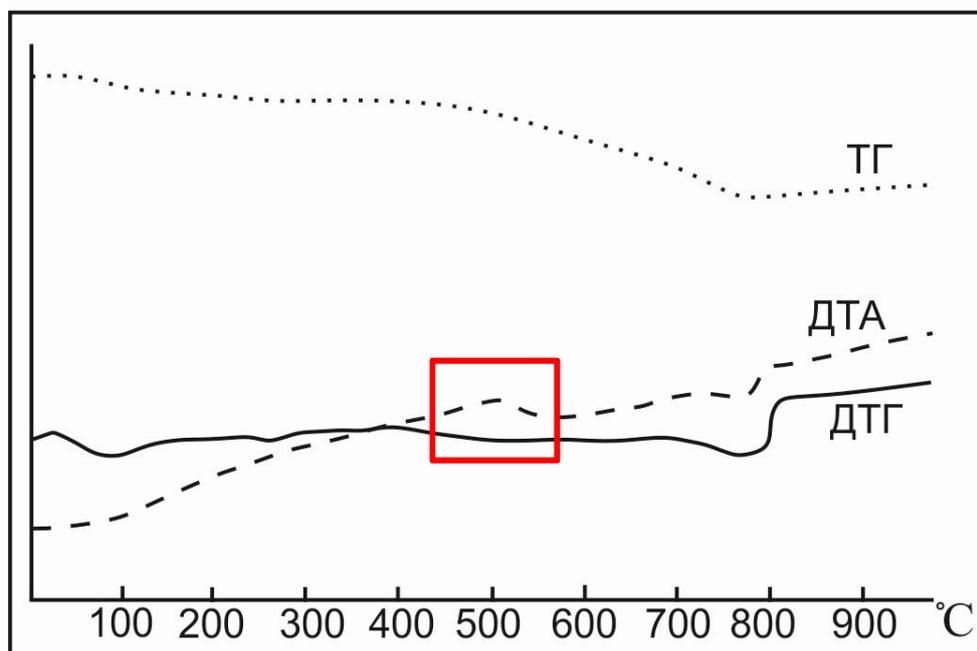
<sup>41</sup> Логвиненко Н. В., Сергеева Э. И. Методы определения осадочных пород: Учебное пособие для вузов. Л.: Недра, 1986. 240 с.

4% содержание органического вещества не высокое. При температуре 260-280°C выявлен минерал гётит в пяти образцах.

Рисунок 5.9

5.9–Экзотермический эффект органического вещества

Обр 17-66



Таким образом, в результате изучения минерального состава глинистых пород выяснено, что основным минералом является иллит и серицит. В виде второстепенных примесей присутствуют калиевые полевые шпаты, кварц, а также хлорит. Во всех образцах присутствует органическое вещество. В пяти образцах выявлен гетит, что подтверждается по макроскопическому описанию разреза, где были видны пятна и примазки гидроокислов железа. По термогравиметрическому анализу выявлен кальцит.

## 6. Обстановки и условия формирования глинистых и карбонатных пород

При определении обстановок и условий образования изучаемых отложений нами были использованы результаты геохимического анализа, а также описания петрографических шлифов. Геохимический анализ был применен для глинистых пород, петрографические шлифы для карбонатных разностей.

### 6.1 Карбонатные породы

Выводы об условиях формирования карбонатных пород сделаны на основе полевых наблюдений в геологических разрезах, а также при изучении петрографических шлифов. Шлифы исследовались на предмет структурно-генетических типов карбонатных пород. На основе изучения данных признаков выделялись литотипы, при этом была использована классификационная схема Р. Данхема<sup>42</sup> (рис. 6.1). В основе данной классификации лежат структурные признаки карбонатных пород. Основными структурными показателями при этом являются наличие форменных элементов, их соотношение с цементирующей массой и содержания матрикса.

Форменные элементы являются одними из основных составляющих карбонатных пород, которые слагают их каркас. Они представлены как скелетными (органические остатки), так и не скелетными (разного рода ооиды, обломки более древних карбонатов и др.) разновидностями. Матрикс - это литифицированный карбонатный ил микрозернистое глинисто-карбонатное или карбонатное вещество, заполняющее промежутки между зернами и пустоты в каркасе или образующее базальную массу, в которой рассеяны зерна. Цемент представляет собой то кристаллическое вещество, которое скрепляет, склеивают форменные элементы, делают каркас прочным, в том случае если отсутствует матрикс.

Петрографическое изучение карбонатных пород позволило выявить 6 литотипов: мадстоун, вакстоун, вак-пакстоун, пакстоун, флаутстоун и кристаллические разновидности.

Мадстоун представляет собой биокластический известняк сложенный микритом, где встречаются единичные обломки органических остатков. Вакстоун – мелкобиокластический известняк, который сложен микритовым матриксом, где зерна не соприкасаются друг с другом. Если увеличивается количество форменных элементов, соответственно зерна соприкасаются друг с

---

<sup>42</sup> Dunham, R.J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Classification of Carbonate Rocks (Ed. W.E. Ham), Am. Assoc. Pet. Geol. Mem., 1, 1962. pp. 108–121.

другом, то данные известняки относятся к пакстоунам. Флаутстоун – это известняк с крупными обломками фауны, где они не соприкасаются друг с другом, а как бы «плавают» в основной массе. Кристаллические разности это известняки, которые полностью подвержены вторичным изменениям, что не позволяет определить их микрофации.

Рисунок 6.1

6.1–Классификационная схема Р. Данхема

Первичные осадочные структуры могут быть установлены								Первичные структуры не могут быть установлены
Первичные компоненты не были связаны между собой в процессе осаждения		Первичные компоненты были связаны между собой в процессе осаждения		Первичные компоненты не были связаны между собой в процессе осаждения		Подразделяются по физическим показателям структурных элементов: размеру и морфологии кристаллов и т.д.		
Фирменные элементы (зерна) имеют алевроитовую и песчаную размерность (<2 мм)		Баундстоун – автохтонный известняк, первичные компоненты которого связывались организмами в процессе осаждения; остатки организмов находятся в положении роста		Более 10 % фирменных элементов имеют размер >2 мм				
Содержится илистый материал пелитовой и мелко-алевритовой размерности		Илистового материала мало		Содержится илистый материал, образующий цемент порового и базальтового типов		Илистового материала мало, зерна соприкасаются друг с другом		
Зерна не соприкасаются друг с другом и заключены в илистом материале		Зерна соприкасаются и поддерживают друг друга						
Зерен менее 10 %	Зерен более 10 %							
Мадстоун – микроили тонкозернистый	Вакстоун – микроили тонкозернистый	Пакстоун – известняк, состоящий из	Грейнстоун – известняк, состоящий из	Бафлстоун – автохтонный известняк, в котором	Байндстоун – автохтонный известняк, в котором	Фреймстоун – автохтонный известняк, в котором массивные	Флаутстоун – известняк, состоящий из фирменных элементов, в том числе	Рудстоун – известняк, состоящий из
известняк с незначительным содержанием фирменных элементов размером <2 мм	известняк с достаточным обилием (до 40–50 %) фирменных элементов размером <2 мм	фирменных элементов размером <2 мм, с тонкозернистым цементом порового и базальтового типов	фирменных элементов размером <2 мм, с яснокристаллическим (спаритовым) цементом порового и базальтового типов	первичные компоненты осадка улавливались и осаждались между стеблями организмов; последние уменьшали скорость движения воды, что служило причиной осаждения	пластинчатые и таблитчатые организмы покрывали, инкрустрировали и тем самым связывали первичные компоненты осадка; остатки организмов могут составлять не более 15 % объема породы	формы ископаемых организмов образуют во время осадконакопления прочный трехмерный остов. Следовательно, остатки организмов образуют опорный каркас, промежутки которого могут заполняться карбонатным материалом иной структуры	гравийной (рудитовой) размерности, с микротонкозернистым цементом порового и базальтового типов	фирменных элементов, в том числе гравийной (рудитовой) размерности, с яснокристаллическим (спаритовым) цементом порового типа

Для определения обстановок карбонатного накопления была применена идеализированная схема Дж. Уилсона<sup>43</sup>. Всего в данной схеме выделяется

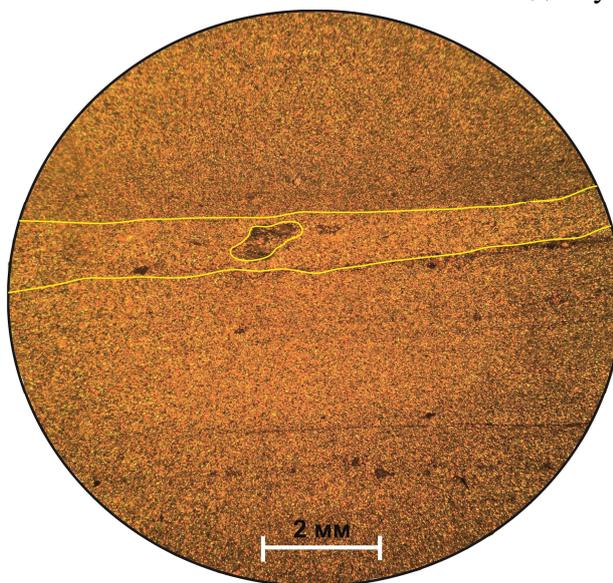
<sup>43</sup> Уилсон Дж.Л. Карбонатные фации в геологической истории. М.: Недра, 1980. 464 с.



В шлифах данный литотип представлен пелитоморфными известняками с немногочисленными форменными элементами (меньше 10% от площади шлифа). Форменные элементы представлены члениками криноидей. Они имеют округлую, сплюсненную форму, с внутренним осевым каналом. В породе распределены не равномерно (рис. 6.4). По размерности колеблются от 0,15 мм до 0,8 мм.

Рисунок 6.4

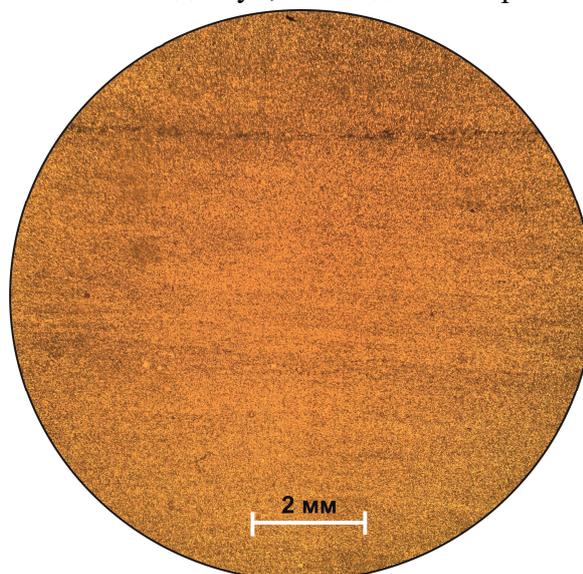
6.4–Литотип мадстоун с фауной криноидей



Из не карбонатных примесей присутствуют зерна кварцевого материала алевритовой размерности. Наблюдается параллельная микрослоистость, которую создают глинистые составляющие (рис. 6.5). Между микро слойками распространены кристаллы доломита, мутные, ромбовидные.

Рисунок 6.5

6.5–Литотип мадстоун, наблюдается параллельная микрослоистость



Наблюдаются микростилолитовые швы, вдоль которых распространены скопления темного углисто-глинистого вещества и новообразования ромбоэдров доломита. Пространство между разветвляющимся микростилолитовыми швами выполнено тонкозернистым доломитом.

По стандартным фаціальным поясам Джеймса Уилсона литотип мадстоун относится к бассейновым фациям, это фации некомпенсированной или заполненной впадины. Глубины осадконакопления находились в пределах от 50 до 150 м. Эти глубины не позволяют нормальному образованию карбонатов, поэтому осадкообразование в большей степени зависело от привносимого глинистого материала и осаждающего отмершего планктона.

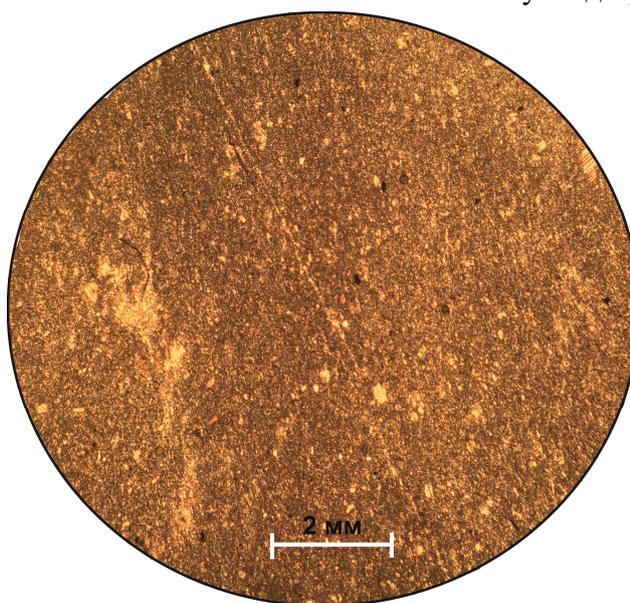
Литотип 2. Вакстоун (образец 0406).

Макроскопическое описание: известняк темно-серый, мелкокристаллический, массивный, наблюдается фауна округлой формы.

Микроскопическое описание: по классификации Р. Данхема, данный известняк относится к вакстоуну (рис. 6.6). Присутствует органично-детритовый материал, размером меньше 2 мм, зерна не соприкасаются друг с другом. Среди определяемых органических остатков присутствуют брахиоподы с крестообразным погасанием и криноидеи округлой формы с внутренним осевым каналом. Матрикс представлен микритом. Увеличивается количество терригенного материала, по сравнению с предыдущим литотипом, который представлен кварцевым алевритом. Зерна кварца плохо окатаны. По стилолитовым швам распространена перекристаллизация. Наблюдается редкое проявление доломитизации.

Рисунок 6.6

6.6–Литотип вакстоун с детритовым материалом



На фациальном поясе Дж. Уилсона данные образования относятся к шельфовым фациям (глубоководная андатама). Глубины достигают десятков метров. Воды в основном хорошо насыщены кислородом, имеют нормальную морскую соленость. Действия волн для данных осадков распространяется, но в исключительных случаях.

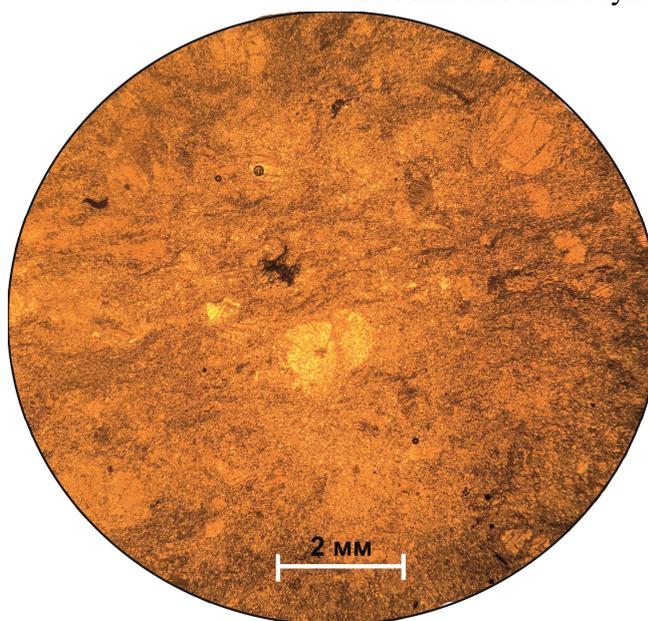
Литотип 3. Вак-пакстоун (образцы 0407, 0408, 0410, 0411).

Известняки характеризуются светло-серой окраской. Они разнокристаллические, массивные, видны прожилки кальцита.

По классификации Р. Данхема данные образцы относятся к вак-пакстоуну (рис. 6.7). Из органических остатков наблюдаются сплюснутые криноидеи, с внутренним осевым каналом, а также створки брахиопод. Криноидеи по размерности колеблются от 0,3 мм до 2,4 мм. Есть как целые, так и обломанные разновидности. Некоторые криноидеи замещены кварцем. Основная масса представлена микро-тонкозернистым матриксом.

Рисунок 6.7

6.7–Литотип вак-пакстоун с фауной криноидей



На фациальном поясе Дж. Уилсона данный литотип относится к склоновой части (фациальные пояса №3,4). Характерные признаки литотипа вак-пакстоун для отнесения к данным фациальным поясам являются:

1. Цвет от темного до светлого.
2. Тонкозернистый известняк.
3. Биокластический вакстоун – пакстоун, обломки пород разного размера.
4. Склоновая слоистость. В генетическом отношении волнистые микротекстуры к волновым процессам на мелководье.

5. Некоторое количество глин, алевроиты.

6. Биокластический детрит.

Таким образом, в течение силурийского периода происходит постепенное обмеление бассейна седиментации.

В раннем силуре карбонатообразование шло в более глубоководных условиях, где формировались темно-серые пелитоморфные известняки – мадстоун (литотип 1). Они относятся к бассейновым фациям. Формирование в большей степени контролировалось поступлением пелитового материала, которые создавали параллельную микрослоистость. Фауна поступала в виде отмершего планктона.

В последующем происходит смена фациальных обстановок, осадкообразование осуществляется в погруженной окраине шельфа, где формируются вакстоуны (литотип 2). Со склоновой части поступает органогенно-детритовый материал. Фауна представлена криноидеями, брахиоподами и обломками различного органогенного материала.

В позднесилурийский этап глубины осадкообразования уменьшаются, преимущественно формируются криноидные известняки. Наблюдается волнистая, линзовидная микрослоистость, что является признаком мелководья.

### 6.1.2 Разрез Миндигулово-2

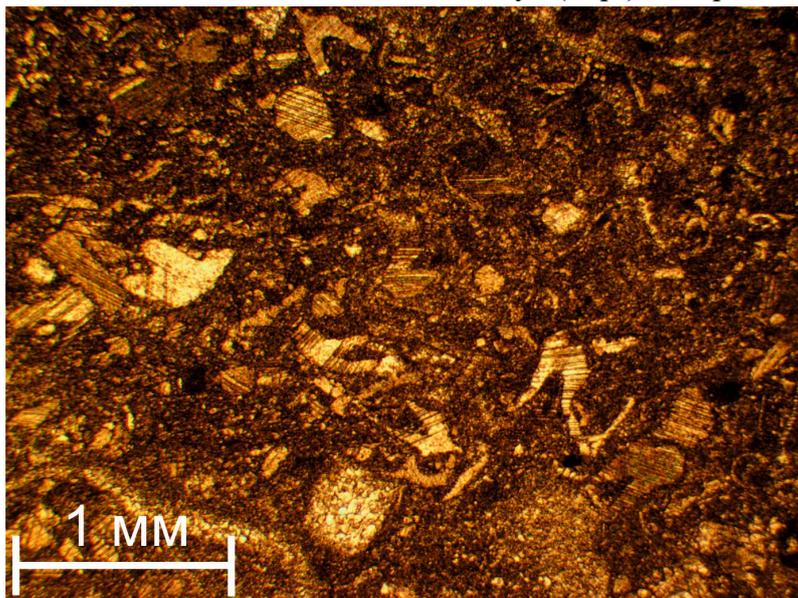
К данному разрезу относятся два обнажения (обнажение №2 и №8), которые представлены карбонатными разностями лохковского и пражского ярусов.

Литотип 1. Вакстоун (образцы: 02735, 02463, 02472, 02467).

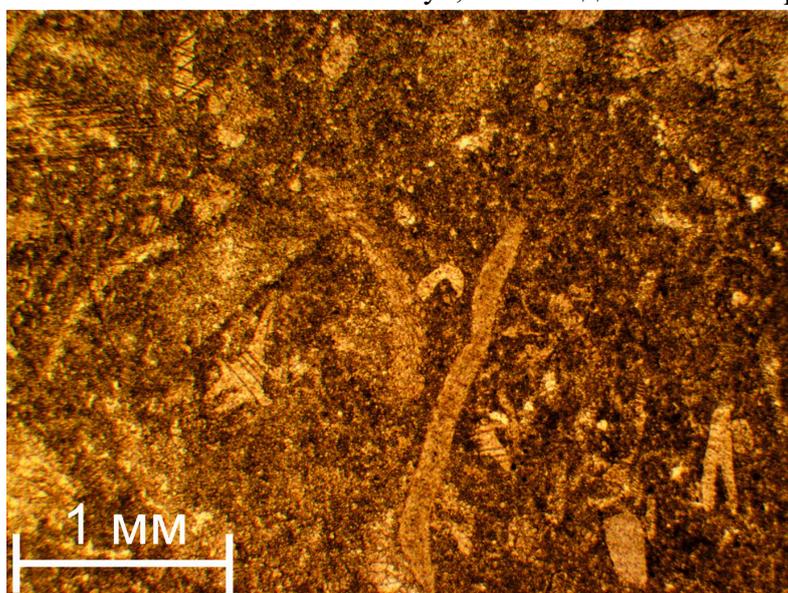
Фауна представлена в виде не определимого детритового материала (по площади шлифа занимают около 60-70%) и члеников криноидей с внутренним осевым каналом (рис. 6.8). Криноидеи имеют размеры 0,6x0,7 мм. Присутствуют створки брахиопод и их разновидности, имеющие округлую форму с крестообразным погасанием.

Матрикс представлен микритом, в котором заключен разнообразный детритовый материал.

Проявлены вторичные изменения окварцевание и доломитизация.

6.8–Литотип вакстоун ( $D_{1pr}$ ) с детритовым материалом

Образец 02467 – трилобиты имеют волнистые ленточные фигуры, напоминают петлю от крючка (рис. 6.9). При скрещенных николях во время вращения столика пробегает волна затухания, что характерно для данных образований. Также присутствуют множество различного детритового материала.

6.9–Литотип вакстоун, лентовидное сечение трилобита ( $D_{1pr}$ )

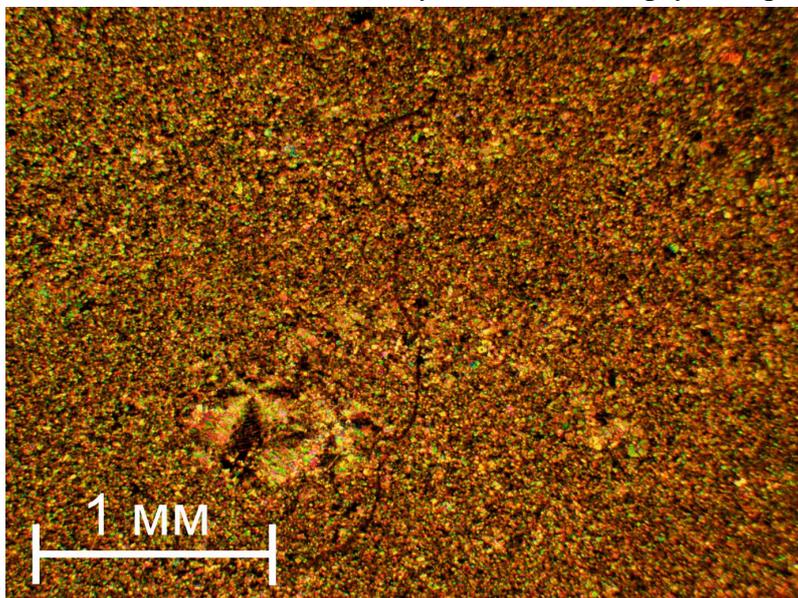
Литотип 2. Мадстоун (образцы: 02729, 02738).

Данные образцы представлены немногочисленным органическим материалом в виде криноидей (?), а также встречаются брахиоподы с характерным крестообразным погасанием (рис. 6.10). Основная масса сложена

микро- тонкокристаллическим кальцитом. Наблюдаются новообразования доломитов, имеющие ромбические формы кристаллов выделяются в периферийной части засчёт пылеватых включений. Также проявлена перекристаллизация.

Рисунок 6.10

6.10–Литотип мадстоун с единичной фауной брахиоподы (D<sub>1</sub>lh)



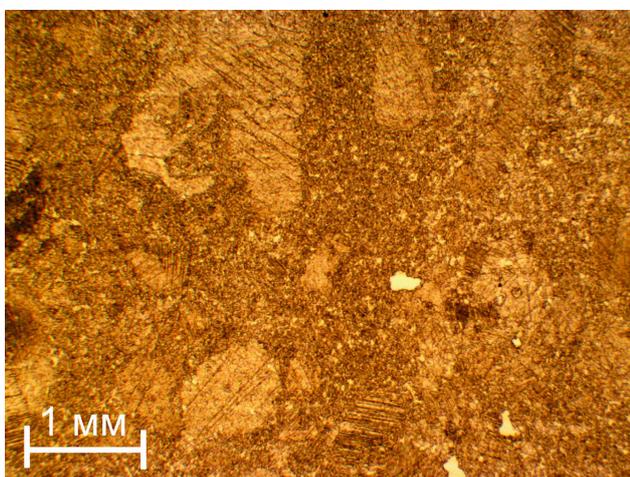
Литотип 3. Пакстоун (образцы: 02724, 02732).

Породы сложены крупными (более 2 мм) форменными элементами – члениками криноидей и литокластами (?). Матрикс микрокристаллический. Образец очень пористый (рис. 6.11). Наблюдаются вторичная примесь битума (?) или глинистой мути (?).

В образце 02732 вокруг криноидей наблюдаются крупные кристаллы кальцита, напоминающие каемки инкрустации. Образец сильно перекристаллизован. Наблюдаются новообразования кристаллов доломита.

Рисунок 6.11

6.11–Литотип пакстоун (D<sub>1</sub>lh)



Литотип 4. Вак-пакстоун (образцы: 02722, 02723, 02725, 02727, 02730, 02733, 02734, 02739, 02473, 02474, 02465, 02467).

Фауна представлена члениками криноидей, имеющими размеры от 0,11 мм до 2 мм. Членики криноидей плохо сохранены, имеют округлые, овальные, эллипсовидные формы. Наблюдается их реликты. Также встречаются створки брахиопод и обломки иных органических остатков. В шлифах обнажения №2 наблюдается фауна трилобита и реликт остракоды (рис. 6.12).

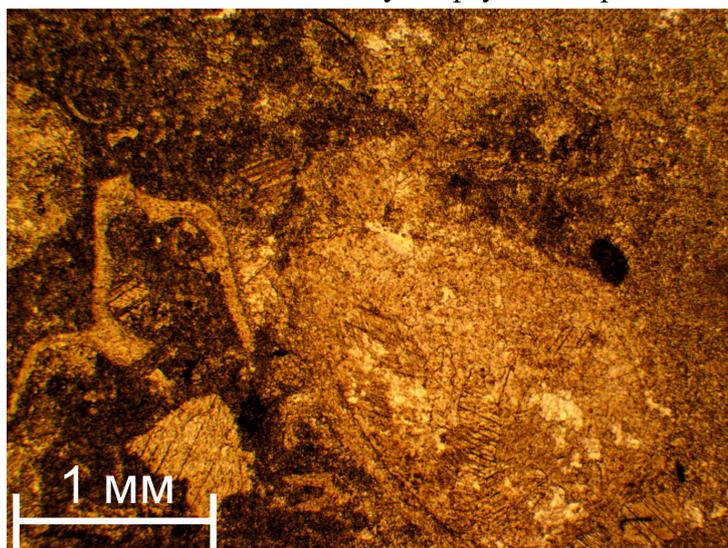
Основная масса представлена микро-, тонкокристаллическим матриксом.

Терригенная примесь отсутствует, но в некоторых образцах наблюдается примесь вторичного кварца.

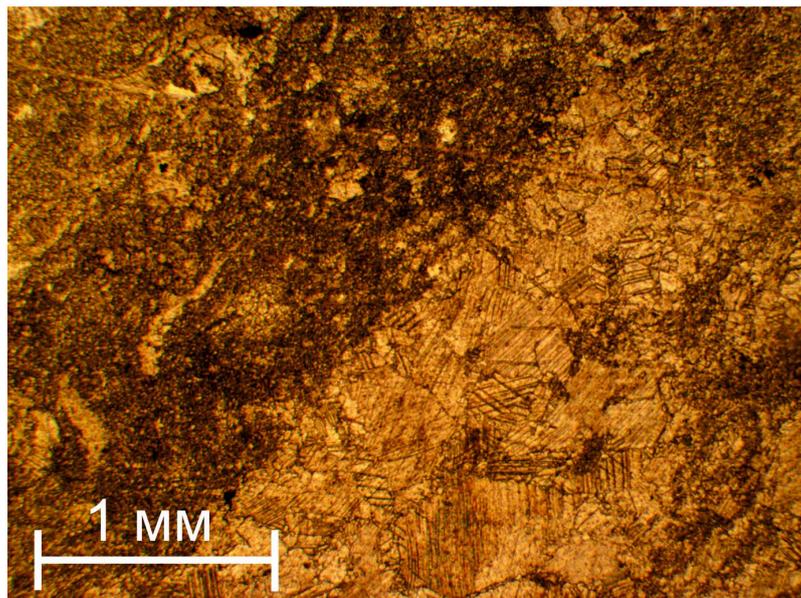
Присутствуют ромбические, мутные кристаллы доломита, которые распространены неравномерно. Наблюдаются микростилолитовые швы, вдоль которых происходит нарастание яснокристаллического кальцита. Образцы сильно перекристаллизованы.

Рисунок 6.12

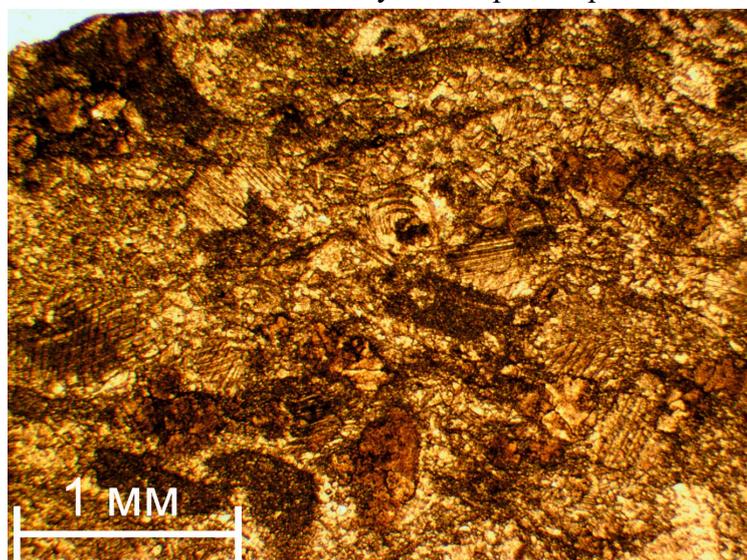
6.12–Литотип вак-пакстоун с фауной отеракоды и криноидеи (D<sub>1</sub>gr)



Образец 02734. В центральной части шлифа сконцентрированы членики криноидей. Контуры между ними сцементированы. Периферийная часть шлифа сложена из микро-, тонкокристаллического кальцита. Фауна криноидей наблюдается реже. Из терригенной примеси присутствует кварцевый материал в виде 2 мелких зерен кварца, размером меньше 0,15 мм. Видимо данный образец формировался при активном гидродинамическом режиме (рис. 6.13).

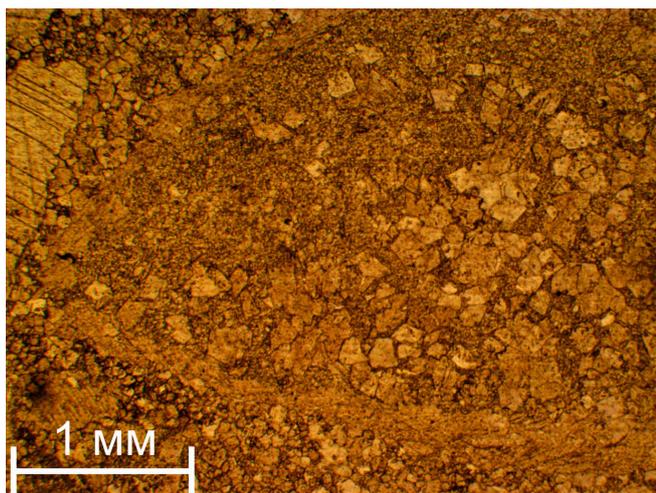


Образец 02739. Данный образец сильно подвержен вторичным изменениям. Встречаются реликты члеников криноидей. Внимание обращает на себя микритизированные сгустки (рис. 6.14). Примечательно то, что они распространены в верхней части, в нижней части шлифа отсутствуют. Видимо происходит смена обстановок седиментации.



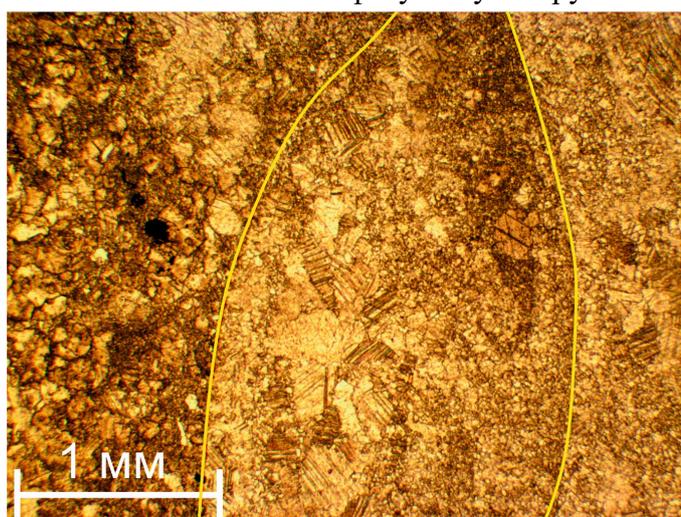
Литотип 5. Пак-флаутстоун (образцы: 02733н, 02736, 02443, 02444, 02452).

Крупнобиокластовый известняк. Форменные элементы представлены литокластами (?) и биокластами (рис. 6.15).



В свою очередь биокласты представлены члениками криноидей размером 0,9-1,3 мм, створоками брахиопод около 2 мм. Обнаружен обломок крупной фауны размером больше 2 мм (рис. 6.16). Цемент как спаритовый, так и микрокристаллический.

Вторичные изменения проявлены в виде процессов окварцевания. В образцах обнажения №8 наблюдаются 5 зерен кварцевого материала размером 0,15 мм. Зерна плохо окатанные. В шлифе распространены не равномерно, «кусками». Наблюдаются новообразования ромбических кристаллов доломита. Образец сильно перекристаллизован, что затушевывает некоторые особенности.

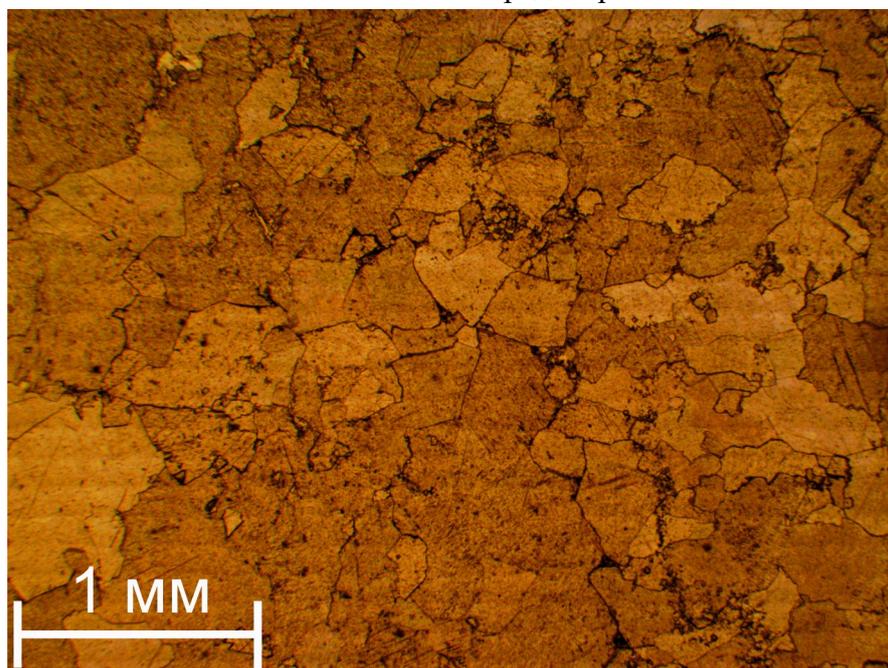


Литотип 6. Кристаллические разности (образцы: 02731, 02739, 02741, 02476, 02438, 02462).

Данные образцы сильно подвержены вторичным изменениям (рис. 6.17), что не позволяет определить микрофациальные особенности.

Рисунок 6.17

6.17–Среднекристаллический известняк (D<sub>1</sub>рг)



Проведенные полевые работы и петрографические исследования нижнедевонских отложений в районе изучения с привлечением опубликованных данных по западному склону Южного Урала<sup>44</sup>, позволяют предположить, что карбонатообразование происходило в зоне шельфа в глубинах от 20 м до 80 м.

По литературным данным<sup>45</sup> в районе изучения нижнедевонские образования распространены в большей степени в виде рифогенных разностей, но встречается и не рифогенные образования. Не ясно, в какое время накопление «нормальных» известняков сменилось рифообразованием.

По полученным данным в лоховский век образование карбонатов происходило в зоне иловой впадины. Здесь формировались литотипы мадстоун, вакстоун и пакстоун (обнажение №8). Течения были не сильными, что позволяло накоплению микритовой основной массы. Фауна представлена морскими разновидностями: криноидеями, брахиоподами и конодонтами. В склоновой части образовывался литотип флаутстоун (обнажение 2). Для которого характерна крупная фауна, размером более 2 мм.

<sup>44</sup> Краузе С.Н., Маслов В.А. Ордовик, силур и нижний девон Западного склона Башкирского Урала. Уфа: Изд-во БФАН СССР, 1961. 94 с.

<sup>45</sup> Краузе С.Н., Маслов В.А. Ордовик, силур и нижний девон Западного склона Башкирского Урала. Уфа: Изд-во БФАН СССР, 1961. 94 с.

В пражский век происходит образование рифовой постройки, на что косвенно указывает образец 02732, где наблюдались предположительно инкрустационные каемки. Основная часть карбонатных пород образовалась в за рифовой зоне, где формировался литотип вакстоун. Происходил снос детритового материала в виде обломков различной фауны в иловую впадину. Также в образце 02739 появляются микритизированные сгустки, формирование которых в основном происходит в зоне отмели.

## 6.2 Глинистые сланцы и песчанистые аргиллиты

При определении условий и обстановок образования глинистых пород были рассмотрены палеоклиматические, палеогеодинамические обстановки, состав пород на палеоводосборах и окислительно-восстановительные условия.

### 6.2.1 Палеоклиматические обстановки

При определении палеоклиматических обстановок главную роль играет степень выветривания в области размыва, так как от этого зависит преобразование горной породы. Сам процесс выветривания верхней коры можно разделить на три стадии:

1. Ранняя стадия (слабая степень выветривания), доминируют первичные минералы и образуются минералы, обладающие высокой способностью к катионному обмену, например иллит, хлорит, вермикулит и др.
2. Промежуточная стадия (умеренная степень выветривания) – доминируют глины, состоящие из сложных глинистых минералов, в основном смектит, в меньшей степени иллит.
3. Поздняя стадия (интенсивное выветривание) преобладают такие минералы, как каолинит, гиббсит, кварц, оксиды железа, способность к ионному обмену в этом случае невелика<sup>46</sup>.

При установлении выветривания на палеоводосборах используются ряд химических индексов CIA, CIW и ICV<sup>47</sup>, а также петрохимические модули и диаграммы.

Индекс химического выветривания CIA был предложен в 1984 году Несбитом и Янгом<sup>48</sup>, используется как показатель климата в области размыва. Невыветрелые породы имеют значения до 50, а для сильно выветрелых пород характерно значение до 100. Для осадочных отложений которые формируются в гумидных обстановках характерен вынос из полевых шпатов Ca, Na и K, что ведет к увеличению соотношения Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и щелочей в продуктах выветривания. В аридных и гляциальных обстановках в области аккумуляции поступает тонкозернистый слабо переработанный материал представленный в основном глинистыми минералами с меньшим содержанием Al и значительным количеством неизмененных или слабо измененных полевых шпатов.

<sup>46</sup> Тейлор С.Р., МакЛеннан С.М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.

<sup>47</sup> Harnois L. The CIW index: a new chemical index of weathering // Sed. Geol. 1988. V. 55. № 3-4. P. 319-322.

<sup>48</sup> Nesbitt H. W, Young G.M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites // Nature. 1982. V. 299. P. 715-717.

Соответственно при гумидных обстановках значения CIA выше, а при аридных или гляциальных обстановках меньше. Переходные отложения сформировавшиеся в обстановках теплого и холодного климата характеризуются значением равное 70<sup>49</sup>. Индекс CIA рассчитывается по молекулярным количествам петрогенных окислов:  $CIA=100 \cdot Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)$ .

Значения CIA близки друг к другу, меняется от 68 до 75 (рис. 6.18). Данный интервал характеризует то, что в бассейн седиментации поступал умеренно выветрелый материал. Также индекс CIA используется при определении палеоклимата. Значения CIA указывают на переходной тип климата, ближе к гумидному. Подтверждением служит отношение оксидов  $Al_2O_3/TiO_2$ , являющийся показателем климата в области сноса. Породы сформировавшиеся в гумидных климатических обстановках имеют значение меньше 20, а для аридных обстановок характерно значение больше 30<sup>50</sup>. Исследуемые глинистые образования находятся между значениями 20 и 30, но ближе к величине 20 и не превышает 25, что показывает также переходной тип климата, ближе к гумидному.

Рисунок 6.18

6.18–Вариации значений CIA в глинистых породах



Для доказательства степени выветривания были применены дополнительные модули и диаграммы.

Диаграмма трендов выветривания или диаграмма A-CN-K Г. Несбита и Г. Янга<sup>51,52</sup> – применяется при анализе процессов выветривания на палеоводосборах. Данная диаграмма позволяет проследить направленность выветривания породы. Ранняя стадия выветривания фиксируется при движении фигуративных точек от начальной точки (средний гранит) к прямой Al–K. Если

<sup>49</sup> Интерпретация геохимических данных / Под ред. Е.В. Склярова. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. Т. 1.288 с.

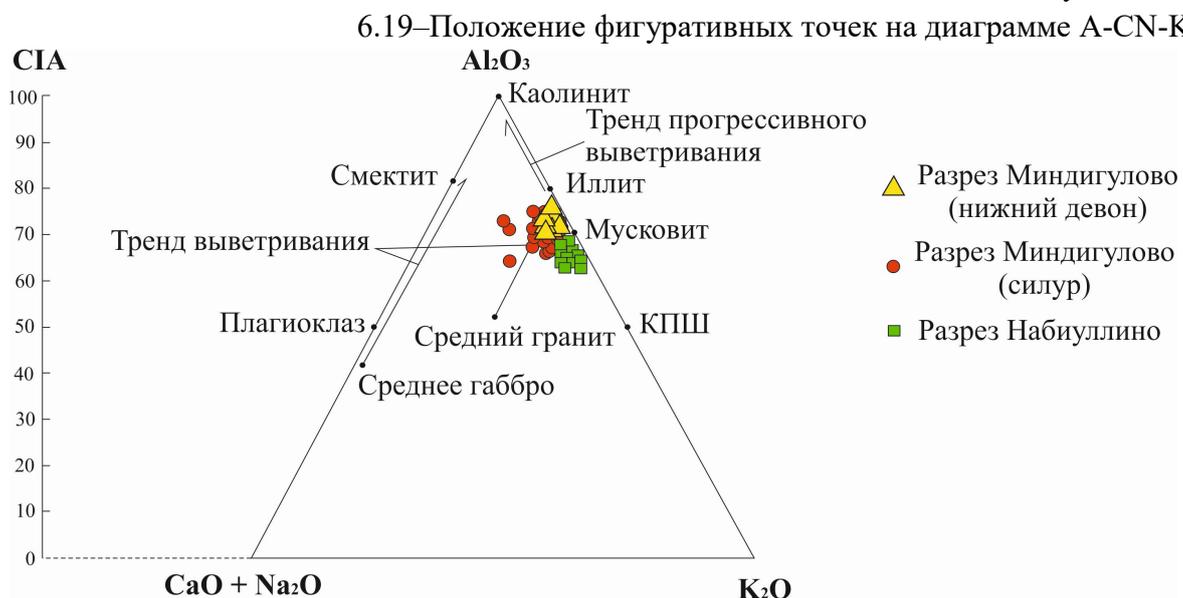
<sup>50</sup> Маслов А. В., Крупенин М. Т., Гареев Э. З. Литологические, литохимические и геохимические индикаторы палеоклимата (на примере рифея Южного Урала) // Литология и полезные ископаемые. 2003а. №5 С. 427 – 446.

<sup>51</sup> Nesbitt H. W, Young G.M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites // Nature. 1982. V. 299. P. 715-717.

<sup>52</sup> Fedo С.М., Nesbitt H. W., Young G.M. Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance // Geology. 1995. V. 23. P. 921-924.

фигуративные точки расположились на стороне Al–K и примыкают к углу  $Al_2O_3$ , то происходило интенсивное выветривание. При смещении фигуративных точек вниз в сторону  $K_2O$ , они подвергались K-метасоматозу<sup>53</sup>. Фигуративные точки глинистых пород расположились между иллитом и мусковитом, примыкают они к прямой Al–K (рис 6.19). Соответственно это говорит об умеренной или средней степени выветривания.

Рисунок 6.19



При определении выветривания также применяют гидролизатный модуль ( $GM=(Al_2O_3+TiO_2+Fe_2O_3+FeO+MnO)/SiO_2$ ). Он используется при разделении пород, содержащих продукты гидролиза от пород, в которых преобладает кремнезем. Чем выше значение ГМ, тем более сильное выветривание испытывали породы источника сноса<sup>54</sup>.

По ГМ фигуративные точки состава пород разреза Набиуллино-3 попадают в поля для силитов, которым характерны значения от 0,1 до 0,3 (рис. 6.20). Низкие значения ГМ связаны с преобладанием кварцевого материала.

По величине ГМ силурийские отложения разреза Миндигулово-1 соответствуют сиаллитам (значения варьируют от 0,45 до 0,56) (рис. 6.20). При макроскопическом описании разреза были видны примазки гидроокислов железа, которые повышают значения ГМ. Учитывая данный факт, глинистые сланцы разреза Миндигулово-1 по гидролизатному модулю образовались при умеренной степени выветривания.

<sup>53</sup> Маслов А.В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных. Екатеринбург: УГГУ, 2005. 289 с.

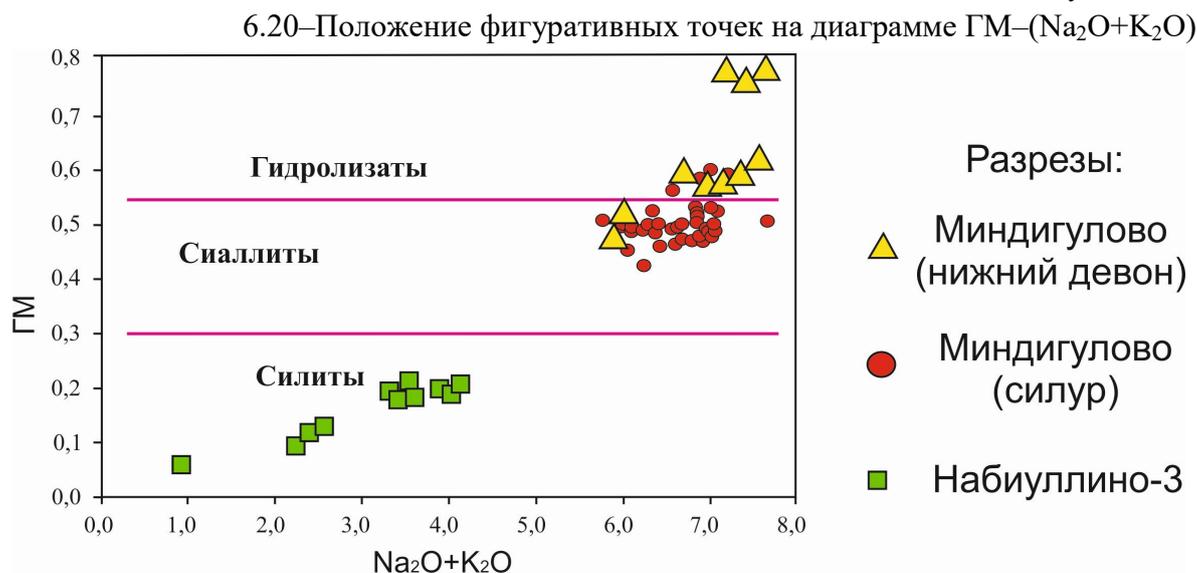
<sup>54</sup> Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.

Фигуративные точки состава пород разреза Миндигулово-2 образовали три кластера, два из которых относятся к сиаллитам, а один – к гидролизатам (рис. 6.20). Причиной высоких значений ГМ в нижнедевонских образцах является меньшее содержание кварца.

Группы сиаллиты и силиты формировались при умеренной или средней степени выветривания в области размыва.

Таким образом, в силурийский период в бассейн седиментации поступал умеренно выветрелый материал.

Рисунок 6.20



### 6.2.2 Состав пород в области размыва

При решении вопроса о составе пород в области размыва применялось отношение оксидов K<sub>2</sub>O/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, который может рассматриваться как индикатор первичного состава глинистых пород. Для глин значение отношения составляет меньше 0,3, а в полевых шпатах изменяется от 0,3 до 0,9<sup>55</sup>. Так, если значение составило больше 0,3, то можно предполагать что формирование происходило за счёт привноса петрогенного (first-cycle) материала<sup>56</sup>.

Значения отношения оксидов K<sub>2</sub>O/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в образцах разреза Набиуллино-3 варьируют от 0,39 до 0,4. Данный интервал характеризует полевые шпаты. Значения отношения оксидов в глинистых сланцах разреза Миндигулово-1 варьирует от 0,27 до 0,35, что характеризуется как переход от глин к полевым шпатам. В нижнедевонских образцах значение варьирует 0,26 до 0,31, соответственно больше глинистой составляющей.

<sup>55</sup> Cox R., Lowe D.R., Cullers R.L. The influence of sediment recycling and basement composition on evolution of mudrock chemistry in southwestern United States // *Geochim. Cosmochim. Acta.* 1995. V. 59. P. 2919-2940.

<sup>56</sup> Маслов А.В. и др. РЗЭ, Cr, Th, Sc в глинистых сланцах типового разреза рифея как показатели состава и эволюции источников сноса. *Литосфера*, 2004. №1. С. 70-112.

Характер принадлежности пород к определенным типам указывают корреляции геохимических модулей. Так, отсутствие корреляции НКМ с ГМ указывают на принадлежность к породам типа second cycle, а отрицательная корреляция данных модулей на породы типа first cycle. В изучаемых глинистых образованиях корреляции геохимических модулей НКМ с ГМ отсутствуют, также не наблюдается корреляции титанового и железного модуля, что соответственно указывают на литогенные типы пород.

В изучаемых образцах содержание MgO не превышает больше 3%, что указывает на отсутствие в составе глинистых пород «пирогенного» материала<sup>57</sup> основного состава.

Исходя из данных диаграмм выяснено, что материнскими породами были литогенные отложения типа second cycle, в составе которых присутствовали калиевые полевые шпаты, а также кварцевый материал. Таким образом, возможно материнскими породами были аркозовые песчаники.

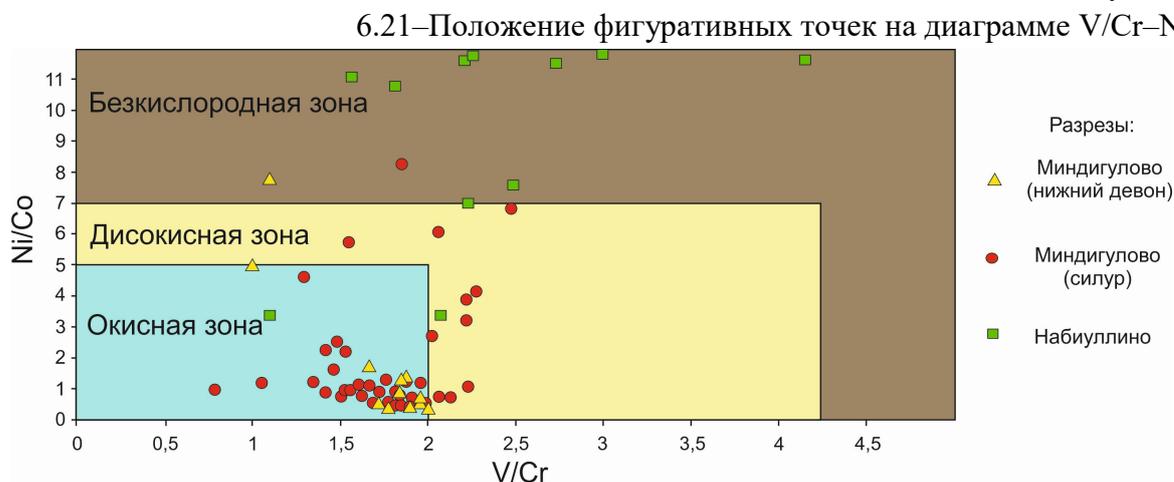
### 6.2.3 Окислительно-восстановительные условия

Для определения окислительно-восстановительных условий в придонной части бассейна седиментации применялись индикаторы: V/Cr и Ni/Co.

Если отношение V/Cr меньше 2, то для осадков характерны окислительные условия. Тогда как при значении 2-4,25 и больше 4,25 можно предполагать, что осадконакопление происходило, соответственно, в диокисных и субокисно-аноксических условиях.

Значение отношения Ni/Co меньше 5 указывает на формирование осадков в окислительных обстановках. При значении Ni/Co 5-7 можно предполагать, что накопление отложений происходило в диокисных условиях, а при Ni/Co больше 7 в аноксических.

Рисунок 6.21



<sup>57</sup> Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.

По величинам V/Cr и Ni/Co глинистые образования разреза Набиуллино-3 формировались при восстановительных условиях (рис. 6.21). По всей видимости, данные условия связаны с хирнантскими событиями, которые произошли на рубеже силура и ордовика. Результаты геохимических анализов подтверждают ранее сделанные выводы о том, что глинистые отложения набиуллинской свиты, образовывалась в лландоверийский век на трансгрессивном этапе, где установились региональные анаэробные условия осадконакопления<sup>58</sup>.

В силурийских и нижнедевонских образованиях разреза Миндигулово значение отношение V/Cr составляет меньше 2, Ni/Co имеет значения меньше 5, что доказывает окислительные обстановки (рис. 6.21).

Таким образом, по полученным данным<sup>59</sup> предположительно материнскими породами, являлись аркозовые песчаники Башкирского антиклинория, зильмердакская или айская свиты. В бассейн седиментации поступал умеренно выветрелый материал, в результате чего образовались отложения гидрослюдистого состава. Они относятся ко 2-му или последующему циклу седиментации. Осадконакопление происходило на пассивной континентальной окраине.

Полученные данные согласуются с литературными материалами. Так, формирование набиуллинской свиты происходило в мелководно-морских условиях при интенсивном размыве находившейся на западе островной суши (современный Башкирский антиклинорий)<sup>60</sup>. К концу ордовикского этапа происходит изменение обстановок осадконакопления в сторону обмеления<sup>61</sup>. Глинистые сланцы силура формировались в условиях нормального морского бассейна на глубинах, несколько превышающих 100 м. Источник терригенного материала находился к западу от силурийского бассейна.

---

<sup>58</sup> Мавринская Т.М. Корреляция ордовикских и силурийских отложений Южного Урала // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий: материалы VII Межрегиональной научно-практической конференции. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2008. С. 135 – 137.

<sup>59</sup> Валитов Ш.К. Литохимия силурийских сланцев разреза Миндигулово (Южный Урал) // Геосфера. 2018. Вып. 11. С. 25 – 26.

<sup>60</sup> Краузе С.Н., Маслов В.А. Ордовик, силур и нижний девон Западного склона Башкирского Урала. Уфа: Изд-во БФАН СССР, 1961. 94 с.

<sup>61</sup> Мавринская Т.М. Фациальные и биофациальные особенности ордовикских и силурийских отложений Западнозилаирской зоны Зилаирского мегасинклинория (Южный Урал) // Материалы 5-го Всероссийского литологического совещания (Екатеринбург, 14-16 октября 2008 г.). Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2008. Т. 2. С. 3 – 5.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований глинистых сланцев и известняков верхнеордовикско-нижнедевонской последовательности центральной части Западно-Зилаирской зоны (разрезы Набиуллино-3, Миндигулово-1, Миндигулово-2) были получены следующие результаты.

1. Минералогический состав глинистых сланцев был установлен посредством описания петрографических шлифов, анализа соотношения породообразующих элементов и данных термогравиметрического анализа. Породообразующими минералами являются гидрослюды и серицит. В качестве второстепенных минералов выступают хлорит, равномерно распределенный среди серицит-гидрослюдистой массы, кварц и калиевые полевые шпаты, слагающие редко встречающиеся зерна алевритовой размерности. Органическое вещество содержится в незначительном количестве (потеря веса при нагревании до 4 %) практически во всех образцах. В единичных пробах выявлена примесь гётита и кальцита.

2. Обломочные отложения пограничного ордовикско-силурийского интервала разреза Набиуллино-3 отличаются повышенным содержанием алевритового и псаммитового материала. Силурийские и нижнедевонские глинистые сланцы разрезов Миндигулово-1 и Миндигулово-2 содержат алевритовый материал в виде незначительной примеси. Их состав гранулометрический и геохимический не испытывает существенного изменения по разрезу, что указывает на стабильные обстановки в источнике сноса и области седиментации. Различия гранулометрического состава пограничных ордовикско-силурийских и вышележащих отложений, по всей видимости, обусловлены разными гидродинамическими и фациальными условиями.

3. Величины химического индекса выветривания (CIA), гидролизатного модуля (ГМ) и положение фигуративных точек состава глинистых сланцев свойственны отложениям, мобилизация которых протекала при умеренной интенсивности процессов выветривания. Соотношение породообразующих элементов ( $K_2O/Al_2O_3$ , НКМ, ГМ, ТМ, ЖМ) позволяет предполагать, что в источнике сноса разрушению подвергались породы, состоящие из полевого шпата и кварца, вероятно, аркозовые песчаники Башкирского антиклинория.

4. Судя по соотношению индикаторных отношений Ni/Co и V/Cr, седиментация на рубеже ордовикского и силурийского периодов протекала в аноксических условиях, которые в силурийское время сменились на окислительные.

5. В силурийский период формирование известняков имело подчиненное значение. Микрофациальный анализ позволил сделать вывод о седиментации карбонатов в обстановках глубокого шельфа. Накопление нижнедевонских известняков протекало в пределах мелководного шельфа.

Таким образом, поставленные задачи решены, а цель достигнута.

Рекомендации для дальнейшего изучения могут быть связаны с дополнительным изучением интервала между отложениями ордовикского и силурийского периода, который соответствует глобальному хирнантскому событию, активно изучаемому в последние десятилетия. Также научный интерес представляет изучение других разрезов Западно-Зилаирской зоны с целью составления литофациальной карты силурийских отложений.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.Валитов Ш.К. Литохимия силурийских сланцев разреза Миндигулово (Южный Урал) // Геосфера. 2018. Вып. 11. С. 25 – 26.
- 2.Валитов Ш.К. Петрографическая характеристика раннедевонских известняков разреза Миндигулово // Материалы ежегодной научно-практической конференции, посвященной Дню геолога. 2018. С. 34 – 39.
- 3.Головенко В.К. Высокоглиноземистые формации докембрия. Л.: Недра, 1977. 267 с.
- 4.Иванов А.И. К стратиграфии и древнему орогенезу западного склона Южного Урала. Тр. Башгеолтреста, вып.7, 1937.
- 5.Интерпретация геохимических данных / Под ред. Е.В. Складорова. М.: Интермет Инжиниринг, 2001. Т. 1. 288 с.
- 6.Клочихин А.В., Радченко В.В., Буряченко А.В. Геологическое строение северной части Зилаирского мегасинклинория // Тектоника Южного Урала и Предуралья. Вып. 25. Уфа, БФАН СССР, 1975. С. 42 – 47.
- 7.Краузе С.Н., Маслов В.А. Ордовик, силур и нижний девон Западного склона Башкирского Урала. Уфа: Изд-во БФАН СССР, 1961. 94 с.
- 8.Логвиненко Н. В., Сергеева Э. И. Методы определения осадочных пород: Учебное пособие для вузов. Л.: Недра, 1986. 240 с.
- 9.Мавринская Т.М. Корреляция ордовикских и силурийских отложений Южного Урала // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий: материалы VII Межрегиональной научно-практической конференции. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2008. – С. 319.
- 10.Мавринская Т.М. Фациальные и биофациальные особенности ордовикских и силурийских отложений Западнозилаирской зоны Зилаирского мегасинклинория (Южный Урал) // Материалы 5-го Всероссийского литологического совещания (Екатеринбург, 14-16 октября 2008 г.). – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2008. – Т. 2. – С. 498.
- 11.Маслов А.В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных. Екатеринбург: УГГУ, 2005. 289 с.
- 12.Маслов А.В., Крупенин М.Т., Гареев Э.З. Литологические, литохимические и геохимические индикаторы палеоклимата (на примере рифея Южного Урала) // Литология и полезные ископаемые. – 2003а. –№5 – С. 427 – 446.
- 13.Маслов А.В. и др. РЗЭ, Cr, Th, Sc в глинистых сланцах типового разреза рифея как показатели состава и эволюции источников сноса. Литосфера, 2004, №1, с. 70-112.

14.Мизенс Г.А. Изучение осадочных пород в прозрачных шлифах: Учебно-методическое пособие по дисциплине «Литология» для студентов специальности 130304 - «Геология нефти и газа» (ГН). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. 86 с.

15.Объяснительная записка к стратиграфическим схемам Урала (докембрий, палеозой).// Материалы и решения IV Уральского межведомственного стратиграфического совещания (Свердловск: 1990) / Екатеринбург, 1994. 152 с.

16.Ожиганов Д.Г. Стратиграфия и фациальные особенности силурийских отложений западного склона Южного Урала // Уч. Записки Башпединститута. Уфа, 1955. Вып. IV. С. 55-92.

17.Ожиганов Д.Г. К вопросу об условиях образования древних свит западного склона Башкирского Урала // Уч. зап. БГПИ. Вып. 3. Уфа, 1951.

18.Пучков В.Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 145 с.

19.Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья: актуальные вопросы стратиграфи, тектоники, геодинамики и металлогении. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.

20.Стратиграфический словарь СССР. Л.: Недра, 1975. 622 с.

21.Тейлор С.Р., МакЛеннан С.М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.

22.Уилсон Дж.Л. Карбонатные фации в геологической истории. М.: Недра, 1980. 464 с.

23.Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.

24.Якупов Р.Р., Мавринская Т.М., Абрамова А.Н. Палеонтологическое обоснование схемы стратиграфии палеозоя северной части Зилаирского мегасинклинория. Екатеринбург, 2002. 158 с.

25.Bastida F., Aller J., Puchkov V. N., Juhlin Ch., Oslianski A. A cross-section through the Zilair nappe (southern Urals) // Tectonophysics. 1997. V. 276. N 1–4 (Europrobe volume). P. 253–263.

26.Bolnar R., Kamber B.S., Moorbath S. et al. Chemical characterization of earth's most ancient clastic metasediments from the Isua Greenstone Belt, southern West Greenland // Geochim. Cosmochim. Acta. 2005. V. 69. P. 1555-1573.

27.Cox R., Lowe D.R., Cullers R.L. The influence of sediment recycling and basement composition on evolution of mudrock chemistry in southwestern United States // Geochim. Cosmochim. Acta. 1995. V. 59. P. 2919-2940.

28. Dunham, R.J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Classification of Carbonate Rocks (Ed. W.E. Ham), Am. Assoc. Pet. Geol. Mem., 1, 1962. pp. 108–121.

29. Fedo C.M., Nesbitt H.W., Young G.M. Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosoils, with implications for paleoweathering conditions and provenance // *Geology*. 1995. V. 23. P. 921-924.

30. Flügel E. Microfacies of Carbonate Rocks. Analysis, Interpretation and Application. Second Edition. Springer-Heidelberg-Dordrecht-London-New York, 2010. 984 p.

31. Harnois L. The CIW index: a new chemical index of weathering // *Sed. Geol.* 1988. V. 55. № 3-4. P. 319-322.

32. Herron M.M. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data // *J. Sed. Petrol.* 1988. V. 58. P. 820-829.

33. Mavrinskaya T.M., Artyushkova O.V. Conodont characteristic of the Lochkovian-Pragian boundary interval in the Mindigulovo section (western slope of the Southern Urals). Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung and Springer-Verlag GmbH Germany, 2017.

34. Nesbitt H. W., Young G.M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites // *Nature*. 1982. V. 299. P. 715-717.

35. Turgeon S., Brumsack H.J. Anoxic vs dysoxic events reflected in sediment geochemistry during the Cenomanian–Turonian Boundary Event (Cretaceous) in the Umbria–Marche basin of central Italy // *Chem. Geol.* 2006. V. 234. P. 321–339.

36. Valitov Sh.K. Sedimentary environments of silurian deposits of the section Mindigulovo the South Urals // *Topical Issues of Rational Use of Natural Resources*. 2019. P. 182 – 183.

#### Фондовая литература:

37. Артюшкова О.В. и др. Отчет о научно исследовательской работе: Детализация региональной схемы стратиграфии ордовикских, силурийских и девонских отложений Южного Урала и их корреляция с международным стратиграфическим стандартом, условия образования. Уфа, 2018.

38. Быкова Л.С. и др. Отчет об опережающих комплексных геофизических и геохимических исследованиях в помощь геологическому картированию масштаба 1:50000 на Канской площади (планшеты N-40-103-Г и N-40-103-В). Уфа, 1986.

39. Ключихин А.В., Радченко В.В., Буряченко А.В. и др. Геологическое строение северной части Зилаирского синклиория и сопредельных

территорий. Отчёт о геологической съёмке, проведенной Кагармановской ГСП в 1962-1969 гг. Уфа, ТГФ РБ, 1969.

40.Князев Ю.Г., Князева О.Ю. и др. Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1:200 000. Издание второе. Серия Южно-Уральская. Лист N-40-XXVIII. Объяснительная записка. М.: МФ ВСЕГЕИ, 2015. 237 с.

41.Князев Ю.Г. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1: 1 000 000. Сер. Южно-Уральская. Лист N-40, 2013.

42.Макушин А.А., Клочихин А.В., Пацков А.А. Отчёт о результатах общих поисков по объектам: «Суранская площадь», «Белорецко-Авзянская площадь», «Ишлинский участок» и «Шатакская площадь» за 1980-1983 гг. Уфа, ТГФ РБ, 1983.

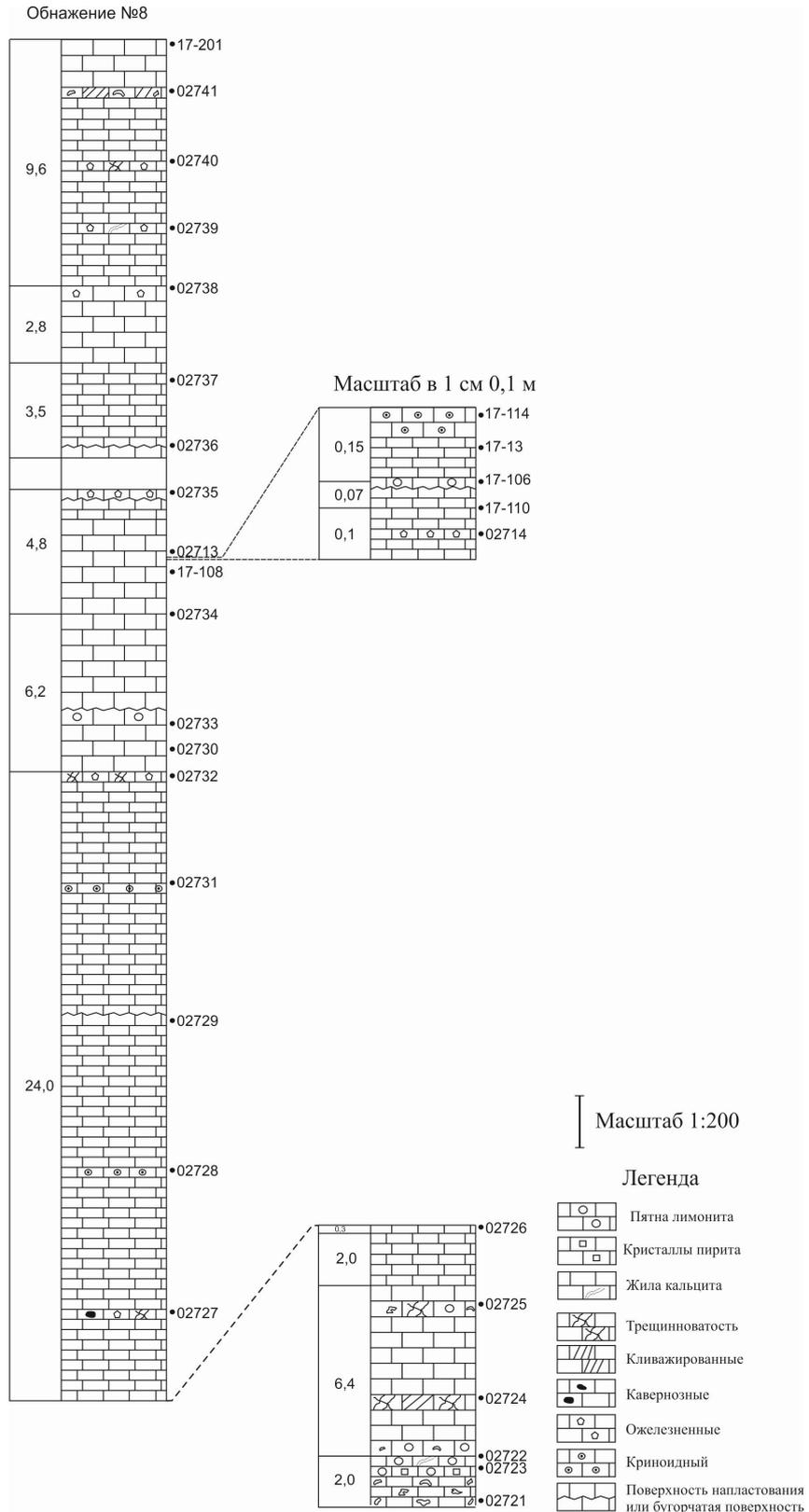
43.Решетников Н.Ф. и др. Геологическое строение центральной части Южного Урала в районе г. Белорецка. Отчёт Серменевской ГСП за 1962-66 гг. Уфа, ТФ ТГФ РБ, 1966.

44.Шефер В.А. Геологическое доизучение масштаба 1:50 000 с общими поисками на Канской площади в пределах листов N-40-103-А-а, б, г; N-40-103-Б; N-40-103-В-б, г; N-40-103-Г. Уфа, ТГФ РБ, 2000. 645 с. Инв. 475780.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

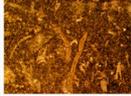
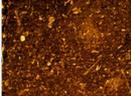
## Приложение №1

### Стратиграфическая колонка обнажения №8



## Приложение №2

### Стратиграфическая колонка обнажения №2

Система	Орден	Ярус	Фазис	Литология	Номера образцов	Фото образцов	
Девонская	Нижний	Пражский	D.pr	[Литологическая колонка]	6,3	•02476	
				[Литологическая колонка]	7,4	•02474	
				[Литологическая колонка]	7,4	•02472	
				[Литологическая колонка]	2,5	•02467 •02438	
				[Литологическая колонка]	3,2	•02462 •02465	
				[Литологическая колонка]	3,2	•02463	
				[Литологическая колонка]	3	•02452	
				[Литологическая колонка]	3	•02444 •02443	
				[Литологическая колонка]			
				[Литологическая колонка]			
				[Литологическая колонка]			
				[Литологическая колонка]			
				[Литологическая колонка]			
				[Литологическая колонка]			

Масштаб 1:100