

УДК 550.842

## ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ НИЖНЕКАЗАНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ПО ДАННЫМ ЭПР ОПОРНОГО РАЗРЕЗА

*Э.И. Фахрутдинов, Н.Г. Нурғалиева, Н.М. Хасанова, В.В. Силантьев*

### Аннотация

В работе рассмотрены состав и обстановки осадконакопления для опорного разреза нижеказанских отложений по данным литолого-стратиграфического описания обнажений в бассейне рек Шешма и Инэш (Республика Татарстан) и данным, полученным методом ЭПР. Характер последовательности раннеказанских обстановок осадконакопления отражается в составе и вариациях парамагнитных центров  $Mn^{2+}$ ,  $SO_3^-$ ,  $SO_2^-$ ,  $PO_2^-$ ,  $C_{600}$ ,  $E'$ , устанавливающихся в качестве фациального и хемостратиграфического критериев расчленения и корреляции нижеказанских разрезов на территории Волжско-Камского региона.

**Ключевые слова:** нижеказанские отложения, обстановки осадконакопления, метод ЭПР.

### Введение

Отложения пермской системы со времени установления ее Р.И. Мурчисоном (1841–1845 гг.) на востоке Русской плиты являются объектом постоянного интереса и изучения, поскольку представляют собой богатейший источник данных для понимания процессов, происходивших в пермский период в Евроамериканской области в самых разнообразных аспектах.

Одним из важнейших стратиграфических подразделений в составе биармийского отдела и пермской системы в целом выступает казанский ярус, формирование которого связано с образованием и существованием Казанского палеоморя [1]. Никакой из ярусов пермских отложений не обладает таким богатым фациальным многообразием, стратиграфической и палеонтологической неоднородностью, как казанский ярус [2]. Отложения казанского яруса доступны для исследования в обнажениях по берегам рек и в скважинных разрезах на востоке Русской плиты, в том числе и в пределах Республики Татарстан (РТ).

Казанский ярус сложен двумя подъярусами: нижеказанским и верхнеказанским.

В настоящей работе основное внимание уделено отложениям нижеказанского подъяруса.

Нижеказанский подъярус представляет собой комплекс пород, сложенный отложениями дельтовых и мелководно-морских осадков, содержащими морскую фауну [3].

В центре нашего внимания находятся нижнеказанские отложения, обнажающиеся в бассейне рек Шешма и Инэш у сел Шугурово и Каркали (РТ). Значимость этого объекта подчеркивается тем фактом, что данный геологический разрез был предложен в качестве опорного, парастратотипического разреза и выделен в комплекс геологических памятников юго-востока Татарстана [4].

Первые упоминания об обнажениях по берегам рек Шешма и Инэш обнаруживаются в работах [5, 6].

Следующей важной работой стала публикация [7], в которой описаны геоморфология, стратиграфия и структурные особенности района. В этой работе намечен особый «оолитовый известняк» с крупными «скорлупками» *Cytherinae*.

В работе [8] описаны остатки мшанок и брахиопод в рассматриваемых отложениях.

Важным достижением в [9] стало установление граничной зоны уфимско-казанских отложений, прослеживающейся от с. Шугурово до с. Каркали.

Разрез и битуминозные породы на территории сел Шугурово и Каркали также изучались в [10]. На территории с. Каркали выявлены известняки с фауной позднекаменноугольного возраста, на которых с размывом залегают уфимские отложения. Выходы уфимских отложений на поверхность можно также наблюдать у с. Шугурово на территории Шугуровского нефтебитумного завода.

В работе [11] описаны наблюдения трансгрессивного налегания уфимских песчаников на неровную эродированную поверхность сакмарских известняков.

С середины XX в. результаты изучения нижнеказанского подъяруса можно найти в [12–17]. Благодаря этим работам сложились основные литолого-стратиграфические представления о рассматриваемых отложениях.

Нижнеказанский подъярус в разрезе бассейна рек Шешма и Инэш (с. Шугурово и с. Каркали) сложен четырьмя сериями слоев: шугуровскими песчаниками, байтуганскими, камышлинскими и барбашинскими (красноярскими) слоями, характеризующимися определенной цикличностью строения, обусловленной сменой переходных и мелководно-морских обстановок осадконакопления, диагностируемых по структурно-текстурным признакам, фоссилиям и ихнофоссилиям [4].

Наиболее замечательными местными литостратиграфическими единицами в разрезе выступают «диелязмовый», или «нижнеспириферовый», известняк, «лингуловые глины», «колючий», или «среднеспириферовый», известняк (все в байтуганских слоях), «верхнеспириферовые» отложения (камышлинские слои) и оолитовые разности в барбашинских слоях. Эти единицы выступают маркерами истории осадконакопления в раннеказанское время, являющейся предметом различных исследований, в том числе исследований методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР).

Парамагнитные центры (ПЦ) отражают состав карбонатной (кальцит, доломит) и сульфатной составляющих, наличие и особенности углефицированной органики, керогена и других органических образований (связанных большей частью с глинистой компонентой), ожелезненность, особенности терригенной (кварцевой) составляющей [18, 19]. Таким образом, фиксируются признаки, входящие в списки диагностических признаков, используемых при реконструкции обстановок осадконакопления в фациальном анализе [20–23]. Пермские отложения

Волжско-Камского региона являются традиционным объектом использования ПЦ в калибровочных и реконструктивных целях [19, 21, 24, 25]. В указанных работах выявлены наиболее типичные и информативные ПЦ, позволяющие расшифровывать условия образования пермских отложений в рассматриваемом регионе. К их числу относятся ПЦ: ионы  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ; ион-радикалы  $SO_3^-$ ,  $SO_2^-$ ,  $PO_2^-$ ; радиационные E'-центры в кварце; углеродные радикалы  $C_{600}$ ,  $C_{350}$  (в двух последних ПЦ нижние индексы указывают на температуру отжига образцов).

В изучаемом разрезе данные по парамагнитным центрам (ПЦ) были получены ранее по отдельным образцам, отобранным из «среднеспириферовых», «верхнеспириферовых» и оолитовых известняков в работе [21]. Наиболее информативными для интерпретации оказались ионы марганца, сульфатные радикалы, свободные органические радикалы, по которым обнаружили различия органогенно-детритовых и оолитовых известняков, а также различия в степени вторичных изменений пород.

Цель настоящей работы состоит в получении более систематических данных по ПЦ в образцах, отобранных в связи с обновлением полевого описания разреза и использованием ПЦ как диагностических индикаторов фациального строения слагающих разрез отложений.

### Объект исследования

**Географическое положение опорного разреза.** Нижнеказанские и сопряженные с ними отложения обнажаются в бассейне рек Шешма и Инэш в районе сел Шугурово и Каркали (рис. 1).

Описание разреза начинается с правого склона р. Шешмы у полотна дороги между селами Каркали и Шугурово, здесь сосредоточены выходы песчано-глинистой красноцветной толщи уфимских пород и граница между уфимскими и нижнеказанскими отложениями (обнажение II (рис. 1) – слои 1–7). В обнажении III (рис. 1) сосредоточена мощная толща глинистых пород слоя 8. Обнажение IV (рис. 1) приурочено к западной части Каркалинского карьера (слои 8–12) по правому склону р. Инэш; обнажение V (слои 13–16), обнажение VII (слои 14–23), обнажение VI (слои 16–18), обнажение VIII (слои 23–25) сосредоточены в восточной части Каркалинского карьера, по левому склону р. Инэш (рис. 1). Обнажение I – подошвенная часть слоя 1 (уфимские отложения) – на территории Шугуровского нефтебитумного завода (рис. 1).

На рис. 2 видно, что в палеогеографическом отношении район исследований относится к зонам трех фаций: преимущественно сероцветных терригенных и терригенно-карбонатных, прибрежно- и мелководно-морских и лагунных отложений, известняков нормально-соленого моря и доломитистых известняков морских мелководий.

**Литолого-стратиграфический состав разреза.** Подробное описание разреза известно по работе [4]. Здесь в составе нижнеказанских отложений и низов верхнеказанских отложений выделено 24 слоя. В результате повторных полевых наблюдений восьми обнажений (рис. 1) были установлены 25 слоев, описание которых приводится ниже.

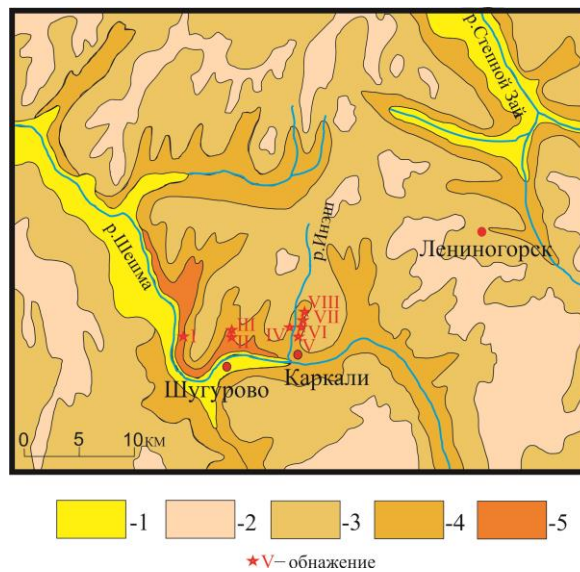


Рис. 1. Геологическая карта объекта исследования. Условные обозначения: 1 – неоген-четвертичные отложения; 2 – уржумские отложения; 3 – верхнеказанские отложения; 4 – нижнеказанские отложения; 5 – уфимские отложения

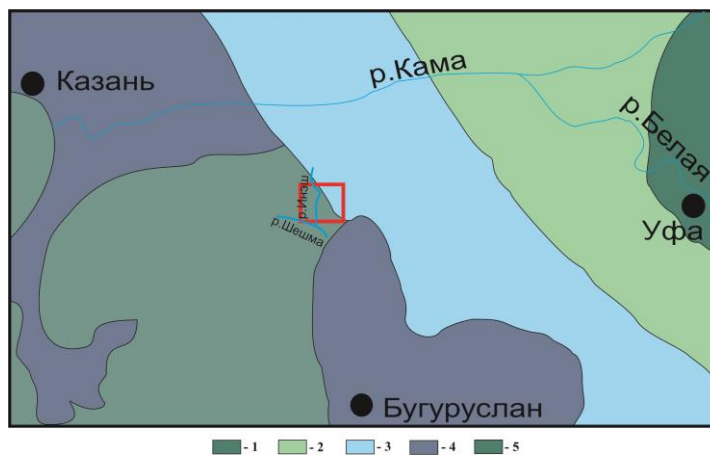


Рис. 2. Литолого-палеогеографическая карта востока Русской плиты в раннеказанское время по [2] (красным квадратом отмечена область исследования). Условные обозначения: 1 – область сноса; 2 – континентальные красноцветные, аллювиально-озерные, пролювиальные, делювиальные отложения; 3 – преимущественно сероцветные терригенные и терригенно-карбонатные, прибрежно- и мелководно-морские и лагунные отложения; 4 – известняки нормально-соленого моря; 5 – доломитистые известняки морских мелководий (оолиты, ракушечники)

## Уфимский ярус

### Шешминский горизонт

**Слой 1.** Песчаник буровато-красный мелкозернистый. Некоторые выветрелые плоскости песчаника окрашены в зеленовато-серый цвет. Мощность 5 м.

**Шугуровские песчаники**

**Слой 2–3.** Песчаник в нижней половине зеленовато-серый с коричневым оттенком, в верхней половине зеленовато-серый, более светлый, мелкозернистый полимиктовый. Мощность 2.1 м.

**Нижеказанский подъярус****Байтуганские слои**

**Слой 4.** Известняк светло-серый биогермный с ветвящимися строматолитовыми постройками, с корковидной текстурой. Мощность 0.1 м.

**Слой 5.** Глина зеленовато-серая известковистая пластичная с раковинами брахиопод *Dielasma* и ветвистыми мшанками *Trepostomida*. В кровле прослой известняка темно-серого со слабым коричневатом-красным оттенком, пелитоморфного с обилием остатков раковин фораминифер, мшанок, брахиопод, двустворок мощностью 0.05 м. Мощность 0.3 м.

**Слой 6.** «Лингуловые» глины. Глина серая пелитовая с плитчатой отдельностью, с неровной субгоризонтальной слоистостью, с остатками сетчатых мшанок и двустворок *Pseudobakewellia*. Мощность 13 м.

**Слой 7.** Маркирующий слой «колючий известняк», представляет собой плитчатую разность (плитками толщиной 5–10 см) с брахиоподами *Licharewia* и др. На поверхности слоя ветвистые ихнофоссилии. Мощность 1 м.

**Слой 8.** Известково-глинистые породы, включающие серо-желтые мергели, известняки и глины серые известковистые с детритами растений, с остатками морских двустворок и брахиопод *Canocrinella* и *Licharewia*. Мощность 11.7 м.

**Камышлинские слои**

**Слой 9.** «Плитняки» – переслаивание прослоя песчаника серого мелкозернистого и известняка органогенно-детритового (толщина прослоев от 1 см до 20 см). Общий цвет пород коричневатом-серый (серый в выветрелом состоянии; темный в свежем сколе). Мощность 5.7 м.

**Слой 10.** Ритмичное переслаивание песчаника сероватого твердого известковистого (в основании карбонатные гальки) с остатками брахиопод и известково-глинистых пород (светло-серых мергелей) мягких с обилием растительных остатков; а также с остатками брахиопод и двустворок. Мощность 1.8 м.

**Слой 11.** Переслаивание песчаника серого известковистого и известняка желто-серого мягкого с прослоями серого аргиллита. Мощность 3 м.

**Слой 12.** Известняк светло-серый со слабым желтым оттенком глинисто-песчаный мягкий (ломается по трещинам руками) оолитовый кавернозный (диаметр каверн от 1 мм до 30 мм) с остатками брахиопод и следами биотурбации. В верхней части увеличивается количество органики, появляются прослойки глины светло-серой и серой. В прикровельной части также отмечаются мелкие гальки карбонатных пород (размером 3–5 мм). Мощность 1.5 м.

**Слой 13.** Известняк светло-серый с желтым оттенком преимущественно оолитовый (рис.3), участками органогенно-детритовый с остатками брахиопод. В верхней части слоя наклонная слоистость. Мощность 3.3 м.

**Слой 14.** Известняк светло-серый с желтым оттенком глинистый, местами песчанистый. В основании – тонкий темный прослой известняка (0,5 см) с мел-

кими раковинами двустворок и брахиопод. Снизу вверх песчаность возрастает; лучше проявляется слоистость субгоризонтальная, местами косая. Мощность 1 м.

### Красноярские слои

**Слой 15.** Песчаник зеленовато-коричневый мелкозернистый полимиктовый, в нижней части с редкими растительными остатками и раковинами брахиопод; в остальной части с углефицированной органикой и зонами ожелезнения. Мощность 0.7 м.

**Слой 16.** Известняк серый с коричневатым оттенком отрицательно оолитовый и мергель желтовато-серый; в основании известняк светло-серый песчаный с ихнитовой текстурой, с гальками, растительными остатками и раковинами двустворок, с текстурами биотурбации. В кровле известняков сосредоточены остатки крупных двустворок *Bivalvia* и *Oriocrassatella* и остатки ветвистых мшанок *Trepostomida* (рис. 4). Мощность 2.7 м.

**Слой 17.** Песчаник серовато-коричневый, в верхней части с желтоватым и зеленоватым оттенком, мелкозернистый полимиктовый с прослоями и линзами (до 1 см) зеленых глин. Наблюдаются горизонтально и вертикально ориентированные раковины брахиопод *Canocrinella*. Мощность 0.7 м.

**Слой 18.** Переслаивание глинисто-карбонатных пород серых с зеленым оттенком, глин известковистых и песчаников серых. Контакт с подстилающим слоем постепенный слабоволнистый. Мощность 4 м.

**Слой 19.** Переслаивание песчаника и мергеля желтовато-серых и коричневатожелтого цвета. Песчаник мелкозернистый полимиктовый с горизонтальной и линзовидной слоистостью. Мергель алевролитовый биотурбированный с раковинами двустворок по плоскостям наслоения и вертикальными ходами типа нор *Skolithos*. Встречаются раковины брахиопод *Canocrinella*. Мощность 3 м.

**Слой 20.** Песчаник зеленовато-серый, зеленовато-коричневый мелкозернистый полимиктовый. Мощность 0.25 м.

**Слой 21.** Последовательность песчаника зеленовато-серого с галькой и линзами песчаника известковистого и мергеля серого. Мощность 0.65 м.

**Слой 22.** Песчаник серый мелкозернистый полимиктовый линзовидно-слоистый; четко разделяется на два пласта (толщиной около 1 м каждый) прослоем глинисто-карбонатных пород, включающих остатки брахиопод *Canocrinella*, двустворок и обуглившийся растительный детрит. Мощность 2.25 м.

### Верхнеказанский подъярус

**Слой 23.** Известняк светло-серый пелитоморфный с пологоволнистой субгоризонтальной слоистостью, контролируемой прослойками песчаного материала толщиной до 1 мм. Мощность 1.5 м.

**Слой 24.** Известняк серый с желтоватым оттенком, оолитово-органогенно-детритовый (рис. 5) с ходами илоедов. Мощность 0.35 м.

**Слой 25.** Переслаивание песчаника, алевролита и глины темно-серых с зеленоватым оттенком в нижней половине и коричневатым оттенком в верхней. Мощность 3 м.

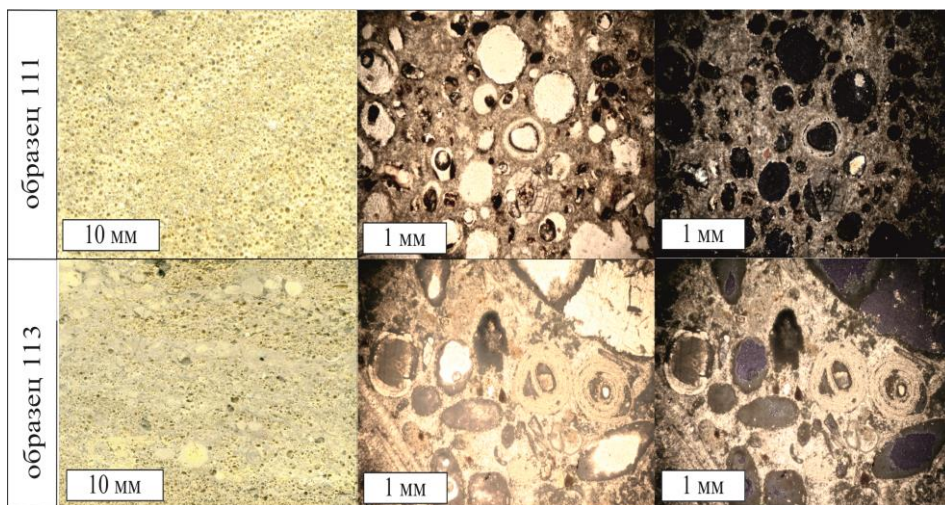


Рис. 3. Фото шлифов и макроснимки образцов слоя 13. Обр. 111, 113 – известняк оолитовый, органогенный. Слева – макроснимок образца; по центру – микрофотография шлифа (при II николях); справа – микрофотография шлифа (при + николях)

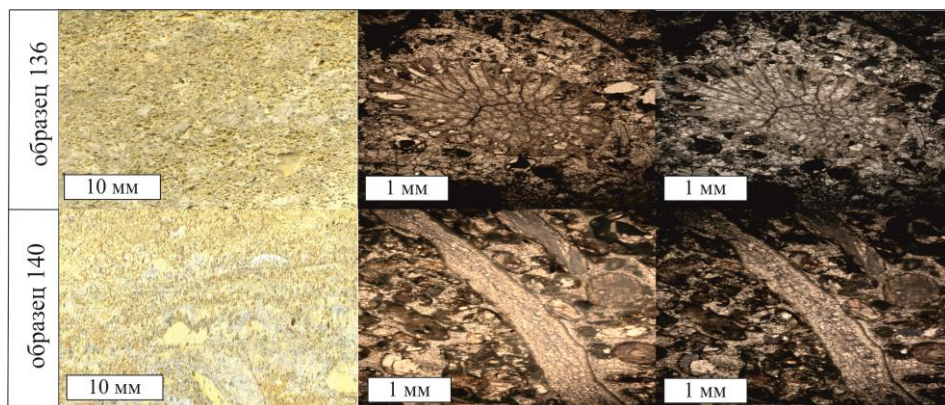


Рис. 4. Фото шлифов и макроснимки образцов слоя 16. Обр. 136, 140 – известняк органогенный. Слева – макроснимок образца; по центру – микрофотография шлифа (при II николях); справа – микрофотография шлифа (при + николях)

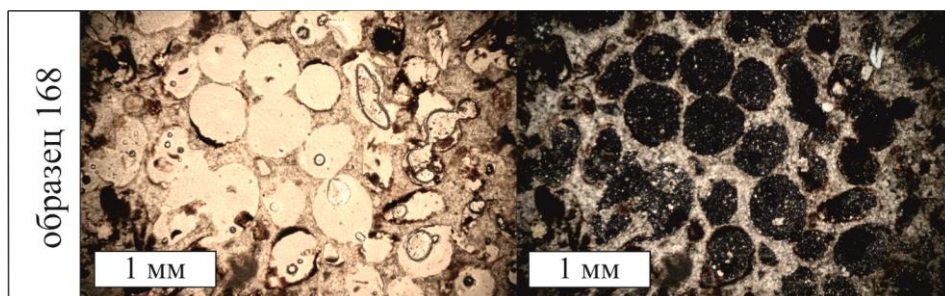


Рис. 5. Фото шлифа образца слоя 24. Обр. 168 – известняк оолитовый. Слева – микрофотография шлифа (при II николях); справа – микрофотография шлифа (при + николях)

Табл. 1

Стратон	Слои	Обстановка осадконакопления	Относительный уровень моря	ПЦ
Уфимский ярус	1–3	Отложения подводной части дельты, сформировавшейся после затопления морем уфимских отложений	I	
Байтуганские слои	4–5	Отмирание дельты и восстановление нормальной солености вследствие повышения уровня моря и сокращения континентального стока. Литораль	III	$Mn^{2+}, SO_3^-, E'$
	6	Трансгрессивная фаза (агградация ниже базиса волнения). Сублитораль	V	$Mn^{2+}, SO_3^-$
	7	Регрессивная фаза (мелководная обстановка). Литораль	III	$Mn^{2+}, SO_3^-$
Камышлинские слои	8	Литораль	II	$Mn^{2+}, SO_3^-$
	9–11	Малоподвижное мелководье (литораль) с отдельными русловыми каналами и ихнофоссилиями	II–III	$Mn^{2+}, SO_3^-, E'$
	12	Локальная трансгрессия. Литораль	V	$Mn^{2+}, SO_3^-, SO_2^-, C_{600}, PO_2^-$
	13	Оолиты. Литораль	IV	$Mn^{2+}, SO_3^-, C_{600}$
	14	Литораль	III	$Mn^{2+}, SO_3^-, C_{600}$
Красноярские слои	15	Активная литораль	III	$Mn^{2+}, E', R, PO_2^-$
	16	Небольшие лагуны	II	$Mn^{2+}, SO_3^-, C_{600}$
	17	Русловые каналы	II	
	18	Активная литораль	II–III	$Mn^{2+}, SO_3^-, SO_2^-, PO_2^-, C_{600}, E', R$
	19	Литораль	III–II	
	20–22	Литораль с русловыми каналами	III	$Mn^{2+}, E', R, C_{600}$
Верхнеказанский подъярус	23–24	Литораль (с зоной оолитов и ихнофоссилий)	III	$Mn^{2+}, SO_3^-, SO_2^-, PO_2^-, C_{600}, C_{350}, E', R$
	25	Литораль с русловыми каналами	II	

В табл. 1 представлена систематизация описанных выше литологических данных по типу породы, структурно-текстурным признакам, фоссилиям и ихнофоссилиям, позволивших диагностировать возможные обстановки осадконакопления, характерные для изучаемого разреза и показанные также на обобщающем рисунке (рис. 6) в виде условных кодов относительных уровней моря, обозначенных римскими цифрами (возрастание кода соответствует относительному повышению уровня моря).



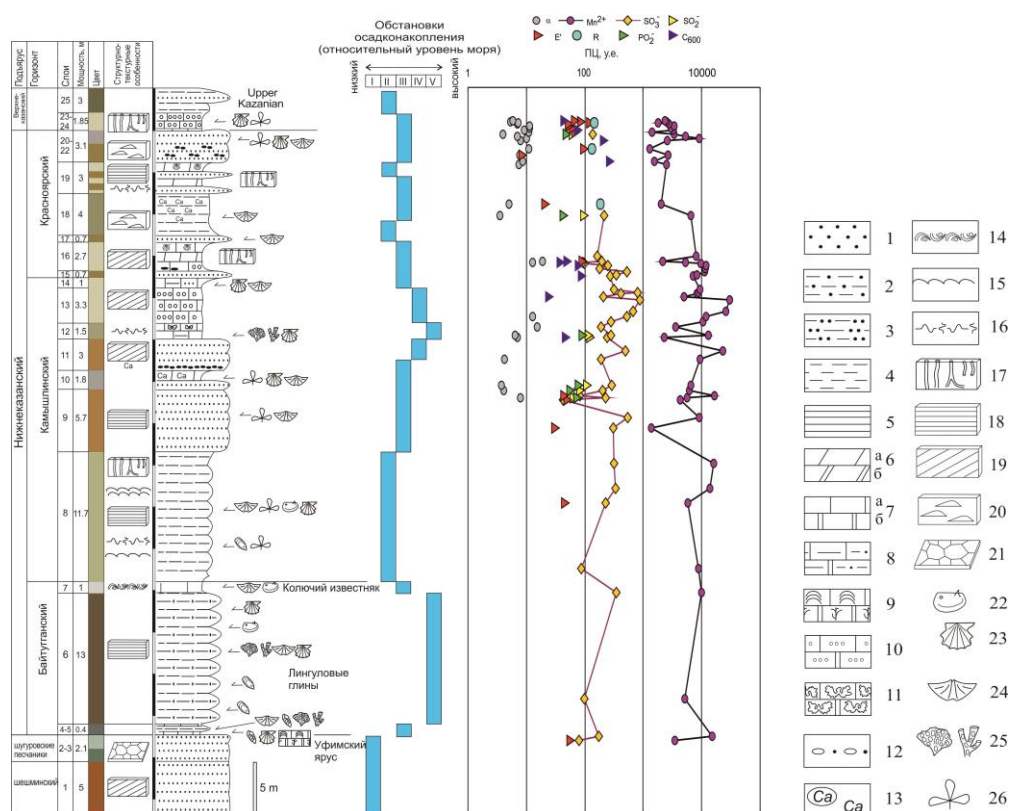


Рис. 6. Сводный разрез нижнеказанских отложений в бассейне рек Шешма и Инэш и вариации ПЦ. Обстановки осадконакопления разъяснены в табл. 1. Условные обозначения: 1 – песчаники, 2 – алевролиты, 3 – алевролиты и песчаники, 4 – алевролиты и глины, 5 – глины, 6 – мергели (а), мергели доломитовые (б), 7 – известняки (а), доломиты (б), 8 – карбонатные породы глинистые и алевролитовые, 9 – карбонатные породы со строматолитами и водорослями, 10 – оолитовые известняки и доломиты, 11 – кавернозные известняки и доломиты, 12 – галька и гравий, 13 – карбонатные стяжения и известковистость, 14 – ракушечные известняки, 15 – ракушечная мостовая, 16 – биотурбация, 17 – ходы, ориентированные вертикально, 18 – горизонтальная слоистость, 19 – диагональная слоистость, 20 – мелкая линзовидная слоистость, 21 – трещины усыхания, 22 – остракоды морские, 23 – двустворки морские, 24 – брахиоподы замковые, 25 – мшанки сетчатые и ветвистые, 26 – остатки растений

### Методика исследований

Для изучения методом ЭПР было отобрано 55 образцов из карбонатных слоев разреза (рис. 6). Все образцы были исследованы на установке EPR Spectrometer CMS 8400. Образцы измельчались в агатовой ступке. Исследования проводились на измельченных пробах массой от 20 до 100 мг при  $\nu$  9.3 ГГц, с амплитудой развертки 500 Гс, в качестве стандарта был взят сигнал ЭПР  $\text{Cr}^{+3}$  в корунде. Порошковые образцы нагревались до температур 350 °С, 600 °С. После они охлаждались до комнатной температуры 23 °С. Регистрация спектров ЭПР проводилась при комнатной температуре 23 °С с помощью программы EPRSCAN.

Использовался алгоритм выявления ПЦ, разработанный при изучении пермских и других (верхнепалеозойских) отложений в работах [19, 21, 24, 25].

### Результаты и их обсуждение

Были выявлены следующие характерные ПЦ (рис. 6, 7): ионы  $Mn^{2+}$ , ион-радикалы  $SO_3^-$ ,  $SO_2^-$ ,  $PO_2^-$ , радиационные E'-центры, R,  $C_{600}$  (нижний индекс указывает на температуру отжига образцов). Только в одном образце был выявлен  $C_{350}$  (обр. 167, слой 24).

Ширина линий в спектрах ЭПР  $Mn^{2+}$  и общее содержание  $Mn^{2+}$  являются показателями терригенного сноса в бассейн седиментации. Узкие линии (до 3 Гс) и пониженное содержание  $Mn^{2+}$ , возможно, указывают на существенно морские и лагунно-морские условия осадконакопления, высокое содержание  $Mn^{2+}$  и широкие линии (свыше 6–7 Гс) – на влияние терригенного сноса на процессы осадконакопления [21]. Свободные углеродные радикалы  $C_{600}$  фиксируют участие морской фауны в карбонатообразовании. ПЦ  $C_{350}$  характерны для заглинизированных разностей. ПЦ  $PO_2^-$  являются маркерами биопродуктивности бассейна осадконакопления. Электронно-дырочные центры  $SO_2^-$  и  $SO_3^-$  в карбонатных минералах являются показателями раннего диагенеза карбонатных илов при участии сингенетического органического вещества либо пересыщения иловых растворов сульфатными ионами. Вторичная кальцитизация, наиболее часто затрагивающая органогенно-обломочные и оолитовые разности известняков и доломитов, практически полностью уничтожает парамагнитные центры  $SO_2^-$  и  $SO_3^-$  в карбонатах, а также углеродные радикалы сингенетического органического вещества  $C_{600}$  [21]. E'-центры относятся к кварцевой составляющей, нередко в составе пирокластики. ПЦ R указывают на присутствие растительных углефицированных остатков.

В табл. 1 и на рис. 6 показано распределение этих ПЦ по разрезу и по обстановкам осадконакопления.

Кальцитовая минерализация отмечается в нижней части разреза (слои 4–9) по  $Mn^{2+}$ . Доломитовая минерализация (по  $\alpha$ ) отмечается для верхней части разреза (слои 10–13, 16, 18, 21–24). Подошва слоя 13 выступает рубежом, который обозначает усиление процесса доломитообразования (рис. 6).

Спектры ЭПР  $Mn^{2+}$  характеризуются неширокими линиями. Постоянно присутствующие ПЦ  $Mn^{2+}$  сопровождаются также постоянно фиксирующимися в комплексе слоев 4–18 ПЦ  $SO_3^-$  (между этими показателями наблюдается заметная прямая связь с коэффициентом корреляции  $\sim 0.4$ ), что указывает на преимущественно первичную (седиментационно-диагенетическую) природу исследуемых известняков и доломитов в указанном комплексе слоев (рис. 6, 7). Первичная природа карбонатных образований особенно выражена в слоях 10, 12, 13, 16, 18 и 22, где наблюдаются также такие маркеры «первичности» карбонатов как ПЦ  $SO_2^-$ ,  $PO_2^-$ ,  $C_{600}$ .

ПЦ E'-центры и R указывают на усиление терригенного сноса, в общем, характерное в большей степени для красноярского времени (табл. 1, рис. 6).

Верхнеказанский подъярус (слои 23, 24) характеризуется практическим отсутствием ПЦ  $SO_3^-$ , что объясняется развитием вторичных изменений (доломитизация и перекристаллизация) карбонатов.

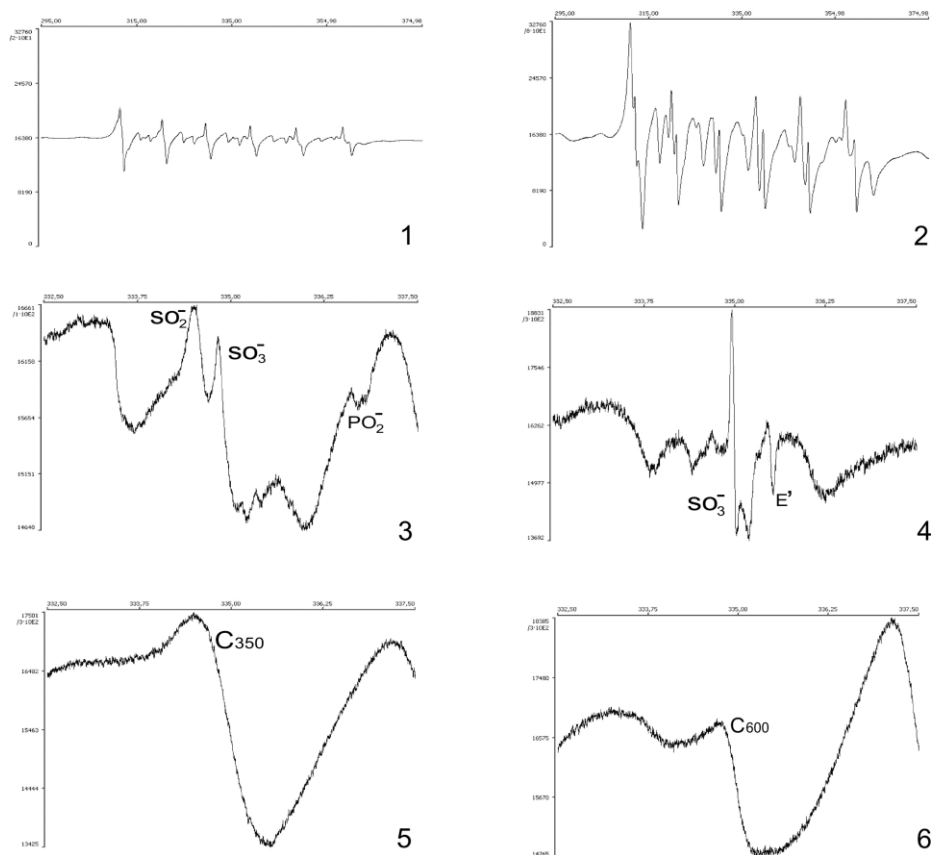


Рис. 7. Характерные спектры ЭПР ПЦ. Условные обозначения: 1 –  $Mn^{2+}$  в кальците (обр. 115, слой 14); 2 –  $Mn^{2+}$  в доломите (обр. 165, слой 24); 3 –  $SO_3^-$ ,  $SO_2^-$ ,  $PO_2^-$ ,  $C_{600}$ ,  $E'$ -центр (обр. 108, слой 12); 4 –  $SO_3^-$ ,  $E'$ -центр (обр. 87, слой 9); 5 – углеродный радикал  $C_{350}$  (обр. 167, слой 24); углеродный радикал  $C_{600}$  (обр. 152, слой 21)

В целом изменение обстановок осадконакопления, выраженное в относительных уровнях моря I – V, сопоставляется с изменением состава и количества ПЦ в рассматриваемых слоях (рис. б), что позволяет считать выявленный комплекс ПЦ и их характерные вариации достаточно надежным диагностическим критерием при реконструкции обстановок осадконакопления, а также существенным хемотратиграфическим критерием при расчленении и корреляции нижнеказанских разрезов на территории Волжско-Камского региона.

### Заключение

Парамагнитные центры  $Mn^{2+}$ ,  $SO_3^-$ ,  $SO_2^-$ ,  $PO_2^-$ ,  $C_{600}$ ,  $E'$  установлены как специфические диагностические признаки последовательности обстановок осадконакопления, отражающие колебания относительного уровня моря в раннеказанское время на территории Волжско-Камского региона, что позволяет использовать их при региональном расчленении и корреляции нижнеказанских разрезов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 13-05-00642).

## Литература

1. *Ноинский М.Э.* Некоторые данные относительно строения и фациального характера казанского яруса в Приказанском районе // Изв. Геол. комитета. – 1924. – Т. 13. – С. 565–632.
2. *Игнатьев В.И.* Формирование Волго-Уральской антеклизы в пермский период. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1976. – 256 с.
3. *Тихвинская Е.И.* Проблемы стратиграфии пермских отложений // Учен. зап. Казан. гос. ун-та. – 1955. – Т. 115, кн. 16. – С. 37–58.
4. Геологические памятники природы Республики Татарстан / Под ред. И.А. Ларочкиной; науч. ред. В.В. Силантьев. – Казань: Акварель-арт, 2007. – 296 с.
5. *Лепехин И.И.* Дневные записки путешествия доктора и академии наук адъютанта Ивана Лепехина по разным провинциям российского государства в 1768 и 1769 году. – СПб., 1771. – 562 с.
6. *Паллас П.С.* Путешествие по разным провинциям Российской империи. – СПб., 1773. – 786 с.
7. *Еремеев П.В.* Отчет подполковника Еремеева о занятиях по разысканию месторождений нефти в Казанской, Симбирской и Самарской Губерниях // Горн. журн. – 1867. – Кн. II. – С. 333–361.
8. *Штукенберг А.А.* Геологические исследования 1876 года. Предварительный отчет // Труды о-ва естествоиспытателей при Имп. Казан. Университете. – 1877. – Т. VI. Вып. 2. – 21 с.
9. *Ососков П.А.* О возрасте яруса пестрых мергелей и об отношении его к брахиоподовому горизонту цехштейна. – 1888. – 42 с.
10. *Нечаев А.В., Замятин А.Н.* Геологические исследования северной части Самарской губернии. – СПб.: Геол. ком., 1913. – 208 с.
11. *Ноинский М.Э.* Краткий очерк истории изучения недр Татарской республики. – 1932. – 327 с.
12. *Боронин В.П., Буров Б.В.* Магнитные свойства и палеомагнетизм уфимских и казанских отложений верхней перми Татарии // Аппаратура, методика и интерпретация геофизических наблюдений. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1970. – С. 128–165.
13. *Буров Б.В., Жарков И.Я., Нургалеев Д.К., Балабанов Ю.П., Борисов А.С., Ясонов П.Г.* Магнитостратиграфическая характеристика верхнепермских разрезов Поволжья и Прикамья // Стратотипы и опорные разрезы верхней перми Поволжья и Прикамья / Под ред. Н.К. Есауловой, В.Р. Лозовского. – Казань: Экоцентр, 1996. – С. 390–423.
14. *Игнатьев В.И.* Бугульминский горизонт нижнеказанского подъяруса Русской платформы // Материалы по стратиграфии верхней перми на территории СССР. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1977. – С. 220–231.
15. *Игнатьев В.И., Гилетин А.М., Урасина Э.А., Калязин Л.Н.* Новые данные по стратиграфии казанских отложений меденосной полосы Татарии // Материалы по геологии востока Русской платформы. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1971. – Вып. 3. – С. 12–17.
16. *Фори Н.Н.* Волго-Уральская нефтегазоносная область. Пермские отложения – Уфимская свита и казанский ярус // Труды ВНИГРИ, Нов. сер. – 1955. – Вып. 92. – 156 с.
17. *Zhuravlev A.V., Kotlyar G. V., Shishlov S. B.* Paleobiogeographical and biostratigraphical analysis of the Kazanian (Middle Permian) conodonts of the east Russian Platform – preliminary results // Permophiles. – 2006. – No 48. – P. 15–20.
18. *Винокуров В.М., Зарипов М.М., Степанов В.Г.* Изучение некоторых Mn-содержащих карбонатов методом ЭПР электронного парамагнитного резонанса // Кристаллография. – 1961. – Т. 6, Вып. 1. – С. 104–108.

19. *Bulka G.R., Nizamutdinov N.M., Mukhutdinova N.G., Vinokurov V.M., Galeev A.A.* EPR probes in sedimentary rocks: the features of  $Mn^{2+}$  and free radicals distribution in the Permian formation in Tatarstan // *Appl. Magn. Reson.* – 1991. – V. 2, No 1. – P. 107–115.
20. *Ежова А.В.* Литология. – Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2009. – 335 с.
21. *Муравьев Ф.А.* Литолого-минералогическая характеристика пермских маркирующих карбонатных горизонтов РТ: Дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Казань, 2007. – 219 с.
22. *Недоливко Н.М.* Исследование кернa нефтегазовых скважин. – Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2008. – 158 с.
23. *Рединг Х.Г.* Обстановки осадконакопления и фации. – М.: Мир, 1990. – 352 с.
24. *Нурғалиева Н.Г., Галеев А.А.* Исследование пород методом ЭПР // Стратотипический разрез татарского яруса на реке Вятке. – М.: ГЕОС, 2001. – С. 56–68.
25. *Нурғалиева Н.Г., Хасанова Н.М., Габдрахманов Р.Р.* Условия формирования отложений уржумского яруса по данным ЭПР // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2010. – Т. 152, кн. 1. – С. 226–234.

Поступила в редакцию  
22.05.15

---

**Фахрутдинов Эдуард Ирекович** – аспирант кафедры геологии нефти и газа, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: *MKS-1989eduard@yandex.ru*

**Нурғалиева Нурия Гавазовна** – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геологии нефти и газа, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: *Nurgal07@mail.ru*

**Хасанова Наиля Мидхатовна** – кандидат физико-математических наук, лаборант-исследователь кафедры минералогии и литологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: *Nailia.Khasanova@ksu.ru*

**Силантьев Владимир Владимирович** – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, директор Геологического музея им. А.А. Штукенберга, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: *Vladimir.Silantiev@kpfu.ru*

\* \* \*

## THE LOWER KAZANIAN SUBSTAGE IN THE KEY SECTION: LITHOLOGIES AND PALEOENVIRONMENTS BASED ON THE ESR DATA

*E.I. Fakhrutdinov, N.G. Nurgalieva, N.M. Khassanova, V.V. Silantiev*

### Abstract

The Lower Kazanian sedimentary succession was considered based on the data from the lithological and stratigraphic description and ESR obtained for the outcrop section within the basin of the Sheshma and Inesh Rivers (Republic of Tatarstan). The Lower Kazanian facial composition correlates with the specific composition and variations of the paramagnetic centers  $Mn^{2+}$ ,  $SO_3^-$ ,  $SO_2^-$ ,  $PO_2^-$ ,  $C_{600}$ , and  $E'$ . These ESR labels can be used as facial and chemostratigraphic criteria to stratify and correlate the Lower Kazanian sections in Volga-Kama region.

**Keywords:** Lower Kazanian substage, paleoenvironment, ESR.

## References

1. Noinskii M.E. Some data on the structure and character of the facies of the Kazanian stage in the Kazan region. *Izv. Geol. Kom.*, 1924, vol. 13, pp. 565–632. (In Russian)
2. Ignat'ev V.I. Formation of the Volga-Ural Anticline in the Permian Period. Kazan, Izd. Kaz. Univ., 1976. 256 p. (In Russian)
3. Tikhvinskaya E.I. The problems of stratigraphy of the Permian deposits. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Gosudarstvennogo Universiteta*, 1955, vol. 115, no. 16. pp. 37–58. (In Russian)
4. Larochkina I.A., Silantiev V.V. (Eds.) The Natural Geological Monuments of the Republic of Tatarstan. Kazan, Avarel'-art, 2007. 296 p. (In Russian)
5. Lepekhin I.I. Daily Travel Notes of the Doctor and Adjunct of the Academy of Sciences Ivan Lepekhin from Different Provinces of the Russian State in 1768 and 1769. St. Petersburg, 1771. 562 p. (In Russian)
6. Pallas P.S. Journey through Various Provinces of the Russian Empire. St. Petersburg, 1773. 786 p. (In Russian)
7. Eremeev P.V. The Report of the Lieutenant-Colonel Eremeev on the Exploration of Oil-Fields in Kazan, Simbirsk, and Samara Governorates. *Gorn. Zh.*, 1867, no. 2, pp. 333–361. (In Russian)
8. Schtukenberg A.A. Geological investigations in 1876. Preliminary report. *Tr. O-va. Estestvoispyt. Imp. Kazan. Univ.*, 1877, vol. 6, no. 2. 21 p. (In Russian)
9. Ososkov P.A. About the Age of Variegated Marlstone Stage and Its Relation to the Brachiopod Horizon of Zechstein. 1888. 42 p. (In Russian)
10. Nechayev A.V., Zamyatin A.N. Geological Studies in the northern part of Samara Governorate. St. Petersburg, Geol. kom., 1913. 208 p. (In Russian)
11. Noinskii M.E. Brief Essay of the History of Research on the Mineral Resources of the Republic of Tatarstan. 1932. 327 p. (In Russian)
12. Boronin V.P., Burov B.V. Magnetic properties and paleomagnetism of the Ufimian and Kazanian Upper Permian deposits of Tataria. *Apparatura, metodika i interpretatsiya geofizicheskikh nabludenii* [Equipment, Methodology, and Interpretation of Geophysical Observations]. Kazan, Izd. Kazan Univ., 1970, pp. 128–165. (In Russian)
13. Burov B.V., Zharkov I.Ya., Nurgaliev D.K. Magnitostratigrafic characteristic of the Upper Permian sections of the Volga and Kama River regions. *Stratotipy i opornye razrezy verkhnei permi Povolzh'ya i Prikam'ya* [Stratotypes and Basic Sections of the Upper Permian of in the Volga and Kama River regions]. Kazan, Ekotsentr, 1996, pp. 390–423. (In Russian)
14. Ignat'ev V.I. Bugulma horizon of the Lower Kazanian substage of the Russian platform. *Materialy po stratigrafii verkhnei permi na territorii SSSR* [Materials on the Stratigraphy of the Upper Permian in the USSR]. Kazan, Izd. Kaz. Univ., 1977, pp. 220–231. (In Russian)
15. Ignat'ev V.I., Giletin A.M., Urasina E.A., Kalyazin L.N. New data on the stratigraphy of the Kazan deposits of the cooper-bearing strip of Tataria. *Materialy po geologii vostoka Russkoi platformy* [Materials on the Geology of the East of the Russian Platform]. Kazan, Izd. Kazan. Univ., 1971, no. 3, pp. 12–17. (In Russian)
16. Forsch N.N. Volga-Ural oil and gas province. Permian sediments – Ufimian suite and Kazanian stage. *Tr. VNIGRI*, 1955, no. 92. 156 p. (In Russian)
17. Zhuravlev A.V., Kotlyar G.V., Shishlov S.B. Paleobiogeographical and biostratigraphical analysis of the Kazanian (Middle Permian) conodonts of the east Russian Platform – preliminary results. *Permophiles*, 2006, no. 48, pp. 15–20.
18. Vinokurov V.M., Zaripov M.M., Stepanov V.G. Studying of some Mn-containing carbonates by the EPR method, electron paramagnetic resonance. *Kristallografiya*, 1961, vol. 6, no. 1, pp. 104–108. (In Russian)
19. Bulka G.R., Nizamutdinov N.M., Mukhutdinova N.G., Vinokurov V.M., Galeev A.A. EPR probes in sedimentary rocks: the features of Mn<sup>2+</sup> and free radicals distribution in the Permian formation in Tatarstan. *Appl. Magn. Reson.*, 1991, vol. 2, no. 1, pp. 107–115.
20. Ezhova A.V. Lithology. Tomsk, Izd. Tomsk. Politekh. Univ., 2009. 335 p. (In Russian)
21. Murav'ev F.A. The lithological and mineralogical characteristic of the Permian marker carbonate horizons of the Republic of Tatarstan. *Cand. Geol. Sci. Diss.* Kazan, 2007. 219 p. (In Russian)

22. Nedolivko N.M. The Research of the Core in Oil and Gas Wells. Tomsk, Izd. Tomsk. Politekh. Univ., 2008. 158 p. (In Russian)
23. Reding H.G. Sedimentary Environments and Facies. Moscow, Mir, 1990. 352 p. (In Russian)
24. Nurgalieva N.G., Galeev A.A. Research of rocks by the EPR method. *Stratotipicheskii razrez tatarskogo yarusa na reke Vyatke* [Stratotypical Section of the Tatar Stage on the Vyatka River]. Moscow, GEOS, 2001, pp. 56–68. (In Russian)
25. Nurgalieva N.G., Khasanova N.M., Gabdrakhmanov R.R. Conditions of Urzhumian Sediments Formation according to EPR Data. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, 2010, vol. 152, no. 1, pp. 226–234. (In Russian)

Received  
May 22, 2015

---

**Fakhrutdinov Eduard Irekovich** – PhD Student, Department of Oil and Gas Geology, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

E-mail: *MKS-1989eduard@yandex.ru*

**Nurgalieva Nuriya Gavazovna** – Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Department of Oil and Gas Geology, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

E-mail: *Nurgal07@mail.ru*

**Khassanova Nailya Midkhatovna** – PhD in Physics and Mathematics, Research Assistant, Department of Mineralogy and Lithology, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

E-mail: *Nailia.Khasanova@kpfu.ru*

**Silantiev Vladimir Vladimirovich** – PhD in Geology and Mineralogy, Associate Professor, Head of the Stuckenberg Geology Museum, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

E-mail: *Vladimir.Silantiev@kpfu.ru*