

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ПОРОД БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ НА СУРГУТСКОМ СВОДЕ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

О.М. Макарова¹, Н.И. Коробова¹, А.Г. Калмыков¹, Г.А. Калмыков¹, Н.С. Балушкина¹,
В.С. Белохин¹, Е.В. Козлова², В.Л. Косоруков¹, Е.А. Мануилова¹

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

²Сколковский институт науки и технологий, Москва, Россия

В результате многолетних исследований отложений баженовской свиты предложена классификация типов пород, основанная на результатах макро- и микроизучения kernового материала, подтвержденных данными рентгенофазового и рентгенофлуорисцентного анализов и пиролиза. Основой работы послужили разрезы следующих структурно-тектонических зон: Сургутского свода, Салымского мегавала, Тундринской котловины, Малобалыкской мегаседловины и Северо-Вартовской мегатеррасы. Среди изученных отложений баженовской свиты выделены типы пород, которые различаются по компонентному составу и структурным признакам. При этом учитывалось соотношение следующих компонентов: кремнистых, глинистых и карбонатных минералов, а также керогена. В представленной классификационной схеме породообразующим считается тот компонент, содержание которого в породе превышает 10%. Таким образом, были выделены чистые разности – силициты и карбонаты (известняки и доломиты), а также смешанные (кремнесодержащие) породы с различным содержанием сингенетичного кремнистого вещества: глинисто-кремнистые, кремнисто-глинистые, карбонатно-кремнистые, кремнисто-карбонатные, глинисто-карбонатно-кремнистые с переменным содержанием минеральных компонентов. Кроме того, в силицитах, известняках и доломитах обособляются отдельные типы на основании их структурных признаков. По содержанию керогена породы были разделены на низкоуглеродистые (содержание керогена менее 10%), высокоуглеродистые (керогена 10-25%) и керогеновые (более 25% керогена).

Ключевые слова: баженовская свита, классификация пород, тип породы

DOI: <http://doi.org/10.18599/grs.19.1.16>

Для цитирования: Макарова О.М., Коробова Н.И., Калмыков А.Г., Калмыков Г.А., Балушкина Н.С., Белохин В.С., Козлова Е.В., Косоруков В.Л., Мануилова Е.А. Основные типы пород баженовской свиты на Сургутском своде и сопредельных территориях. *Георесурсы*. 2017. Спецвыпуск. Ч. 2. С. 155-164. DOI: <http://doi.org/10.18599/grs.19.1.16>

Введение

В настоящее время баженовская свита является наиболее перспективным и изучаемым объектом на территории РФ, с позиций открытия в ней залежей углеводородов. Но, несмотря на многочисленные исследования этих отложений, до сих пор не приняты критерии для выделения типов пород баженовской свиты. Это значительно затрудняет их систематизацию, так как зачастую многие исследователи применяют различную терминологию для характеристики одних и тех же пород.

Неоднозначен вопрос определения литологического состава пород баженовской свиты. Дополнительные сложности при определении минерального состава пород связаны с тем, что органическое вещество и кремнезем часто входят в состав пород в виде прочных органо-минеральных комплексов.

Типы пород баженовской свиты рассматривались большим числом авторов, в том числе предложивших ряд их классификационных схем (Гаврилов и др., 2015; Балушкина и др., 2014; Предтеченская и др., 2006; Полякова и др., 2002; Эдер, 2002; Коровина и др., 2001; Гурари и др., 1988; Нестеров и др., 1988; Зубков и др., 1985; Ушатинский и др., 1985; Чухланцева, 1985 и др.).

В данной статье мы предлагаем классификацию типов пород баженовской свиты, основанную на данных рентгенофазового и рентгенофлуорисцентного анализов (массовые доли), пиролиза, а также на результатах макро- и микроизучения kernового материала (общей мощностью 415 м). В ходе работы были использованы

материалы по скважинам, расположенным на Сургутском своде, Салымском мегавале, Тундринской котловине, Малобалыкской мегаседловине и Северо-Вартовская мегатеррасе.

В результате среди изученных отложений баженовской свиты выделены 24 типа пород, различающихся по компонентному составу и структурным признакам. При этом учитывалось соотношение следующих компонентов: кремнистых, глинистых, карбонатных минералов и керогена. Количество керогена на исследуемой территории варьирует, достигая в максимально обогащенных разностях 40%. В связи с этим, при составлении классификационных схем необходимо учитывать не только основные породообразующие минеральные компоненты, но и кероген, так как в составе пород баженовской свиты кероген является неотъемлемой частью матрицы, а иногда и ее преобладающим компонентом.

В представленной классификационной схеме породообразующим считается тот компонент, содержание которого в породе превышает 10%. Здесь различаются чистые разности – силициты и карбонаты (известняки и доломиты), а также смешанные (кремнесодержащие) породы с различным содержанием сингенетичного кремнистого вещества: глинисто-кремнистые, кремнисто-глинистые, карбонатно-кремнистые, кремнисто-карбонатные, глинисто-карбонатно-кремнистые с переменным содержанием компонентов (Табл. 1; Рис. 1). В каждом выделенном типе пород, за исключением карбонатов, распространены

Типы пород		Фото	Состав				Структура	Текстура	Включения
			SiO ₂ %	Гл, %	Крб, %	Кер, %			
Силициты	Радиоляриты		70-100	<10	<10	<10	Биоморфная и реликтовая биоморфная	М	
	Опоки								
Карбонаты	Ивестняки	Апорадиоляриевые	<10	<10	70-100	<10	Реликтовая биоморфная	М	
		Кристаллические					Кристалломорфная	М	
		Сгустково-комковатые					Сгустково-комковатая	М	
	Доломиты	Апорадиоляриевые					Реликтовая биоморфная	М	
		Кристаллические					Кристалломорфная	М	
Глинисто-кремнистые			40-70	10-40	<10	<10	Пелито-пелитоморфная, пелито-глобулярная, участками биоморфная	М	
Кремнисто-глинистые			10-40	40-70	<10	<10	Пелитоморфно-пелитовая, глобулярно-пелитовая	М	
Карбонатно-кремнистые			40-70	<10	10-40	<10	Кристалломорфно-пелитоморфная, реликтовая биоморфная	М	
Кремнисто-карбонатные			10-40	<10	40-70	<10	Пелитоморфно-кристалломорфная, реликтовая биоморфная	М	
Глинисто-карбонатно-кремнистые (с переменным содержанием компонентов)			10-50	10-50	10-50	<10	Пелито-пелитоморфная, микрозернистая	М	

Текстуры: М массивная, = горизонтальнослоистая, ∞ линзовидная, ⊞ пятнистая, ≡ ритмовая
 Включения: двустворки, прослои сложенные биокластами двустворок, онихиты, костные остатки рыб, аммоноидеи, пирит

Табл. 1. Основные типы низкоуглеродистых пород баженовской свиты на Сургутском своде и сопредельных территориях

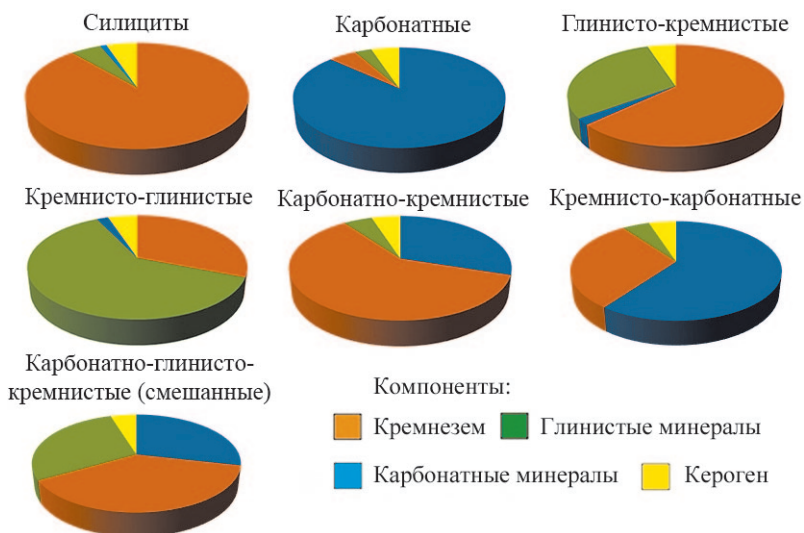


Рис. 1. Основные типы низкоуглеродистых пород баженовской свиты (по среднему содержанию компонентов)

высокоуглеродистые разности с содержанием керогена 10-25% (Табл. 2; Рис. 2). Породы, содержащие более 25% керогена, выделяются в отдельную группу керогеновых пород (Табл. 3; Рис. 3).

Кроме того, по структурным признакам силициты разделены на опоки и радиоляриты, известняки – на апорадиоляриевые, сгустково-комковатые и кристаллические разности, а доломиты – на апорадиоляриевые и кристаллические породы.

Ниже приведена литологическая характеристика выделенных типов пород.

Силициты широко распространены в отложениях баженовской свиты, содержание в них кремнезема по аналитическим данным превышает 70%, к ним часто приурочено нефте- и битумонасыщение. Среди них встречаются как породы с выраженной реликтовой радиоляриевой структурой – радиоляриты, так и с пелитоморфной – опоки. Содержание глинистой примеси в породах не превышает 10%, как правило, она

Типы пород	Фото	Состав				Структура	Текстура	Включения
		SiO ₂ , %	Гл., %	Крб., %	Кер., %			
Керогеново-кремнистые		70-90	<10	<10	10-25	Пелитоморфная, биоморфная	M =	
Керогеново-глинисто-кремнистые		40-70	10-40	<10	10-25	Пелито-пелитоморфная	∞ =	
Керогеново-кремнисто-глинистые		10-40	40-70	<10	10-25	Пелитоморфно-пелитовая	∞ =	
Керогеново-карбонатно-кремнистые		40-70	<10	10-40	10-25	Кристалломорфно-пелитоморфная	M ∞	
Керогеново-кремнисто-карбонатные		10-40	<10	40-70	10-25	Пелитоморфно-кристалломорфная	∞ =	
Керогеново-глинисто-карбонатно-кремнистые (с переменным содержанием компонентов)		10-50	10-50	10-50	10-25	Пелито-пелитоморфная, микрозернистая	∞ =	

Табл. 2. Основные типы высокоуглеродистых пород баженовской свиты на Сургутском своде и сопредельных территориях (усл. обозначения см. табл. 1)



Рис. 2. Основные типы высокоуглеродистых пород баженовской свиты (по среднему содержанию компонентов)

распределена неравномерно, представлена тонкочешуйчатыми агрегатами гидрослюды и смешаннослойных минералов. Содержание керогена – до 10%. Часто встречаются керогеново-кремнистые породы, характеризующиеся повышенным содержанием керогена от 10% до 25%.

Радиоляриты формируют пласты и слои толщиной от 0,1 м до 1,4 м, а также тонкие прослои в других типах пород (Рис. 4А). Породы характеризуются темно-коричневым, темно-серым и коричневато-серым цветом. Обладают массивной, горизонтальной, волнистой, иногда неясной горизонтальной, реже горизонтально-линзовидной текстурой, а также биоморфной и реликтовой биоморфной структурой (Рис. 5А). К ним нередко приурочено неравномерное нефтенасыщение.

В шлифах радиоляриты обладают реликтовой биоморфной (радиоляриевой) структурой, где основными породообразующими компонентами пород являются скелетные остатки радиолярий, количество которых может достигать 80-90%. Иногда скелеты радиолярий частично растворены и деформированы, при этом поперечные сечения целых раковин имеют диаметр от 0,05 до 0,5 мм.

Встречаются разности, которые обладают микрослоистостью, с чередованием тонких (толщиной 1-5 мм) слоев разного цвета и состава. Такие породы – ритмиты, обладают тонкой горизонтальной слоистостью, состоят из миллиметровых чередований прозрачных прослоев с выраженной реликтовой биоморфной структурой, а также прослоев, для которых характерна биоморфно-глобулярная структура кремнистого вещества. В светлоокрашенных разностях скелеты часто сложены халцедоном, обладающим зернистой и сферолитовой структурой, а их центральные части заполнены преимущественно темно-коричневым остаточным битуминозным веществом. Заполнитель (до 20-30%) имеет глинисто-керогеновый и глинисто-кремнисто-керогеновый состав. Темноокрашенные слои сложены кремнистым веществом глобулярной и пелитоморфной структуры. Содержание обломочной примеси в радиоляритах редко превышает 5%, а обычно составляет 1-3%. Среди обломочных зерен преобладают угловатые зерна кварца, кислых плагиоклазов диаметром до 0,01-0,03 мм. Среди аутигенных минералов, кроме глауконита и пирита, часто наблюдаются кристаллы доломита и кальцита.

Опоки – кремнистые породы с неясно выраженной первичной биоморфной структурой, наиболее распространены среди силицитов. Встречены в разрезах всех изученных скважин, где формируют самостоятельные пласты толщиной от 0,5 до 2-4 м, которые нередко расслоены слойками радиоляритов толщиной от 0,1 до 0,5 м, иногда до 0,2-0,3 м. Породы имеют бежевый, темно-коричневый, черный цвет, массивную, горизонтальную и горизонтально-линзовидную текстуру. Опокам свойственна глобулярная, биоморфно-глобулярная и пелитоморфная структура кремнистого вещества (Рис. 4Б). Основная масса таких пород сложена темно-коричневым и практически изотропным кремнистым веществом, иногда неравномерно насыщена линзовидными прослоями преимущественно

Типы пород	Фото	Состав				Структура	Текстура	Включения
		SiO ₂ %	Гл, %	Крб, %	Кер, %			
Кремнисто-керогеновые		50-75	<10	<10	>25	Пелитоморфная, биоморфная	M =	Π
Глинисто-кремнисто-керогеновые		30-65	10-30	<10	>25	Пелито-пелитоморфная, пелито-глобулярная	∞ =	Π
Кремнисто-глинисто-керогеновые		10-30	30-65	<10	>25	Пелитоморфно-пелитовая, глобулярно-пелитовая	∞ =	Π
Карбонатно-кремнисто-керогеновые		30-65	<10	10-30	>25	Кристалломорфно-пелитоморфная	M ∞	Π
Кремнисто-карбонатно-керогеновые		10-30	<10	30-65	>25	Пелитоморфно-кристалломорфная	∞ =	Π
Глинисто-карбонатно-кремнисто-керогеновые (с переменным содержанием компонентов)		10-50	10-50	10-50	>25	Пелито-пелитоморфная, микрозернистая	∞ =	Π

Табл. 3. Основные типы керогеновых пород баженовской свиты на Сургутском своде и сопредельных территориях (усл. обозначения см. табл. 1)



Рис. 3. Основные типы керогеновых пород баженовской свиты (по среднему содержанию компонентов)

деформированных скелетов радиолярий диаметром до 0,12-0,15 мм, которые группируются в невыдержанные линзовидные прослои толщиной 0,5-3 мм. Внутренние части многих раковин заполнены темно-коричневым битуминозным веществом, а иногда в различной степени перекристаллизованы и выполнены агрегатами аутигенного халцедона. При этом площадь таких участков перекристаллизации варьирует от 5% до 15-20%. На фоне основной кремнистой массы отчетливо различимы редкие чешуйки глинистых минералов в количестве до 10%. Содержание обломочной примеси варьирует от 1-3 до 7-10%, обычно представлена зернами кварца, кислых плагиоклазов, а также редко глауконита.

Часто встречаются кремнистые ритмиты с тонким (1-10 мм) чередованием опок и радиоляритов (Рис. 4В; 5Б).

Карбонатные породы встречены повсеместно. В их составе присутствуют: карбонатные минералы (70-100%), кремнезем (<10%), глинистые минералы (<10%) и кероген (<10%). Среди карбонатных пород здесь встречены пласты известняков и доломитов, толщина которых редко превышает 0,2-0,25 мм. Последние часто образуют линзы

и линзовидные прослои в кремнистых и карбонатно-кремнистых породах.

Известняки обладают серым, темно-серым до черного цветом массивной, пятнистой и неясной горизонтальной текстурами. По структуре среди них выделяются апарадиоляриевые, кристаллические и сгустково-комковатые разновидности.

Апарадиоляриевые известняки с реликтовой радиоляриевой структурой наиболее распространены на территории исследования. Для них характерны массивная, пятнистая, иногда неотчетливая горизонтальная микротекстура, а также кристалломорфная и реликтовая биоморфная структуры (Рис. 4Г, Д; 5В).

Основными пороодообразующими компонентами пород являются реликты скелетных остатков радиолярий (80-90%), большинство из которых полностью замещены аутигенным кальцитом.

Количество кальцита в таких породах обычно превышает 80% и среди них преобладает кальцит, в небольших количествах (0-5%) встречается доломит. Иногда реликтовая биоморфная структура пород плохо различима, преобладают кристалломорфные структуры (размер кристаллов от 0,01 до 0,1 мм). Формы кристаллов часто гипидиоморфные. Центральные части кристаллов обычно содержат примеси, в том числе керогена.

Пространство между кристаллами кальцита часто выполнено преимущественно кремнисто-керогеновой массой. Нередко такие известняки обладают слабым и неравномерным нефтенасыщением.

Кристаллические известняки. Первичная структура таких известняков плохо выражена. Породы имеют серый цвет, обладают горизонтальной слоистостью, часто нарушенной трещиноватостью. Трещины часто выполнены кальцитом, к ним приурочены каверны и пустоты, сформированные выщелачиванием. Размер каверн достигает 3x5 мм.

Известнякам свойственна кристалломорфная структура. Здесь иногда встречаются скопления конформных кристаллов мелкокристаллического строения с редкими

округлыми образованиями неясного генезиса. В пределах основной известковой массы отмечаются единичные порфирированные субидiomорфные кристаллы доломита. Основная масса таких пород часто пропитана темным остаточным битуминозным веществом, обладает повышенной трещиноватостью, трещины часто выполнены яснокристаллическим кальцитом и битумом.

Известняки сгустково-комковатые биохомогенного, вероятно, бактериального генезиса имеют бежево-серый, светло-серый цвет, часто обладают линзовидной, иногда косо-линзовидной текстурой, а также повышенной трещиноватостью. Структура пород сгустково-комковатая,

здесь отчетливо выделяются сгустки различной формы, комки диаметром от 0,05 до 0,3 мм, которые сложены микрокристаллическим, а сцементированы яснокристаллическим кальцитом (0,01-0,05 мм) (Рис. 3Е, Ж). Нередко включают многочисленные извилистые стилолитоподобные швы, которые выполнены темно-коричневым остаточным битуминозным веществом. Здесь часто встречаются трещины, минерализованные ясно-крупнокристаллическим кальцитом. Породы часто неравномерно нефтенасыщены.

В отложениях баженовской свиты эти типы известняков нередко образуют линзовидные прослои в силицитах

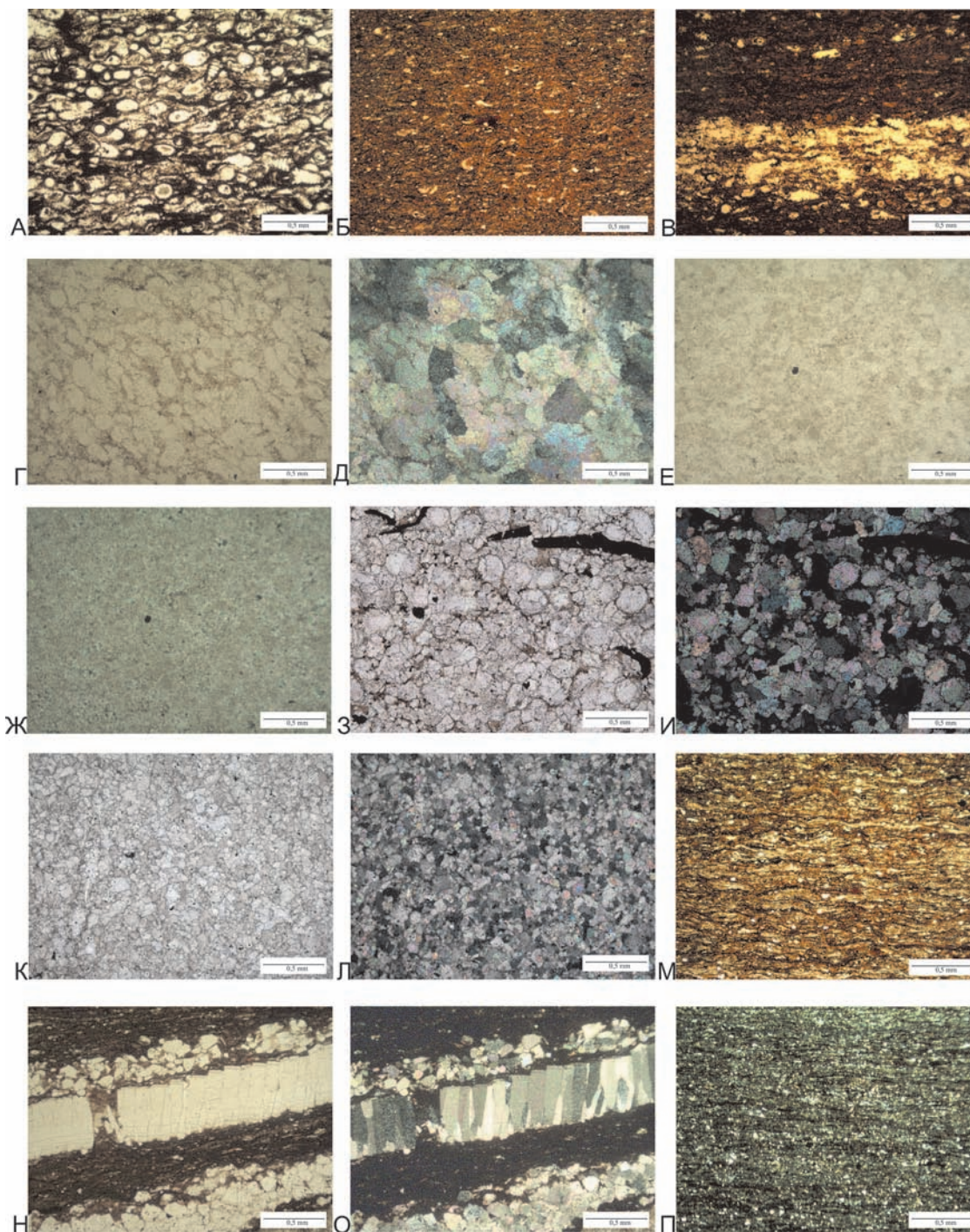


Рис. 4. Фотографии петрографических шлифов: А – радиоларит; Б – опока; В – кремнистый ритм; Г, Д – апорадиолариевый известняк; Е, Ж – органично-сгустковый известняк; З, И – апорадиолариевый доломит; К, Л – кристаллический доломит; М – керогеново-глинисто-кремнистая порода; Н, О – биокласты двусторок в керогеново-глинисто-кремнистой породе; П – кремнисто-глинистая порода (А, Б, В, Г, Е, З, К, М, Н, П – параллельные никели; Д, Ж, И, Л, О – скрещенные).

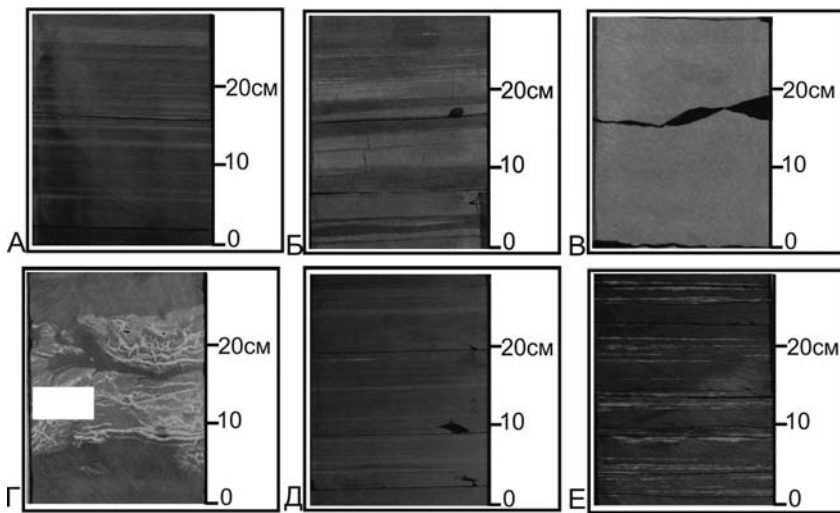


Рис. 5. Фотографии образцов керна: А – глинисто-кремнистая порода с прослоями радиоляритов (светло-серые); Б – кремнистый ритмит; В – апорадиоляриевый известняк; Г – органогенно-сугликовый известняк; Д – глинисто-кремнистый ритмит; Е – глинисто-кремнистая порода с биокластами раковин двустворок

и глинисто-кремнистых породах (например, на Южно-Ягунской площади) (Рис. 2Г).

Доломиты в отложениях баженовской свиты всегда имеют вторичное происхождение. Встречаются апорадиоляриевые разности с реликтовой биоморфной и кристаллической структурой. Для них характерно неравномерное нефте- и битумонасыщение.

Апорадиоляриевые доломиты с реликтовой радиоляриевой структурой серые, бежево-серые, с массивной и волнистой текстурой (Рис. 4З, И). Основными породообразующими компонентами пород являются скелетные остатки радиолярий алевро-песчаной размерности. Доломит обладает яснокристаллической структурой, нацело замещает раковины радиолярий, частично группируется и в межформенном пространстве пород. В интерстициях между кристаллами доломита отмечается темно-коричневое битуминозное вещество, обычно выполняющее роль цемента в породе. Редкие радиолярии не затронуты процессами доломитизации и сложены сфероагрегатами халцедона. Иногда содержат кальцит (0-7%). Кроме радиолярий в породе встречаются фрагменты онихитов размерами 0,1-0,25 x 2-2,5 мм.

Доломиты кристаллические образуют маломощные прослои толщиной до 0,1 мм в чередовании карбонатно-глинисто-кремнистых, кремнистых пород и известняков. Вторичные доломиты имеют бежевый цвет, им присуща горизонтально-линзовидная слоистость. Они иногда формируют выклинивающиеся линзы размером 0,5-1 x 4-5 см, которые характеризуются различной степенью перекристаллизации карбонатного вещества. Структура таких пород микро-тонкокристаллическая, иногда мелкокристаллическая, основная масса сложена кристаллами размером от 0,004 до 0,2 мм. Среди карбонатных минералов преобладает доломит (около 70%), нередко присутствует и кальцит (20-25%). Волнисто-линзовиднослоистые образования карбонатов в интерстициях и микролинзах содержат темно-коричневое органико-минеральное и битуминозное вещество. Эти микролинзы имеют размеры 0,03-0,05 x 0,08-0,2 мм, обладают неровными волнистыми границами, к ним

тяготеют стяжения и микроконкреционные образования пирита диаметром 0,005-0,015 мм. Среди биогенных компонентов встречаются фрагменты онихитов и костные остатки рыб (Рис. 4К, Л).

Глинисто-кремнистые и керогеново-глинисто-кремнистые породы и ритмиты наиболее распространены в отложениях баженовской свиты, встречены на всех изученных площадях. Породы состоят из кремнезема – 40-70%, глинистых минералов – 10-40%, карбонатных минералов – менее 10% и керогена – менее 10% низкоуглеродистые и 10-25% высокоуглеродистые разности. Они характеризуются серыми, темно-серыми и черными окрасками, обладают горизонтальной, неясной горизонтальной, горизонтально-линзовидной, иногда ритмитовой текстурой, а также пелито-пелитоморфной, пелито-глобулярной, участками реликтовой биоморфной структурой (Рис. 4М). На плоскостях напластования встречаются биогенный детрит и целые раковины двустворок, отпечатки аммонитов, целые фрагменты и детрит онихитов, костные остатки рыб, а также отдельные скелеты радиолярий и их скопления.

Основная масса пород представлена темно-серым полуизотропным глинисто-кремнистым и керогеново-глинисто-кремнистым веществом. В составе глинистых минералов доминируют агрегаты гидрослюд с примесью смешанослойных минералов. Распределение глинисто-кремнистого вещества неравномерно, так как глинистый и кремнистый материал группируется в микролинзы. Микролинзы глинистого состава имеют высокие интерференционные окраски, что говорит о существенно гидрослюдистом составе минералов. Изотропное и полуизотропное кремнистое вещество группируется в микролинзы размерами 0,05-0,1 x 0,15-0,5 мм, имеет пелитоморфную, реже микро-тонкозернистую структуру. Породы часто насыщены органическим веществом, по которому развивается пирит глобулярной и микроконкреционной структуры диаметром до 0,1-0,15 мм. Породы нередко включают биокласты двустворок, которые имеют размеры от 0,05 до 1,5 мм, обычно расположены горизонтально. Наиболее распространены биокласты раковин двустворок (бухий и иноцерам) с хорошо сохранившимся призматическим слоем, которые нередко формируют целые прослои, обогащенные раковинным детритом (Рис. 4Н, О; 5Е). Здесь встречаются разрозненные кристаллы кальцита, которые являются продуктом разрушения пластинчатых раковин двустворок.

Среди глинисто-кремнистых пород нередко встречаются ритмиты, которые сложены тонким от 0,5 мм до 3-5 мм чередованием слойков глинисто-кремнистого, кремнистого, керогеново-глинисто-кремнистого состава. Такие породы обладают полосчатой и тонко-полосчатой текстурой (Рис. 5Д). Породы нередко трещиноваты. Трещины субгоризонтальные, ветвящиеся, кулисообразные, часто открытые, шириной 0,005-0,1 мм.

Кремнисто-глинистые и керогеново-кремнисто-глинистые породы и ритмиты встречены на Южно-Ягунской, Пякяхинской и Южно-Приобской площадях,

где образуют маломощные прослои толщиной до 0,2 м, приуроченные к нижним частям разрезов. В составе этих пород преобладают глинистые минералы – 40-70%, также присутствует кремнезем – 10-40%, карбонатные минералы <10% и кероген – не более 10% в низкоуглеродистых разностях и 10-25% в высокоуглеродистых керогеново-кремнисто-глинистых породах. Породы имеют темно-серый и черный цвет, часто образуют тонкое до 1-2 мм толщиной чередование серий кремнистого и глинистого состава, обладают горизонтальной и неясной горизонтальной слоистостью.

В шлифах такие породы обладают тонкой горизонтальной и горизонтально-линзовидной слоистостью толщиной от 0,15 до 0,8-1 мм, а также глобулярно-пелитовой и пелитоморфно-пелитовой структурой (Рис. 4П).

Основная масса пород сложена чешуйчатыми агрегатами глинистых минералов тонко-мелкопелитовой структуры, равномерно тонко-горизонтально и тонко-горизонтально-линзовидно расслоенными бесцветным и изотропным кремнистым веществом. Глинистая и кремнистая компоненты пород часто группируются в микропрослои и микролинзы, формируя тонкоритмичное чередование серий соответствующего состава. Породы в различной степени содержат обломочную примесь зерен кварца и кислых плагиоклазов мелкоалевритовой структуры. Среди биогенных компонентов часто встречаются целые скелеты радиолярий, а также фрагменты онихитов. Часто встречаются высокоуглеродистые разности, содержащие значительное количество керогена (более 10% по результатам аналитических данных), которые характеризуются насыщенным темно-коричневым и черным цветом.

Карбонатно-кремнистые, керогеново-карбонатно-кремнистые, кремнисто-карбонатные и керогеново-кремнисто-карбонатные породы и ритмиты имеют бежево-коричневый, коричневый и серый цвет, обладают неравномерной реакцией с соляной кислотой. Карбонатно-кремнистые породы состоят из карбонатных минералов – 40-70%, кремнезема – 10-40%, глинистых минералов <10%, а также керогена <10% в низкоуглеродистых и 10-25% в высокоуглеродистых керогеново-карбонатно-кремнистых разностях. Кремнисто-карбонатные породы содержат 40-70% карбонатных минералов, 10-40% кремнезема, не более 10% глинистых минералов и кероген – менее 10% в низкоуглеродистых породах и 10-25% в высокоуглеродистых. Для пород характерны пятнистая, горизонтальная, горизонтально-линзовидная, линзовидная и ритмитовая текстуры. Нередко горизонтальная текстура подчеркнута вытянутыми фрагментами костных остатков рыб, онихитов. Структура таких пород пелитоморфная, кристалломорфная, глобулярно-кристалломорфная и реликтовая биоморфная (Рис. 6А, Б).

Часто среди карбонатных минералов присутствуют аутигенные кальцит и доломит, но нередко один из них преобладает. Нередко агрегаты халцедона-кварца выполняют роль заполнителя между кристаллами аутигенного доломита или кальцита. Процессы перекристаллизации кремнистого вещества и формирования аутигенных карбонатных минералов носят неравномерный, иногда избирательный характер. Нередко доломит и кальцит развиваются по раковинам радиолярий и полностью их

замещают. Здесь в интерстициях между кристаллами карбонатов иногда содержится остаточное битуминозное вещество, а также стяжения аутигенного пирита. Кремнисто-карбонатные и карбонатно-кремнистые породы образуют тонкие чередования с кремнистыми породами, а также маломощными слоями вторичных известняков или доломитов, иногда обладают неравномерным нефтенасыщением.

В породах в крайне незначительном количестве (2-6%) встречаются угловатые зерна обломочного кварца, удлиненно-призматических плагиоклазов.

Глинисто-карбонатно-кремнистые и керогеново-глинисто-кремнисто-карбонатные породы и ритмиты с переменным содержанием компонентов описаны на Южно-Ягунской, Новоортыгунской, Южно-Приобской, Малобалыкской, Средне-Назымской площадях. В составе пород по аналитическим данным содержатся: кремнезем (10-50%), карбонатные (10-50%) и глинистые минералы (10-50%), а также кероген (менее 10% в низкоуглеродистых и 10-25% в высокоуглеродистых разностях). Такие породы нередко обладают бурым, бежевым, светло-бежевым цветом, имеют горизонтальную и горизонтально-линзовидную слоистость, часто содержат линзовидные скопления и отдельные раковины двустворок, иногда их детрит с толщиной слоев от 1 до 10 мм. Обычно породам присущи пелитоморфные, пелито-пелитоморфные, реже реликтовые биоморфные и микрозернистые структуры (Рис. 6 В, Г, Д, Е).

Большая часть таких пород имеет смешанный глинисто-кремнисто-карбонатный состав, где среди карбонатных минералов преобладает кальцит. Чаше встречаются ритмиты глинисто-карбонатно-кремнистого состава, которые в шлифе часто обладают тонкой горизонтальной слоистостью с масштабом чередования слоев разного состава 0,5-2 мм. Здесь чередуются слои глинисто-карбонатно-кремнистого, глинисто-кремнисто-карбонатного, глинисто-кремнистого и кремнистого состава. Иногда породы содержат биокласты раковин двустворок или их детрит.

Основная масса таких пород обычно состоит из тонко-ритмичного чередования маломощных слоев глинисто-кремнистого и кремнисто-карбонатного состава. Слои, имеющие глинисто-кремнистый состав, сложены полуизотропным кремнистым веществом глобулярной структуры, а также чешуйчатыми агрегатами глинистых минералов. В пределах такой глинисто-кремнистой массы могут встречаться микролинзовидные обособления, сложенные более перекристаллизованным кремнистым веществом халцедон-кварцевого состава. Слои, имеющие кремнисто-карбонатный состав, преимущественно полуизотропны, обладают глобулярно-пелитоморфной структурой и пятнистой текстурой. Здесь могут встречаться обособления темно-коричневого битуминозного вещества, которые выполняют интерстиции между различными компонентами породы.

Кроме двустворок в породах данного типа также встречаются фрагменты онихитов, костных остатков рыб, скелеты радиолярий и кокколитофорид. Среди аутигенных минералов в незначительном количестве встречаются доломит, сидерит, но обычно преобладает пирит, содержание которого может достигать 8-10%.

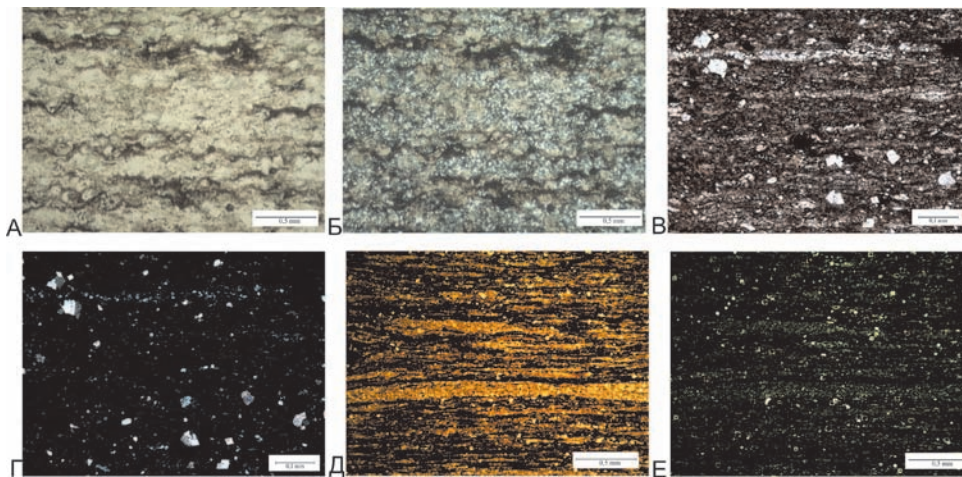


Рис. 6. Фотографии петрографических шлифов: А, Б – карбонатно-кремнистая порода; В, Г – керогеново-глинисто-карбонатно-кремнистая порода; Д, Е – керогеново-карбонатно-глинисто-кремнистый ритм (А, В, Д – параллельные никели; Б, Г, Е – скрещенные).

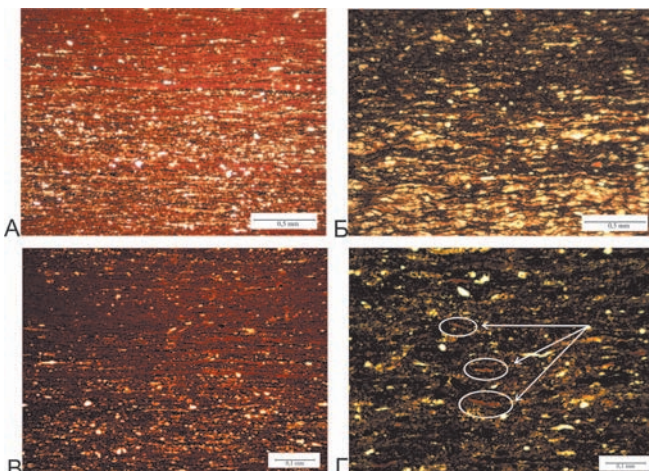


Рис. 7. Фотографии петрографических шлифов: А – глинисто-кремнисто-керогеновая порода; Б – ритм глинисто-кремнисто-керогеновый; В – прослои и линзы коллоальгинита в глинисто-кремнисто-керогеновой породе; Г – линзы липтодетринита в глинисто-кремнисто-керогеновой породе

Керогеновые породы выделены по повышенному содержанию керогена – более 25% в их составе. Среди них выделяются 6 типов: кремнисто-керогеновые, глинисто-кремнисто-керогеновые, кремнисто-глинисто-керогеновые, карбонатно-кремнисто-керогеновые, кремнисто-карбонатно-керогеновые и смешанные глинисто-карбонатно-кремнисто-керогеновые породы с переменным содержанием минеральных компонентов. В изученных в ходе работы образцах зерна максимальное количество керогена составляет 40% (по массе). Породы имеют черный и темно-коричневый цвет, горизонтальнослоистую и линзовидную текстуру. Горизонтальная текстура часто подчеркнута вытянутыми фрагментами костных остатков рыб и онихитов. Здесь встречаются скелеты радиолярий и кокколитофориды. Структура таких пород обычно пелито-глобулярная, пелито-пелитоморфная, участками микрозернистая. Органическое вещество часто пиритизировано. Из-за высокого содержания керогена породы обычно полуизотропны. Бесструктурное темно-коричневое органическое вещество равномерно или послойно-линзовидно насыщает породу,

часто встречается в виде пленок толщиной 0,008-0,04 мм. Иногда встречаются пленки толщиной до 0,01 мм и микролинзы размером 0,01-0,015x0,05 мм, сложенные бесструктурным желтым водорослевым веществом (коллоальгинитом), а также микролинзы и микропрослои ярко-красного цвета толщиной 0,2-1 мм, сложенные коллоальгинитом. Также встречаются микролинзовидные обособления шириной 0,008-0,02 и длиной 0,02-0,03 мм, выполненные липтодетринитом оранжево-желтого цвета (Рис. 7).

Выводы. Основной отличительной особенностью отложений баженовской свиты является ее обогащенность кремнеземом и керогеном. При выделении типов пород, слагающих свиту, необходимо учитывать соотношение основных породообразующих компонентов: кремнезема, глинистых и карбонатных минералов, керогена, а также структурные признаки пород. По содержанию керогена породы были разделены на низкоуглеродистые (где керогена менее 10%), высокоуглеродистые (керогена 10-25%) и керогеновые (более 25% керогена). Среди низкоуглеродистых отложений баженовской свиты на изученной территории выделены 12 основных типов пород, в высокоуглеродистых и керогеновых разностях – по 6 типов. Выделение большего числа типов пород в отложениях баженовской свиты нерационально в связи со сложностями, возникающими при их разделении как при визуальном изучении (в зерне и шлифах), так и при интерпретации комплексов ГИС. Однако, вероятно выделение новых типов пород при изучении баженовской свиты в других районах Западной Сибири.

Литература

- Балушкина Н.С., Калмыков Г.А., Хамидуллин Р.А., Белохин В.С., Коробова Н.И., Петракова Н.Н., Бакай А.И. Комплексная литофизическая типизация пород баженовской свиты по данным зерна и комплексу ГИС. *Мат-лы Росс. техн. нефтегазовой конф. и выставки SPE по разведке и добыче*. М. 2014.
- Гаврилов А.Е., Жуковская Е.А., Тугарова М.А., Остапчук М.А. Целевая классификация пород баженовской свиты (на примере месторождений центральной части Западной Сибири). *Нефтяное хозяйство*. 2015. 12. С. 38-40.
- Гурари Ф.Г., Вайц В.Я., Меленевский В.Н., Москвин В.И., Перозин Г.Н., Предтеченская Е.А., Рудницкая Д.И., Стасова О.Ф., Фролов В.Х., Фролова В.А. Условия формирования и методика поисков залежей нефти в аргиллитах баженовской свиты. М: Недра. 1988. 199 с.
- Зубков М.Ю., Сонич В.Л., Чухланцева В.Я. Литолого-геохимические особенности отложений баженовской свиты. В сб. трудов: *Особенности подсчета запасов нефти в баженовских отложениях Западной Сибири*. Тюмень. 1985. С. 72-83.
- Коровина Т.А., Кропотова Е.П., Федорцов И.В. (ТО «СургутНИПИнефть»). Особенности вещественного состава пород баженовской свиты Ай-Пимского месторождения. *Геология и геолого-разведочные работы*. 2001. № 6. С. 18-21.
- Нестеров И.И., Петросян Л.Г., Сонич В.П., Хабаров В.В. Исследование нефтегазоносных разрезов баженовской свиты. Обзор. М: ВНИИ экон. минер. сырья и геол.-развед. работ, ВИЭМС. 1988. 57 с.
- Полякова И.Д., Кроль Л.А., Перозин Г.Н., Предтеченская Е.А. Баженовская свита: литолого-геохимическая классификация и седиментационная модель. *Геология и геофизика*. 2002. Т. 43. № 3. С. 225-236.
- Предтеченская Е.А., Кроль Л.А., Гурари Ф.Г., Сапьяник В.В., Перозин Г.Н., Малюшко Л.Д. О генезисе карбонатов в составе

баженовской свиты центральных и юго-восточных районов Западно-Сибирской плиты. *Литосфера*. 2006. № 4. С. 131-148.

Ушатинский И.Н., Харин В.С. Типы и состав пород баженовской свиты. Строение и нефтеносность баженовской свиты. Тюмень, ЗапСибНИГНИ. 1985. С. 54-64.

Чухланцева В.Я. Особенности количественного анализа минерального состава пород баженовского типа. В сб. трудов: *Особенности подсчета запасов нефти в баженовских отложениях Западной Сибири*. Тюмень. 1985.

Эдер В.Г. Применение кластерного анализа для выделения типов пород баженовской свиты по содержанию основных породообразующих оксидов. *Геохимия*. 2002. № 2. С. 233-238.

Сведения об авторах

Оксана Михайловна Макарова – инженер, магистр, кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1

Наталья Ивановна Коробова – ассистент, специалист, кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1

Антон Георгиевич Калмыков – инженер, кандидат химических наук, кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1
Тел: +7(926)156 99 28, e-mail: a.g.kalmykov@gmail.com

Георгий Александрович Калмыков – ведущий научный сотрудник, доктор геолого-минералогических наук, кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1
Тел: +7(495)930 81 73, e-mail: gera64@mail.ru

Наталья Сергеевна Балушкина – научный сотрудник, кандидат геолого-минералогических наук

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1

Василий Сергеевич Белохин – научный сотрудник, кандидат физико-математических наук, кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1

Елена Владимировна Козлова – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, Центр Добычи Углеводородов

Сколковский институт науки и технологий
Россия, 143026, Москва, ул. Нобеля, 3

Владимир Леонидович Косоруков – старший преподаватель, кафедра литологии и морской геологии

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1

Екатерина Алексеевна Мануилова – инженер, магистр, кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1

Статья поступила в редакцию 01.03.2017;

Принята к публикации 25.03.2017;

Опубликована 20.05.2017

The main rock types of the Bazhenov formation on the Surgut arch and adjacent territories

O.M. Makarova¹, N.I. Korobova¹, A.G. Kalmykov¹, G.A. Kalmykov¹, N.S. Balushkina¹, V.S. Belokhin¹, E.V. Kozlova², V.L. Kosorukov¹, E.A. Manuilova¹

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russia

Abstract. As a result of long-term studies of the Bazhenov Formation sediments a classification of rock types based on the results of macro- and micro-study of core material, confirmed by the results of X-ray diffraction and X-ray fluorescence analyzes and pyrolysis, was proposed. The classification was based on the following structural-tectonic zones: the Surgut arching, the Salym megaswell, the Tundrin depression, the Malobalik mega anticline and the North Vartov mega-terrace. Among the studied sediments of the Bazhenov formation there are types of rocks that differ in their component composition and structural features. The ratio of the following components was taken for determining rock types: siliceous, clayey, carbonate minerals, and kerogen. In the presented classification scheme, the rock-forming component is the one whose content in the rock exceeds 10%.

Thus, there were determined pure differences – silicites and carbonates (limestones and dolomites) and mixed (siliceous) rocks with different content of syngenetic siliceous substance: clay-siliceous, siliceous-argillaceous, carbonate-siliceous, siliceous-carbonate, clay-carbonate-siliceous with variable content of mineral components. In addition, separate types are isolated in silicites, limestones and dolomites on the basis of their structural features. According to the content of kerogen, the rocks were divided into low-carbon (kerogen content less than 10%), high-carbon (kerogen 10-25%) and kerogen (more than 25% kerogen) types.

Keywords: Bazhenov Formation, classification of rock, types of rocks

For citation: Makarova O.M., Korobova N.I., Kalmykov A.G., Kalmykov G.A., Balushkina N.S., Belokhin V.S., Kozlova E.V., Kosorukov V.L., Manuilova E.A. The main rock types of the Bazhenov formation on the Surgut arch and adjacent territories. *Georesursy = Georesources*. 2017. Special issue. Part 2. Pp. 155-164. DOI: <http://doi.org/10.18599/grs.19.16>

References

- Balushkina N.S., Kalmykov G.A., Khamidullin R.A., Belokhin V.S., Korobova N.I., Petrakova N.N., Bakai A.I. Complex lithophysical typing of rocks of the Bazhenov suite according to the core data and the GIS complex. *Mat-ly Ross. tekhn. neftegazovoi konf. i vystavki SPE po razvedke i dobyche* [Proc. Russian technical oil and gas conference and SPE exhibition on exploration and production]. Moscow. 2014. (In Russ.)
- Gavrilov A.E., Zhukovskaya E.A., Tugarova M.A., Ostapchuk M.A. Target classification of rocks of the Bazhenov suite (on the example of deposits in the central part of Western Siberia). *Neftyanoe khozyaistvo = Oil industry*. 2015. 12. Pp. 38-40. (In Russ.)
- Gupapi F.G., Vaits V.Ya., Melenevskii V.N., Mockvin V.I., Pepozio G.N., Ppedtechenckaya E.A., Pudnitskaya D.I., Ctacova O.F., Fpolov V.X., Fpolova V.A. Usloviya fopmipovaniya i metodika poickov zalezhei nefiti v apgillitax bazhenovckoi cvity [Conditions of formation and methods of prospecting for oil deposits in the Bazhenov suite apgillites]. Moscow: Nedra. 1988. 199 p. (In Russ.)
- Zubkov M.Yu., Sonich V.L., Chukhlantseva V.Ya. Lithological and geochemical features of the deposits of the Bazhenov suite. In the collection. *V sb. trudov: Osobennosti podscheta zapasov nefiti v bazhenovskikh otlozheniyakh Zapadnoi Sibiri* [Features of the calculation of oil reserves in the Bazhenov deposits of Western Siberia: Coll. papers]. Tyumen. 1985. Pp. 72-83. (In Russ.)
- Korovina T.A., Kropotova E.P., Fedortsov I.V. (TO «SurgutNIPInefb»). Features of the material composition of rocks of the Bazhenov formation of the Ai-Pimsky deposit. *Geologiya i geologo-razvedochnye raboty* [Geology and geological exploration work]. 2001. No. 6. Pp. 18-21. (In Russ.)
- Nesterov I.I., Petrosyan L.G., Sonich V.P., Khabarov V.V. Study of oil and gas bearing sections of the Bazhenov suite. Overview. Moscow: VNII ekon. miner. syr'ya i geol-razved. robot, VIEMS. 1988. 57 p. (In Russ.)
- Polyakova I.D., Krol' L.A., Perozio G.N., Predtechenskaya E.A. Bazhenov suite: lithological and geochemical classification and sedimentation model. *Geologiya i geofizika = Geology and geophysics*. 2002. V. 43. No. 3. Pp. 225-236. (In Russ.)
- Predtechenskaya E.A., Krol' L.A., Gurari F.G., Sap'yanik V.V., Perozio G.N., Malyushko L.D. On the genesis of carbonates in the composition of the Bazhenov suite of the central and south-eastern regions of the West Siberian plate. *Litosfera = Lithosphere*. 2006. No. 4. Pp. 131-148. (In Russ.)
- Ushatinckii I.N., Kharin V.C. Types and composition of the Bazhenov suite. *Formation and oil content of the Bazhenov suite*. Tyumen: ZapCibNIGNI. 1985. Pp. 54-64. (In Russ.)
- Edep V.G. Application of cluster analysis to distinguish the types of rocks of the Bazhenov suite according to the content of the basic pore forming oxides. *Geokhimiya = Geochemistry*. 2002. No. 2. Pp. 233-238. (In Russ.)
- Chukhlantseva V.Ya. Features of the quantitative analysis of the mineral composition of Bazhenov type rocks. V sb. trudov: *Osobennosti podscheta zapasov nefiti v bazhenovskikh otlozheniyakh Zapadnoi Sibiri* [Features of the calculation of oil reserves in the Bazhenov deposits of Western Siberia: Coll. papers]. Tyumen. 1985. (In Russ.)

About the Authors

Oksana M. Makarova – Engineer, Master in Geology, Petroleum Geology Department
Lomonosov Moscow State University
Russia, 119234, Moscow, Leninskie gory, 1

Nataliya I. Korobova – Assistant, Researcher, Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University
Russia, 119234, Moscow, Leninskie gory, 1

Anton G. Kalmykov – Engineer of the Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University
Russia, 119234, Moscow, Leninskie gory, 1
Phone: +7(926)156 99 28, e-mail: a.g.kalmykov@gmail.com

Georgii A. Kalmykov – Engineer of the Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University
Russia, 119234, Moscow, Leninskie gory, 1
Phone: +7(495)930 81 73, e-mail: gera64@mail.ru

Nataliya S. Balushkina – Researcher, PhD in Geology and Mineralogy, Petroleum Geology Department
Lomonosov Moscow State University
Russia, 119234, Moscow, Leninskie gory, 1

Vasilii S. Belokhin – Researcher, PhD in Physics and Mathematics, Petroleum Geology Department
Lomonosov Moscow State University
Russia, 119234, Moscow, Leninskie gory, 1

Elena V. Kozlova – PhD in Geology and Mineralogy, Senior Researcher, Hydrocarbon Production Centre Skolkovo Institute of Science and Technology
Russia, 143026, Moscow, Nobel St., 3

Vladimir L. Kosorukov – Senior Lecturer, Department of Lithology and Marine Geology
Lomonosov Moscow State University
Russia, 119234, Moscow, Leninskie gory, 1

Ekaterina A. Manuilova – Engineer, Master in Geology, Petroleum Geology Department
Lomonosov Moscow State University
Russia, 119234, Moscow, Leninskie gory, 1

Manuscript received 1 March 2017;

Accepted 25 March 2017;

Published 20 May 2017