

ГЕОЛОГИЯ НЕФТИ И ГАЗА

О РОЛИ СКЕЛЕТНОГО И БЕССКЕЛЕТНОГО БИОГЕННОГО МАТЕРИАЛА
В ФОРМИРОВАНИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ

Ю.Н. Занин, А.Г. Замирайлова, В.Р. Лившиц, В.Г. Эдер

Институт геологии нефти и газа СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Коптога, 3, Россия

Органическое вещество высокоуглеродистой „черносланцевой“ верхнеюрской—нижнемеловой баженовской свиты центральной части Западно-Сибирского морского бассейна складывается, как это установлено предыдущими исследователями, почти исключительно сапропелевым планктонным материалом, в качестве источника которого рассматривались микроорганизмы с кремнистым скелетом (в первую очередь радиолярии) и бесскелетные образования (бактериальные и водорослевые). Однако проведенный сравнительный анализ содержания органического углерода в породах свиты с содержанием его в радиоляритах и радиоляриевых илах ряда регионов показал, что вклад кремнескелетных организмов в накопление органического вещества в баженовской свите не достигал 1 %. Этот вывод подтверждается корреляционным анализом, проведенным отдельно по двум главным типам пород свиты — кремнисто-глинистым (баженовитам) и глинистым (аргиллитам), показавшим отсутствие в той и другой породе значимой корреляции между содержаниями органического углерода и кварца, имеющего в свите преобладающе аутигенный характер.

Верхняя юра—нижний мел, баженовская свита, черные сланцы, органический углерод, первичная природа, Западная Сибирь.

THE ROLE OF SKELETAL AND NONSKELETAL BIOGENIC MATERIAL IN THE ACCUMULATION
OF THE ORGANIC MATTER OF THE BAZHENOV FORMATION

Yu.N. Zanin, A.G. Zamirailova, V.R. Livshits, and V.G. Eder

Organic matter of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous highly carbonaceous black-shale Bazhenov Formation in the central part of the West Siberian sea basin is composed of predominantly sapropelic planktonogenic material, which was earlier assumed to have derived from siliceous-skeletal microorganisms (first of all, radiolarians) and nonskeletal ones (bacteria and algae). Comparative analysis for organic carbon in the formation rocks and in radiolarites and radiolarian oozes from some other areas showed that the siliceous-skeletal organisms make up <1% of the organic matter of the Bazhenov Formation. This is confirmed by correlation analysis of two main types of Bazhenov rocks — siliceous-argillaceous (bazhenovites) and argillaceous (mudstones), — which showed the absence of correlation between the contents of organic carbon and quartz (which is mainly authigenic) for both rocks.

Upper Jurassic-Lower Cretaceous, Bazhenov Formation, black shales, organic carbon, primary rock, West Siberia

ВВЕДЕНИЕ

Баженовская свита поздней юры—раннего мела Западно-Сибирского морского бассейна традиционно рассматривается как основной продуцент углеводородов для месторождений нефти и газа Западной Сибири, при этом нефтеносной является и сама свита. Одна из особенностей баженовской свиты — высокое содержание в ней органического углерода, достигающее в отдельных случаях 20 % и более, позволяющее рассматривать ее в качестве черносланцевой формации. Высоко также и содержание минералов свободного кремнезема. Относимые к баженовской свите отложения изучались многими исследователями [Сверчков, 1958, 1959; Гурари, 1959; Запивалов, 1960; Гурова, 1960; Гурова, Казаринов, 1962; Гурари и др., 1963, 1988; Конторович и др., 1967, 1971, 1975; Гольберт, 1968; Гурари, Гурари, 1974; Захаров, Радостев, 1975; Конторович, 1976; Крылов и др., 1978; Булынникова и др., 1978; Ушатинский, 1979, 1981; Лебедев и др., 1979; Нестеров, 1979, 1980; Мазур, 1980; Неручев и др., 1980; Трофимук, Карагодин, 1981; Москвин, 1983; Дорофеева и др., 1983; Филина и др., 1984; Рыльков, Григорьева, 1985; Брадучан и др., 1986; Лопатин и др., 1987; Сараев, 1987; Зубков, Мормышев, 1987; Гурари и др., 1988;

Нефтегазоносные..., 1994; Захаров и др., 1998; Замирайлова и др., 2000; Бейзель и др., 2002; Полякова и др., 2002; Эдер и др., 2003; и др.], при этом значительное внимание уделялось первичной природе органического вещества свиты. Уже на относительно ранних стадиях исследования был сделан вывод о сапропелитовом характере органического вещества среднеюрских и нижнемеловых отложений Западно-Сибирской низменности [Сверчков, 1958, 1959]. Позднее было подтверждено, что сапропелевый материал является планктогенным. Он характерен для отложений глубоководной центральной части баженовского моря, тогда как в прибрежных частях органическое вещество имело гумусово-сапропелевый характер [Конторович и др., 1967, 1971; Булыникова и др., 1978]. В настоящее время указанная концепция является общепризнанной, но также высказывались различные точки зрения на природу этого сапропелевого материала. Так, по мнению И.Н. Ушатинского [1979, с. 252], „основным источником биогенного кремнезема в отложениях (баженовской свиты — Ю.З.) являются диатомеи, следовательно, они же служили основным источником органического вещества, вклад остальных организмов подчиненный“. Этот тезис отражен и в более поздних публикациях автора [Ушатинский, 1981, 1984]. Многие авторы рассматривают, однако, первичную природу органического вещества, связанную как с кремнескелетными организмами, так и с бесскелетными, а также с растительным материалом. По представлениям С.И. Филиной с соавторами [1984, с. 23], источником органического вещества баженовской свиты „были преимущественно планктонные организмы, радиолярии и водоросли“. При этом указанные авторы [с. 33] отмечали, что „области с высоким содержанием $S_{орг}$ совпадают с областями, характеризующимися повышенным содержанием пиритного железа, свободного кремнезема и пониженным содержанием карбоната и алевритовой примеси“. Близкий тезис приведен в несколько более поздней работе [Занин и др., 1997, с. 25], в которой был сделан вывод, что „исходя из весьма высокой корреляции ОВ с кремнеземом и значительного его содержания, можно предполагать, что именно радиолярии наряду с бесскелетным, главным образом бактериальным планктоном, являлись основным поставщиком органического углерода в осадок“. Ранее Т.Ф. Дорофеева с соавторами [1983, с. 14], указывая на наблюдаемую „прямую зависимость между содержанием органического вещества и свободного органогенного кремнезема“, отмечали здесь же необязательность для некоторых районов „совпадения органического вещества и аутигенного кремнезема“.

Высказывалась, наконец, точка зрения, в которой кремнескелетным организмам в накоплении органического углерода в породах баженовской свиты места вообще не находилось или им отводилась подчиненная роль, тогда как наибольшее количество органического вещества баженовской свиты „поступало в захоронение в результате смены поколений зеленых водорослей, скорее всего, празинофицей (*Pterosperrmella* и др.)“ [Брадучан и др., 1986, с. 87]. Тем не менее тенденция оценки совместного содержания в баженовской свите биогенного кварца и органического углерода сохранялась. Так, А.Э. Конторовичем с соавторами [1998, с. 1478] отмечалось, что „биогенный кремнистый и углеродистый (планктонно- и бактериогенный) материал в разрезах баженовской свиты в центральной части бассейна превышает 50 %“.

Как видно, на вопрос о природе первичного материала, участвовавшего в накоплении органического вещества в составе баженовской свиты, высказывались принципиально различные точки зрения. С одной стороны, в качестве такого источника рассматривались почти исключительно организмы с кремнистым скелетом, с другой — их роль практически не принималась во внимание. Рассмотреть эту проблему является целью настоящей статьи.

МЕТОДИКА РАБОТ

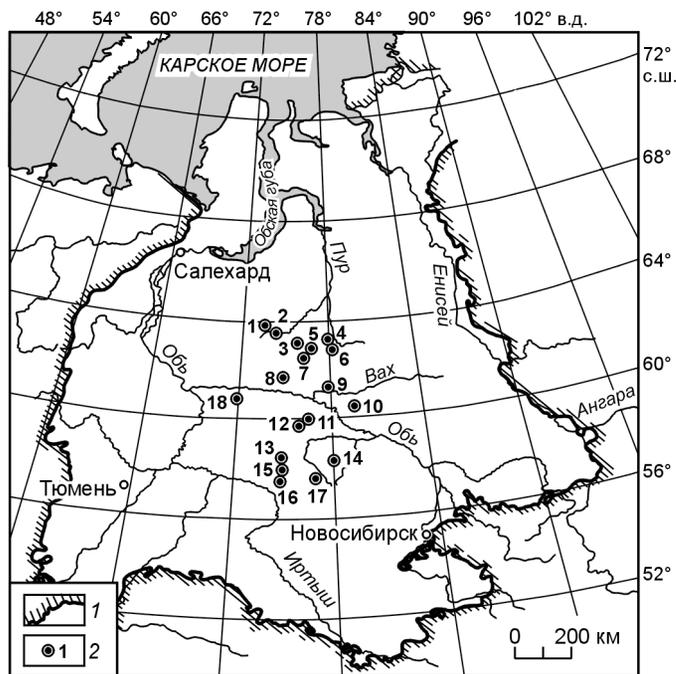
Надежность методического обоснования работы должна быть оценена с трех позиций: представительности использованного материала, достоверности аналитических определений, обоснованности их интерпретации. Для исследования была подобрана коллекция из 198 образцов углеродистых пород баженовской свиты из 18 скважин центральной части бассейна. По всем образцам было проведено определение содержания органического углерода и сделан химический анализ на основные порообразующие компоненты (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , CaO , MgO , MnO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 , CO_2 , $S_{сульфатная}$, $S_{сульфидная}$). Данные химического анализа пересчитывались на минералогический состав по методике О.М. Розена, Ю.А. Нистратова [1984]. Для обоснования принимаемого метода анализа связи содержаний органического углерода и минеральных компонентов породы были составлены гистограммы частотного распределения содержаний $S_{орг}$ кварца, глины, пирита, а также корреляционные поля точек соотношения содержаний органического углерода с кварцем, глинистым материалом, пиритом. Анализировалось и соотношение содержаний органического углерода и аутигенного кремнезема в породах баженовской свиты с содержанием их в радиоляритах и радиоляриевых илах, имея в виду преобладающе радиоляриевый состав кремнисто-скелетных планктонных организмов в свите.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗУЧЕННОГО МАТЕРИАЛА

Баженовская свита, возраст которой определяется как волжский ярус (титон) верхней юры—низы берриасского яруса нижнего мела, распространена в пределах Западно-Сибирской геосинеклизы на

Рис. 1. Схема расположения изученных скважин.

1 — граница Западно-Сибирской плиты, 2 — изученные скважины: 1 — № 423 Сугмутской площади, 2 — № 17 Южно-Пякутинской площади, 3 — № 15 Ортыгунской площади, 4 — № 12 Ярайнерской площади, 5 — № 317 Вынгапууровской площади, 6 — № 50, 51 Южно-Ярайнерской площади, 7 — № 123 Западно-Котухтинской площади, 8 — № 8155 Северо-Нивагальской площади, 9 — № 199 Ершовой площади, 10 — № 1 Новонадеждинской площади, 11 — № 520 Среднекульганской площади, 12 — № 482 Северо-Чистинной площади, 13 — № 2287 Первомайской площади, 14 — № 2 Толпаровской площади, 15 — № 11 Двуреченской площади, 16 — № 201 Крапивинской площади, 17 — № 1 Северо-Фестивальной площади, 18 — № 1183 Северо-Салымской площади.



площади более 1 млн км² [Конторович и др., 1975; Брадучан и др., 1986; Нефтегазосные..., 1994] при мощности на большей части площади в пределах 20—30 м. Свита сложена тонкодисперсными углеродистыми глинисто-кремнистыми породами с переменным содержанием того и другого компонента.

Содержание органического углерода в породах свиты в отдельных случаях может достигать и даже превышать 20 %; среднее содержание его по главным типам пород будет приведено ниже. Наряду с высоким содержанием органического углерода, свита характеризуется повышенным содержанием пирита. В составе свиты присутствуют также маломощные прослои карбонатов, занимающие в ее объеме, по данным С.И. Филиной с соавторами [1984], 2—3 % от общей мощности свиты, прослои радиоларитов и спорадически встречающиеся глинисто-алевритопесчаные породы аномальных разрезов, общее содержание которых не достигает и 0.1 %. В составе тонкозернистых глинисто-кремнистых пород почти постоянно присутствует примесь алевритового материала в количестве не более первых процентов. Низкое содержание зерен обломочного кварца алевритовой размерности позволяет рассматривать основную его массу в свите в качестве аутигенного. Петрография пород баженовской свиты рассматривалась значительным числом авторов, в том числе предложивших ряд их классификационных схем [Ушатинский, 1981; Дорофеева и др., 1983; Нестеров, 1985; Нестеров, Ушатинский, 1985; Ушатинский, Харин, 1985; Гурари и др., 1988; Эдер, 2002; и др.]. Нами [Занин и др., 1997, 1999; Конторович и др., 1998] в генерализованном плане все глинисто-кремнистые породы баженовской свиты разделены на две группы. Первая из них (баженовиты) включает собственно глинисто-кремнистые породы и силициты, вторая — аргиллиты.

Предыдущими авторами баженовские отложения (за исключением аномальных разрезов) рассматривались как продукт медленной седиментации. Так, „чрезвычайно малая скорость седиментации“ баженовской свиты принималась Ф. Г. Гурари с соавторами [1988, с. 98], на низкий темп седиментации отложений (в среднем 0.003 мм/год) указывал И.Н. Ушатинский [1981], „небольшие скорости осадконакопления во внутренних районах седиментационного бассейна“ при формировании баженовской свиты отмечали М.В. Корж, С.И. Филина [1980, с. 9]. Однако на основе анализа темпа седиментации отмеченных выше двух групп пород баженовской свиты, отвечающих им показателей солености, характера распределения в них фаунистических остатков, содержания органического углерода было предположено, что медленный темп седиментации отвечает только группе собственно глинисто-кремнистых пород (баженовитов), тогда как аргиллиты представляют продукт отложения из турбидитных потоков [Занин и др., 1999], характеризуемых значительно более высоким темпом осадконакопления. Эта концепция была позднее подтверждена седиментологическим анализом [Занин и др., 2004, 2005]. Исследованный материал включал обе эти группы пород и интерпретировался как в их суммарном объеме, так и раздельно, имея в виду его различную генетическую природу. При этом микротекстурным анализом было показано, что материал свиты после своего отложения какого-либо перемещения или взмучивания не претерпел [Занин и др., 2005].

Схема расположения изученных скважин приведена на рис. 1.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

Для решения вопроса о роли кремнисто-скелетных и бесскелетных организмов в концентрации органического вещества в баженовской свите в первую очередь следует знать содержание в породах

Таблица 1. Содержание породообразующих минералов в породах баженовской свиты центральной части баженовского моря для различных выборок, %

Порода	n	С _{орг}	Кварц	Глина	Пирит	Кальцит	Доломит	Апатит	Полевой шпат	Сред.% С _{орг} на 100 % кварца
Аргиллиты и баженовиты, весь массив проб	198	8.04	37.07	32.49	6.38	1.98	1.37	0.66	11.55	23
		0.81 – 28.06	6.82 – 77.81	5.21 – 83.79	0.23 – 33.86	0.00 – 23.22	0.00 – 19.82	0.00 – 4.94	0.00 – 40.80	
Баженовиты, все пробы	135	10.59	43.78	22.64	7.51	2.22	1.58	0.70	9.56	27
		1.10 – 28.06	15.37 – 77.81	5.21 – 39.60	1.03 – 33.86	0.00 – 23.22	0.00 – 19.82	0.00 – 4.94	0.00 – 40.80	
Аргиллиты, все пробы	63	2.61	22.69	53.60	3.96	1.47	0.93	0.55	15.81	12
		0.81 – 7.39	6.82 – 37.59	42.15 – 83.79	0.23 – 17.48	0.00 – 9.40	0.00 – 4.36	0.19 – 4.55	0.00 – 35.37	
Баженовиты и аргиллиты, скв. № 8155	21	10.69	13.27	35.85	7.75	3.09	0.14	0.61	9.28	32
		0.84 – 28.06	22.92 – 46.23	17.33 – 56.70	2.51 – 19.73	0.10 – 10.39	0.00 – 1.84	0.24 – 2.23	3.15 – 17.63	
Баженовиты, скв. № 8155	11	18.46	37.08	21.38	11.87	3.83	0.10	0.72	5.17	54
		14.19 – 28.06	24.49 – 46.23	17.33 – 25.68	7.67 – 19.73	0.10 – 10.39	0.00 – 1.11	0.24 – 2.23	3.15 – 7.67	
Аргиллиты, скв. № 8155	10	2.13	247.88	51.77	3.23	2.28	0.18	0.49	13.80	9
		0.84 – 4.70	22.92 – 26.35	48.06 – 56.70	2.51 – 5.22	0.80 – 4.20	0.00 – 1.84	0.40 – 0.58	9.42 – 17.63	

Примечание. Числитель — среднее, знаменатель — минимум—максимум, множитель — стандартное отклонение.

органического углерода и аутигенного кремнезема. Как было отмечено выше, аутигенные минералы свободного кремнезема (собственно кварц, а также халцедон, являющийся его разновидностью, в связи с этим ниже они оба будут рассматриваться как кварц) являются в баженовской свите абсолютно преобладающими над терригенным кварцем, содержание которого не превышает первых процентов. Однако прямым химическим анализом содержание кварца в породе оценено быть не может, поскольку получаемый в анализе оксид силиция (SiO₂) распределен между минералами свободного кремнезема и глин. Для определения содержания в породе кварца результаты химического анализа были пересчитаны на минералогический состав по методике О.М. Розена, Ю.А. Нистратова [1984], как это было отмечено выше. Результаты этого пересчета представлены в табл. 1, в которой приведен средний минералогический состав пород баженовской свиты, включая содержание органического углерода, по всему массиву проб, а также отдельно для баженовитов и аргиллитов. Такая же операция проведена по пробам скв. № 8155 Северо-Нивагальской площади, характеризующей наиболее высоким среди изученного материала содержанием органического углерода в баженовитах. Оценивая содержание органического углерода в породах свиты следует иметь в виду, что значительная часть его была утеряна на стадиях диагенеза и катагенеза.

По данным С.И. Филиной с соавторами [1984], количество остаточного органического углерода в породах свиты на 10—30 % ниже исходного. Более того, по данным А.Э. Конторовича с соавторами [1971], эти потери могли составлять 30—40 и даже 50 %. Но и без учета этих потерь на 100 % кремнезема для различных выборок приходится от 9 до 54 % органического вещества (см. табл. 1). Резонно задать вопрос: могли ли радиоларии, кремнистые скелеты которых послужили источником кремнистого материала баженовской свиты, привнести то количество органического углерода, которое в породах свиты наблюдается? Для решения этого вопроса следует обратиться к соотношению содержаний рассматриваемых компонентов в радиоларитах и радиолариевых илах (обозначенных нами как А и Б, табл. 2). Как видно, в радиоларитах и радиолариевых илах при пересчете содержания кварца на 100 % содержание органического вещества не достигает 1 %, а на реальное содержание кварца в баженовской свите, не достигающее по средним зна-

чением 50 %, оно может быть оценено не более чем в 0.5 %. Следует признать, что при любых допущениях радиоляриты приносили в состав баженовской свиты самое минимальное количество органического вещества. Этот вывод находится в кажущемся противоречии с данными проведенных ранее статистических анализов, показывавших существование значимой положительной корреляции между содержаниями в породах баженовской свиты органического углерода и кварца [Занин и др., 1997] или SiO_2 [Гурари и др., 1988].

Статистический анализ проводился нами ранее [Занин и др., 1997] методом ранговой корреляции Спирмена, имея в виду отсутствие нормального распределения содержаний породобразующих компонентов баженовской свиты [Занин и др., 1999]. В данной работе мы вторично построили графики частотного распределения содержания основных породобразующих компонентов свиты как в целом, так и отдельно для аргиллитов и баженовитов (рис. 2), имея в виду значительно (в три раза) больший объем проб. Сравнение полученных гистограмм (см. рис. 2) с опубликованными для аргиллитов и баженовитов ранее [Занин и др., 1999] показало их большое сходство или тождество. Как видно из представленных гистограмм, нормального распределения минеральных компонентов в свите в большинстве случаев не наблюдается, что заставляет нас обратиться к методам ранговой корреляции, в качестве которого нами, как и ранее [Занин и др., 1997], принят метод Спирмена. Мы приводим также корреляционные поля содержания органического углерода в баженовитах и аргиллитах баженовской свиты с содержаниями кварца, глинистого материала, пирита (рис. 3), показывающие прямую зависимость содержаний органического углерода с содержанием кварца и пирита и обратную — с содержанием глинистого материала. Приводимое ранее корреляционное поле соотношений содержаний органического углерода и глинистого материала [Занин и др., 1999] полностью соответствует полученному в настоящей работе.

В табл. 3 приведены коэффициенты ранговой корреляции Спирмена органического углерода с минеральными компонентами баженовской свиты по изученному материалу по тем же группам, что даны в табл. 1. Как видно, по совокупности анализов для всего массива проб наблюдается значимая положительная корреляция органического углерода с кварцем и пиритом и значимая отрицательная — с глинистым материалом и полевым шпатом, а для массива баженовитов и аргиллитов по скв. № 8155 — значимая положительная корреляция органического вещества с пиритом, значимая отрицательная с глинистым материалом и полевым шпатом; корреляция с кварцем здесь положительная незначимая. В то же время отдельно для баженовитов и аргиллитов наблюдается существенно иная картина. По пробам баженовитов по всей их выборке наблюдается уже не положительная, а значимая отрицательная корреляция органического углерода с кварцем при сохранении значимой положительной корреляции с пиритом и значимой отрицательной — с полевым шпатом. Симптоматичным является появление в этой группе баженовитов значимой положительной корреляции с кальцитом. Значимая отрицательная корреляция органического углерода с кварцем наблюдается для баженовитов и по скв. № 8155. Как видно, значимая корреляция органического вещества с глинистым материалом и полевым шпатом в тех случаях, когда она проявлена — всегда отрицательная, с пиритом — всегда положительная. Сложнее стоит вопрос о характере связи с органическим веществом кварца — для всего массива проб они коррелируются на значимом положительном уровне (для скв. № 8155 — тоже на положительном уровне, хотя и незначимом), а отдельно для баженовитов в обоих случаях их связь значимая отрицательная. Следует думать, что существенно более медленный темп седиментации материала баженовитов по сравнению с аргиллитами сопровождался и более высокой по сравнению с аргиллитами концентрацией в формируемом осадке как реликтов радиолярий, так и бесструктурных органических форм. Это и привело к значимым положительным величинам парной корреляции кварца и органического вещества, проводимой по совокупности анализов той и другой групп пород, тогда как вклад самих радиолярий в общий баланс органического материала в осадке (а затем в породе) был минимален.

Таблица 2. Химический состав (%) радиоляритов и радиоляриевых илов, по В.С. Вишневской [1984]

Компонент	Радиоляриты восточной части Малого Кавказа	Радиоляриевые илы	
		А	Б
SiO_2^*	52-94	67.36	58.27
SiO_2^{**}	—	47.51	31.61
Al_2O_3	1—13	11.33	15.10
TiO_2	0.02—0.63	0.59	0.73
Fe_2O_3	0.1—4.45	3.40	6.44
FeO	0.08—2.25	1.42	0.88
MnO	0.03—0.20 (0.73)	0.19	0.08
MgO	0—2.94	1.71	3.20
CaO	0.65—22.58	0.89	0.88
Na_2O	0.21—1.16	1.64	1.40
K_2O	0.12—3.75	2.15	3.25
P_2O_5	0—0.14	0.10	0.22
$\text{C}_{\text{орг}}$	0.07—0.26	0.26	0.26
% $\text{C}_{\text{орг}}$ на 100 % кварца	<0.5	0.54	0.82

* Общее содержание.

** Отвечает кварцу по пересчету анализов по методике О.М. Розена, Ю.А. Нистратова [1984].

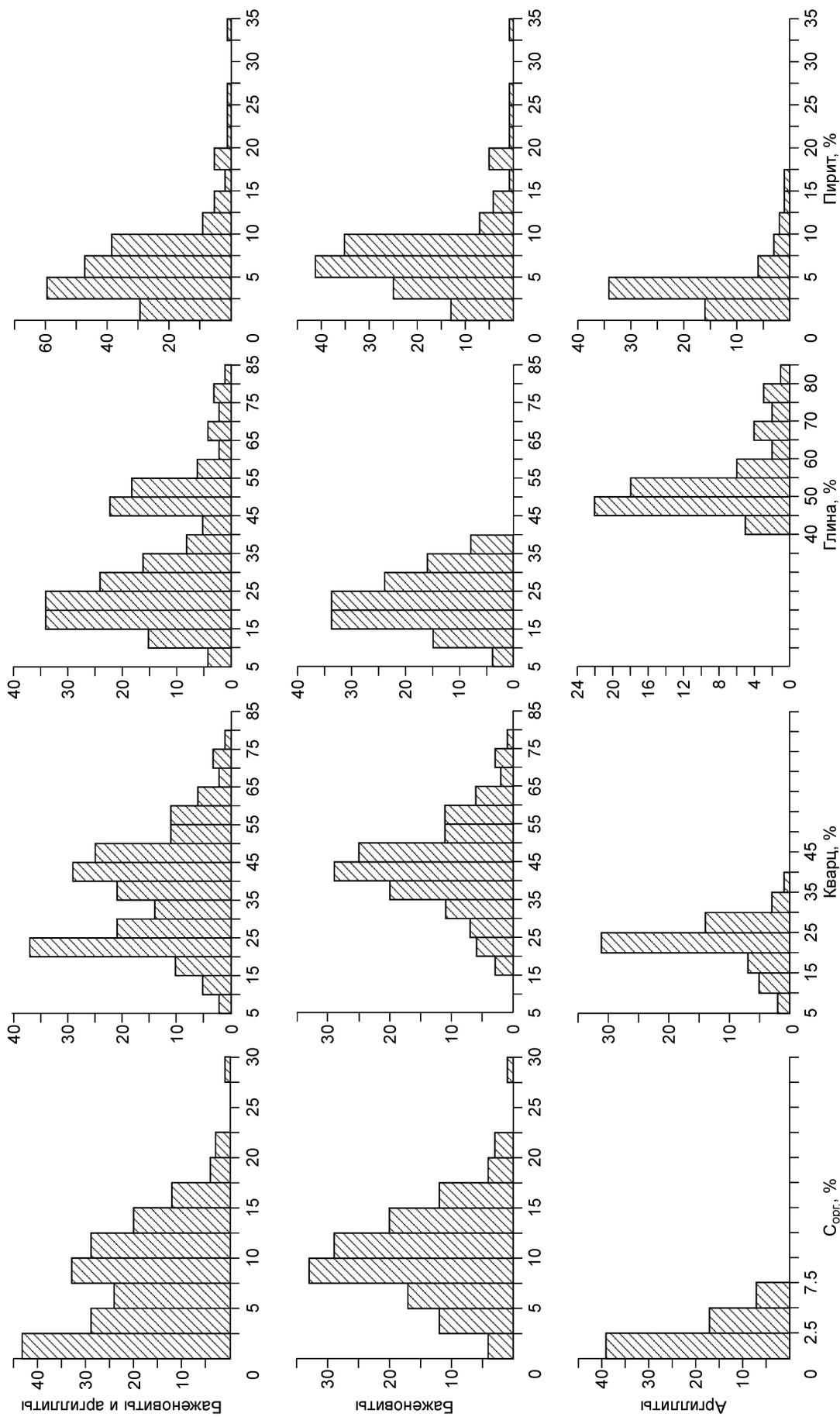


Рис. 2. Частотные распределения содержания органического углерода, кварца, глинистого материала и пирита в породах баженовской свиты.

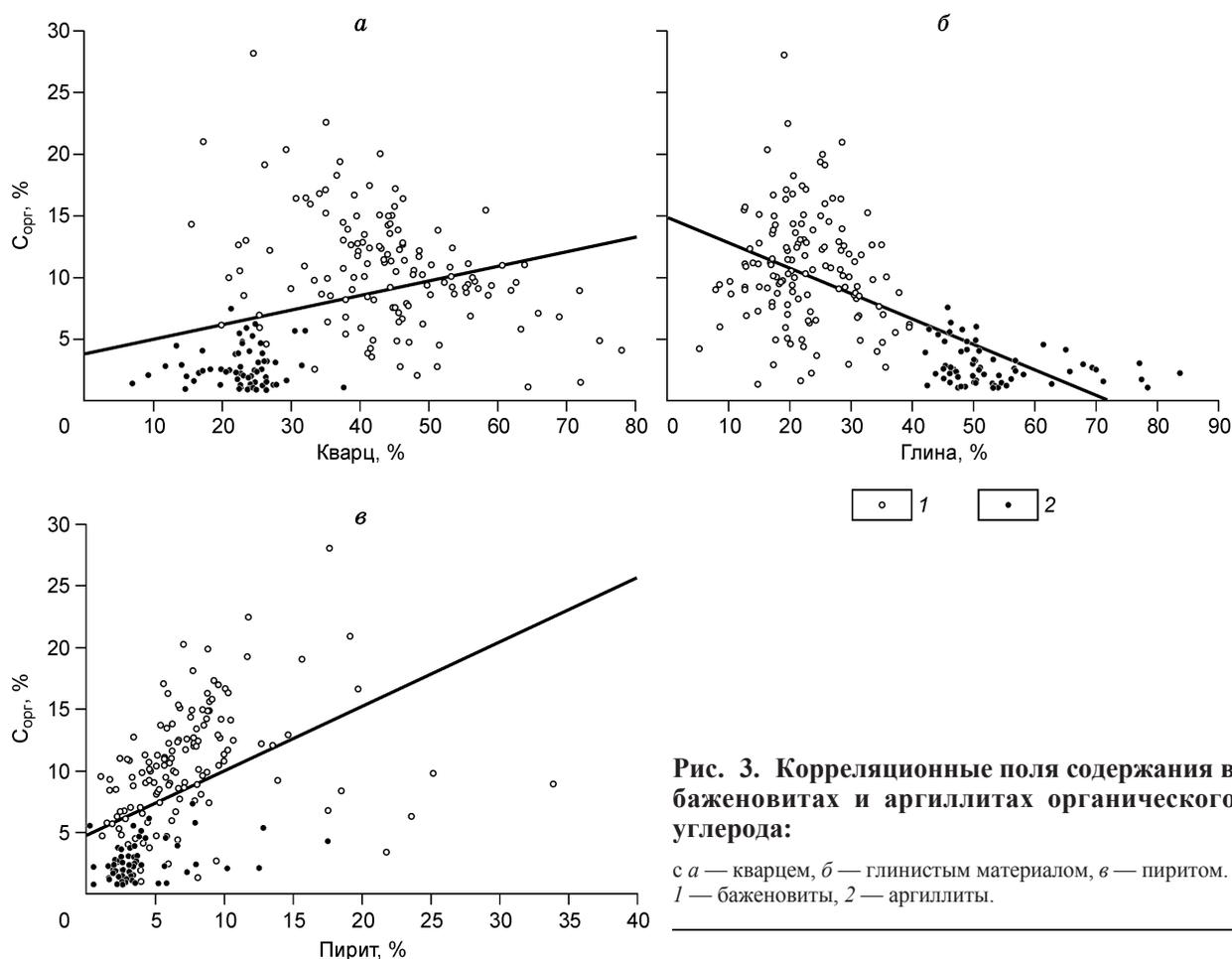


Рис. 3. Корреляционные поля содержания в баженовитах и аргиллитах органического углерода:

с а — кварцем, б — глинистым материалом, в — пиритом.
1 — баженовиты, 2 — аргиллиты.

Наблюдаемые значимые почти во всех выборках положительные коэффициенты корреляции органического вещества с пиритом следует связывать опосредованно с сульфатредуцирующими бактериями, игравшими, очевидно, существенную роль в накоплении органического вещества в баженовской свите.

Специального рассмотрения заслуживает выявленная значимая положительная корреляция органического углерода по полной выборке баженовитов с кальцитом, хотя и при существенно более низком коэффициенте корреляции, чем для пирита (см. табл. 3). Кальцит в баженовской свите с одной стороны связан с карбонатными скелетами организмов, с другой — имеет аутигенную диагенетическую природу, диагностируемую, в частности, широко распространенной кальцитизацией кремнистых раковин радиоларий [Гурари и др., 1988]. По современным представлениям [Moryta, 1980; Vasconcelos, McKenzie, 1997; и др.], образование аутигенных карбонатных минералов, как кальцита, так и доломита, осуществляется в морских обстановках при активном участии бактерий и это в полной мере приложимо к аутигенному

Таблица 3. Коэффициенты ранговой корреляции Спирмена органического углерода с породообразующими минеральными компонентами баженовской свиты центральной части бассейна для различных выборок

Порода	<i>n</i>	Кварц	Глина	Пирит	Кальцит	Доломит	Апатит	Полевой шпат
Аргиллиты и баженовиты, весь массив проб	198	0.407	-0.638	0.608	0.055	-0.008	-0.094	-0.449
Баженовиты, все пробы	135	-0.326	-0.081	0.501	0.216	-0.165	-0.093	-0.225
Аргиллиты, все пробы	63	-0.011	-0.241	0.338	-0.053	0.157	-0.152	-0.106
Баженовиты и аргиллиты, скв. № 8155	21	0.431	-0.788	0.842	0.3220	-0.112	0.162	-0.719
Баженовиты, скв. № 8155	11	-0.800	-0.091	0.469	0.319	-0.500	0.014	0.209
Аргиллиты, скв. № 8155	10	-0.297	-0.236	0.227	-0.256	0.174	0.470	0.006

Примечание. Полу жирным шрифтом выделены коэффициенты корреляции с уровнем значимости 0.05.

кальциту баженовской свиты. Но роль организмов с карбонатным скелетом в накоплении органического вещества в баженовской свите также очевидна. Таким образом, наряду с сульфатредуцирующими бактериями в концентрации органического вещества в баженовской свите участвовали организмы с карбонатным скелетом и бактерии, способствовавшие образованию аутигенного кальцита. Можно предположить, что как и в случае с радиоляриями, значение скелетных форм здесь было резко подчиненным, особенно имея в виду общее низкое содержание в породе кальцита.

Отмечаемая выше бактериальная деятельность является, как можно думать, главным образом опосредованной, связанной с бактериальным разложением в диагенезе, а частично и в седиментогенезе, первичного преимущественно бесскелетного органического материала, поступающего в осадок. Общая характеристика этого материала, по данным различных исследователей, была дана в преамбуле настоящей публикации [Филина и др., 1984; Брэдучан и др., 1986; Конторович и др., 1998], однако работу по расшифровке природы этого материала, как нам представляется, нельзя считать законченной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлено, что органическое вещество баженовской свиты связано почти полностью с бесскелетными организмами при исчезающе-малой роли в его накоплении организмов с кремнистым и, как можно думать, с карбонатным скелетами.

Авторы признательны Л.А. Горчуковой, А.Д. Кирееву и И.М. Фоминых за выполнение химических анализов пород и Г.П. Туркиной за определение содержания органического углерода.

ЛИТЕРАТУРА

Бейзель А.Л., Занин Ю.Н., Замирайлова А.Г., Ильина В.И., Лебедева Н.К., Левчук Л.К., Левчук М.А., Меледина С.В., Никитенко Б.Л., Шурыгин Б.Н., Ян П.А. Опорный разрез верхней юры и келловоя севера Западной Сибири // Геология и геофизика, 2002, т. 43 (9), с. 811—825.

Брэдучан Ю.В., Гольберт А.В., Гурари Ф.Г., Захаров В.А., Булыникова С.П., Климова И.Г., Месежников М.С., Вячкилева Н.П., Козлова Г.А., Лебедев А.И., Нальняева Т.И., Турбина А.С. Баженовский горизонт Западной Сибири. Новосибирск, Наука, 1986, 217 с.

Булыникова С.П., Гольберт А.В., Климова И.Г., Конторович А.Э., Полякова И.Д., Решетникова М.А., Турбина А.С. Палеобиофации нефтегазоносных волжских и неокомских отложений Западно-Сибирской плиты. М., Недра, 1978, 86 с.

Вишневская В.С. Радиоляриты как аналоги современных радиоляриевых илов. М., Наука, 1984, 120 с.

Гольберт А.В. Верхнеюрско-валанжинская терригенно-глауконитовая формация Западно-Сибирской низменности // Геология и геофизика, 1968 (5), с. 10—15.

Гурари Ф.Г. Геология и перспективы нефтегазоносности Обь-Иртышского междуречья. Л., Гостоптехиздат, 1959, 174 с.

Гурари Ф.Г., Гурари И.Ф. Формирование залежей нефти в аргиллитах баженовской свиты // Геология нефти и газа, 1974 (5), с. 36—40.

Гурари Ф.Г., Казаринов В.П., Миронов Ю.К., Наливкин В.Д., Нестеров И.И., Осыко Т.И., Ровнин Л.И., Ростовцев Н.Н., Рудкевич М.Я., Симоненко Т.М., Соколов В.Н., Трофимук А.А., Чочиа Н.Г., Эрвье Ю.Г. Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирской низменности — новой нефтяной базы СССР. Новосибирск, Наука, 1963, 200 с.

Гурари Ф.Г., Вайц В.Я., Меленевский В.Н., Москвин В.И., Перозлио 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.

Гурова Т.И. О вещественном составе верхнеюрских отложений Западно-Сибирской низменности // Докл. АН СССР, 1960, т. 134, с. 924—927.

Гурова Т.И., Казаринов В.П. Литология и палеогеография Западно-Сибирской низменности в связи с нефтеносностью. Л., Гостоптехиздат, 1962, 298 с.

Дорофеева Т.В., Краснов О.Г., Лебедев Б.А., Петрова Г.В., Позиненко Б.В. Коллекторы нефти баженовской свиты Западной Сибири. Л., Недра, 1983, 131 с.

Замирайлова А.Г., Занин Ю.Н., Фомин А.Н. Уголь-сапропелит в баженовской свите Западно-Сибирской плиты // Геология и геофизика, 2000, т. 41 (9), с. 1341—1344.

Занин Ю.Н., Замирайлова А.Г., Давыдов В.Ю., Меленевский В.Н. Корреляционные связи органического вещества с минеральными компонентами в баженовской свите // Геология нефти и газа, 1997, № 1, с. 23—25.

Занин Ю.Н., Замирайлова А.Г., Меленевский В.Н., Давыдов Д.Ю. О двух вещественно-генетических типах черных сланцев баженовской свиты // Докл. РАН, 1999, т. 368, с. 91—94.

Занин Ю.Н., Замирайлова А.Г., Эдер В.Г. Некоторые вопросы формирования баженовской свиты в области Среднего Приобья // Перспективы нефтегазоносности Западно-Сибирской нефтегазовой провинции. Тюмень, ЗапСибНИГНИ, 2004, с. 135—140.

Занин Ю.Н., Замирайлова А.Г., Эдер В.Г. Некоторые аспекты формирования баженовской свиты в центральных районах Западно-Сибирского осадочного бассейна // Литосфера, 2005, № 4, с. 118—135.

Запивалов Н.П. Геохимическая характеристика нефтепроявлений в мезозое юго-восточной части Западно-Сибирской низменности // Вестн. Зап.-Сиб. и Новосиб. геол. управлений, 1960, № 2, с. 36—43.

Захаров В.А., Радостев И.Н. Соленость вод раннемелового моря на севере Средней Сибири по палеобиогеохимическим данным // Геология и геофизика, 1975 (2), с. 37—43.

Захаров В.А., Занин Ю.Н., Замирайлова А.Г. Первая находка следов жизнедеятельности в высокоуглеродистых черных сланцах баженовской свиты Западной Сибири // Геология и геофизика, 1998, т. 39 (3), с. 402—405.

Зубков М.Ю., Мормышев М.М. Вещественный состав и условия формирования баженовской свиты Салымского месторождения // Литология и полезные ископаемые, 1987, № 2, с. 73—80.

Конторович А.Э. Геохимические методы количественного прогноза нефтегазоносности. М., Недра, 1976, 249 с.

Конторович А.Э., Бабина Н.М., Богородская Л.И., Винокур Б.Г., Зимин Ю.Г., Колганова М.М., Липницкая Л.Ф., Луговцов А.Д., Мельникова В.М., Рогозина Е.А., Стасова О.Ф., Трушков П.А., Фомичев А.С. Нефтепроизводящие толщи и условия образования нефти в мезозойских отложениях Западной Сибири. Л., Недра, 1967, 223 с.

Конторович А.Э., Полякова И.Д., Трушков П.А., Фомичев А.С., Данюшевская А.И., Казаринов В.В., Парпарова Г.М., Стасова О.Ф., Рогозина Е.А., Шпильман К.А. Геохимия мезозойских отложений нефтегазоносных бассейнов Сибири / Ред. А.Э. Конторович. Новосибирск, СНИИГГиМС, 1971, 86 с. (Тр. СНИИГГиМСа, вып. 118).

Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К., Сурков В.С., Трофимук А.А., Эрвье Ю.Г. Геология нефти и газа Западной Сибири. М., Недра, 1975, 679 с.

Конторович А.Э., Меленевский В.Н., Занин Ю.Н., Замирайлова А.Г., Казаненков В.А., Казарбин В.В., Махнева Е.Н., Ямковая Л.С. Литология, органическая геохимия и условия формирования основных типов пород баженовской свиты (Западная Сибирь) // Геология и геофизика, 1998, т. 39 (11), с. 1477—1491.

Корж М.В., Филина С.И. Особенности литогенеза аргиллитов баженовской свиты и возможный механизм образования в них залежей нефти // Нефтеносность баженовской свиты Западной Сибири / Ред. Н.А. Крылов. М., ИГиРГИ, 1980, с. 6—17.

Крылов Н.А., Корнев Б.В., Козлова М.П. Особенности размещения залежей нефти баженовской свиты в районах Среднего Приобья // Закономерности формирования и размещения нефтяных и газовых месторождений. М., ИГиРГИ, 1978, с. 44—54.

Лебедев В.А., Дорофеева Т.В., Краснов О.Г., Лебедева Г.В., Петрова Г.В. Вещественный состав и природа емкости глинисто-сапропелево-кремнистых нефтеносных отложений баженовской свиты (верхняя юра) Западной Сибири // Литология и полезные ископаемые, 1979, № 2, с. 90—101.

Лопатин Н.В., Емец Т.П., Зубайраев С.Л., Литвинова В.Н. Углеводородный потенциал баженовской свиты Западной Сибири в свете данных пиролиза // Геология и геофизика, 1987 (7), с. 25—31.

Мазур В.М. Условия образования баженовской свиты // Нефтеносность баженовской свиты Западной Сибири / Ред. Н.А. Крылов. М., ИГиРГИ, 1980, с. 183—196.

Москвин В.И. О некоторых явлениях, сопутствующих нефтеобразованию в баженовской свите Западной Сибири // Геология и геофизика, 1983 (11), с. 54—60.

Неручев С.Г., Рогозина Е.А., Зеличенко И.А., Трушков П.А. Геохимические особенности процессов нефтегазообразования в отложениях баженовской свиты Западно-Сибирской низменности // Изв. АН СССР, Сер. геол., 1980, № 2, с. 5—16.

Нестеров И.И. Новый тип коллекторов нефти и газа // Геология нефти и газа, 1979, № 10, с. 26—29.

Нестеров И.И. Нефтегазоносность битуминозных глин баженовской свиты Западной Сибири // Сов. геология, 1980, № 11, с. 3—10.

Нестеров И.И. Нефтегазоносность глинистых битуминозных пород // Строение и нефтегазоносность баженигов Западной Сибири. Тюмень, ЗапСибНИГНИ, 1985, с. 3—19.

Нестеров И.И., Ушатинский И.Н. Особенности терминологии и классификации битуминозных пород // Строение и нефтегазоносность баженигов Западной Сибири. Тюмень, ЗапСибНИГНИ, 1985, с. 19—26.

Нефтегазоносные бассейны и регионы Сибири. Вып. 2. Западно-Сибирский бассейн / Ред. А.Э. Конторович. Новосибирск, ОИГГМ СО РАН, 1994, 201 с.

Полякова И.Д., Кроль Л.А., Перозо Г.Н., Предтеченская Е.А. Литолого-геохимическая классификация разрезов и седиментационная модель баженовской свиты // Геология и геофизика, 2002, т. 43 (3), с. 240—251.

Розен О.М., Нистратов Ю.А. Определение минерального состава осадочных пород по химическим анализам // Сов. геология, 1984, № 3, с. 3—12.

Рыльков А.В., Григорьева Г.Ф. Распределение органического вещества в битуминозных отложениях баженовской свиты Западно-Сибирской равнины // Строение и нефтегазоносность баженовской свиты Западно-Сибирской равнины / Ред. И.И. Нестеров. Тюмень, ЗапСибНИГНИ, 1985, с. 90—101.

Сараев С.В. Петрохимический метод в изучении минерального состава пород баженовской свиты Западной Сибири // Геология и геофизика, 1987 (10), с. 33—38.

Сверчков Г.П. Формирование нефтяных и газовых залежей в северо-западной части Западно-Сибирской низменности // Геология нефти, 1958, № 6, с. 8—14.

Сверчков Г.П. Нефтегазоносность запада Западно-Сибирской низменности // Тр. ВНИГРИ, Вып. 140, Л., 1959, с. 312—353.

Трофимук А.А., Карагодин Ю.Н. Баженовская свита — уникальный природный резервуар нефти // Геология нефти и газа, 1981, № 4, с. 29—33.

Ушатинский И.Н. Природа органического вещества в отложениях баженовской свиты Западной Сибири // Органическое вещество в современных и ископаемых осадках (седикахиты) (Тез. докл.). М., 1979, с. 251—253.

Ушатинский И.Н. Литология и перспективы нефтеносности юрско-неокомских отложений Западной Сибири // Сов. геология, 1981, № 2, с. 11—22.

Ушатинский И.Н. Состав и микроэлементы пород баженовской свиты и вмещающих глин // Ассоциация микроэлементов с органическим веществом в осадочных толщах Сибири / Ред. В.А. Кузнецов. Новосибирск, ИГиГ СО АН СССР, 1984, с. 21—31.

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

Филина С.И., Корж М.В., Зонн М.С. Палеогеография и нефтеносность баженовской свиты Западной Сибири. М., Наука, 1984, 36 с.

Эдер В.Г. Применение кластерного анализа для выделения типов пород баженовской свиты по содержанию основных породообразующих оксидов // Геохимия, 2002, № 2, с. 233—238.

Эдер В.Г., Занин Ю.Н., Замирайлова А.Г. Ихнофоссилии баженовской и георгиевской свит верхней юры Западно-Сибирской плиты // Геология и геофизика, 2003, т. 44 (6), с. 517—524.

Moryta R.Y. Calcite precipitation by marine bacteria // J. Geomicrobiol., 1980, v. 1, p. 63—82.

Vasconcelos C., McKenzie J.A. Microbial mediation of modern dolomite precipitation and diagenesis under anoxic conditions (Lagoa Vermelha, Rio de Janeiro, Brazil) // J. Sed. Res., 1997, v. 67, p. 378—390.

*Рекомендована к печати 7 сентября 2007 г.
А.В. Каныгин*

*Поступила в редакцию 8 февраля 2007 г.,
после доработки — 13 августа 2007 г.*