

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ ПРИ ПЕРЕХОДЕ ОТ ЮРЫ К МЕЛУ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

© 2015 г. В. Г. Эдер, А. Г. Замирайлова, Ю. Н. Занин, Е. М. Хабаров, П. А. Ян

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. СО РАН
630090, г. Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, 3
E-mail: edervg@ipgg.sbras.ru*

Поступила в редакцию 19.11.2014 г.

Принята к печати 26. 02. 2015 г.

Проведено детальное литологическое изучение разрезов верхнеюрско-нижнемеловой черносланцевой баженовской свиты в центральной части Западно-Сибирской геосинеклизы (Салымский и прилегающие к нему районы). В большей части изученных разрезов наблюдается следующая смена пород вверх по разрезу: кремнисто-глинистые породы–силициты–радиоляриты–силициты микрокристаллические–смешанные породы–аргиллиты углеродистые. Фиксируется закономерное изменение привноса терригенного материала, что связывается с разными стадиями (от ранней до поздней) высокого стояния уровня моря. Наиболее благоприятным периодом для накопления органического вещества была поздняя стадия высокого стояния уровня моря (LHST₁). В рамках настоящего исследования установлено, что в Западной Сибири при переходе от юры к мелу наблюдаются: а) аномально высокое (максимальное для разреза свиты) содержание урана; б) смена биогенной кремнистой седиментации на кремнисто-карбонатную. Подобная смена седиментации в этот период произошла также и в Тетическом поясе, и она связывается с глобальной перестройкой геохимической обстановки в океанических водах северного полушария в рассматриваемый период.

Ключевые слова: *черные сланцы, верхняя юра–нижний мел, Западная Сибирь, условия седиментации.*

ВВЕДЕНИЕ

Во время перехода от поздней юры к раннему мелу наблюдается существенная реорганизация океанических и климатических условий, что выражено в смене главным образом кремнистой седиментации на карбонатную (Casellato, 2007). В западной части океана Тетис в начале поздней юры фиксируются чрезвычайно низкие скорости накопления карбонатного материала и отложение радиоляриевых кремнистых осадков, конец же верхнеюрской эпохи характеризуется высокими скоростями седиментации илов, состоящих из известковых нанофоссилий (Casellato, 2007). Многими авторами этот период отмечается как период вымирания различных видов фауны (Raup, Sepkoski, 1984; Hallam, 1986; Afanasieva, Amon, 2006; и др.).

В вышеупомянутый интервал времени в образовавшихся в результате распада Пангеи эпиконтинентальных морях Северного полушария повсеместно аккумуляровались тонкозернистые осадки, значительно обогащенные органическим веществом (ОВ), – черные сланцы (Конюхов, 2012). В Западно-Сибирском осадочном бассейне (ЗСБ) в верхнеюрскую эпоху происходило отложение черносланцевой баженовской свиты. Рассматриваемая свита является основной нефтематеринской толщей Западной Сибири (Конторович и др., 1975). В последнее время в связи с исчерпанием углеводородов в традиционных источниках все большее внимание исследователей (Предтеченская и др., 2006; Павлова и др., 2012; Эдер и др., 2012; Алекперов и др., 2013; Алексеев, 2013; Балушкина и др., 2013, 2014; Немова и др., 2011, 2013; Полякова и др., 2011; Хамидуллин и др., 2013; и др.) и нефтяных компаний привлекают такие нетрадиционные источники, как черные сланцы Западной Сибири. В некоторых районах уже ведется добыча углеводородов (УВ) из сланцев баженовской свиты. В связи с этим восстановление условий формирования этих уникальных толщ является актуальной задачей исследования.

Цель исследования – на основе детального литологического изучения разрезов баженовской свиты центральной части Западной Сибири установить седиментационные признаки существования в рассматриваемом регионе упомянутой выше перестройки океанических и климатических процессов, фиксируемых в это время в Западном Тетисе. Анализ изменений биогенной седиментации, интенсивности привноса терригенного материала, окислительно-восстановительного режима, со-

держания урана при переходе от юры к мелу были основными задачами настоящей работы.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Стратиграфический диапазон свиты по находкам многочисленных остатков макро- и микрофауны определяется в пределах верхней части нижневожского подъяруса–низов нижнего берриаса (Атлас..., 1976; Шурыгин и др., 2000; Решения..., 2004). Площадь распространения свиты превышает 1 млн км², мощность изменяется от 10 до 80 м, в среднем – 30 м (Нестеров, 1985; Конторович и др., 1975). На значительной территории центральной части бассейна средние содержания органического углерода превышают 7% (Конторович и др., 1975). В составе баженовской свиты большинством авторов выделяются глинисто-карбонатно-кремнистые, карбонатно-кремнистые и кремнистые породы с пониженным содержанием глинистых минералов, а также породы, преобладающим компонентом которых служит глинистый материал (Гурова, Казаринов, 1962; Филина, 1976; Ушатинский, Ибрагимов, 1982; Занин и др., 1999; и др.). Баженовское море Западной Сибири было населено разнообразными организмами: двустворками, аммонитами, теутидами, брахиоподами, губками, фораминиферами, фито- (зеленые, золотистые, пиропитовые водоросли) и зоопланктоном (радиолярии) (Векшина, 1962б; Захаров, Месежников, 1974; Захаров, Сакс, 1983; Брадучан и др., 1986; Захаров, 2006; Предтеченская и др., 2006; и др.). Пороодообразующими из них являются радиолярии и кокколитофориды.

Баженовская свита подстилается георгиевской, соответствующей по возрасту верхней части оксфордского, кимериджского и нижней части вожского ярусов верхней юры (Решения..., 1991; Шурыгин и др., 2000; и др.). Георгиевская свита представлена терригенными и карбонатными породами: аргиллитами, алевролитами, песчаниками, известняками и доломитами, мощность ее редко превышает 10 м. Перекрываются баженовские отложения в изучаемом районе аргиллитами подачимовской толщи нижнемелового возраста.

Изучен керн баженовской свиты из северной части Широкого Приобья (рис. 1), отобранный с глубины 2800–3000 м из группы скважин Салымского и прилегающих к нему районов (№ 1–7). В разрезах ряда скважин нижняя часть свиты (мощностью 14–23 м) керном не охарактеризована. Скважины находятся на расстоянии 10–100 км друг от друга. В статье приводятся данные главным образом по трем наиболее представительным скважинам (3, 5, 6).

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Породы изучались макроскопически в керне, микроскопически в шлифах и сканирующем ми-

кроскопе MIRA3 TESCAN. Для большинства проб определялось содержание органического углерода и основных породообразующих оксидов: SiO₂, Al₂O₃, TiO₂, Fe₂O₃, CaO, MgO, MnO, K₂O, Na₂O, P₂O₅, а также S сульфатная, S сульфидная, CO₂ (250 проб). Химический состав пород пересчитывался на минералогический по методике О.М. Розена и Ю.А. Нистратова (1984). Классификация пород проводилась по В.Н. Шванову с соавторами (1988). Для анализов: а) биогенной седиментации применялось построение кривых содержания CaCO₃ и отношение кремнезема к алюминию; б) интенсивности привноса терригенного материала оценивалось содержание глинистого материала, тория и калия; в) окислительно-восстановительного режима рассматривались показатели степени пиритизации железа (СП) (Raiswell et al., 1988) и содержание оксида марганца с учетом того, что марганец в высоковосстановительных условиях находится в растворенной форме, а при переходе режима в окислительный выпадает в осадок (Холодов, Недумов, 1991). Диаметр фрамбоидов оценивался в соответствии с (Wilkin et al., 1996). Содержание урана, калия и тория определялось методом гамма-спектроскопии.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Строение разрезов

Баженовская свита в большинстве изученных разрезов состоит из четырех пачек разного состава, сменяющих друг друга в разрезе свиты снизу вверх (рис. 2). **Первая** (нижняя) пачка, мощностью 6–10 м, охарактеризована керном лишь в разрезе скв. № 4. Она представлена кремнисто-глинистыми породами, отличается повышенным содержанием глинистого материала (35–40%) и кремнезема (30–40%) с незначительной карбонатной составляющей (менее 5% CaCO₃). Согласно анализу каротажных данных (Павлова и др., 2012), в остальных изученных в настоящем исследовании разрезах нижняя пачка свиты также имеет повышенное содержание глинистого материала и низкое содержание карбонатных минералов.

Вторая пачка свиты сложена высококремнистыми породами – силицитами и пиритисто-углеродисто-глинисто-кремнистыми породами, близкими к силицитам по содержанию кремнезема. Мощность ее изменяется от 10 до 20 м (см. рис. 2). Содержание кварца в породах варьирует от 50 до 82, глинистого материала – от 4 до 30, кальцита и доломита – от 0.6 до 3.4%. В разрезе пачки в ряде скважин по химическому составу выделяются два типа силицитов: 1) силициты-радиоляриты; 2) силициты микрокристаллические. В нижней части пачки наблюдаются силициты-радиоляриты, представленные реликтами радиолярий, с содержанием кварца

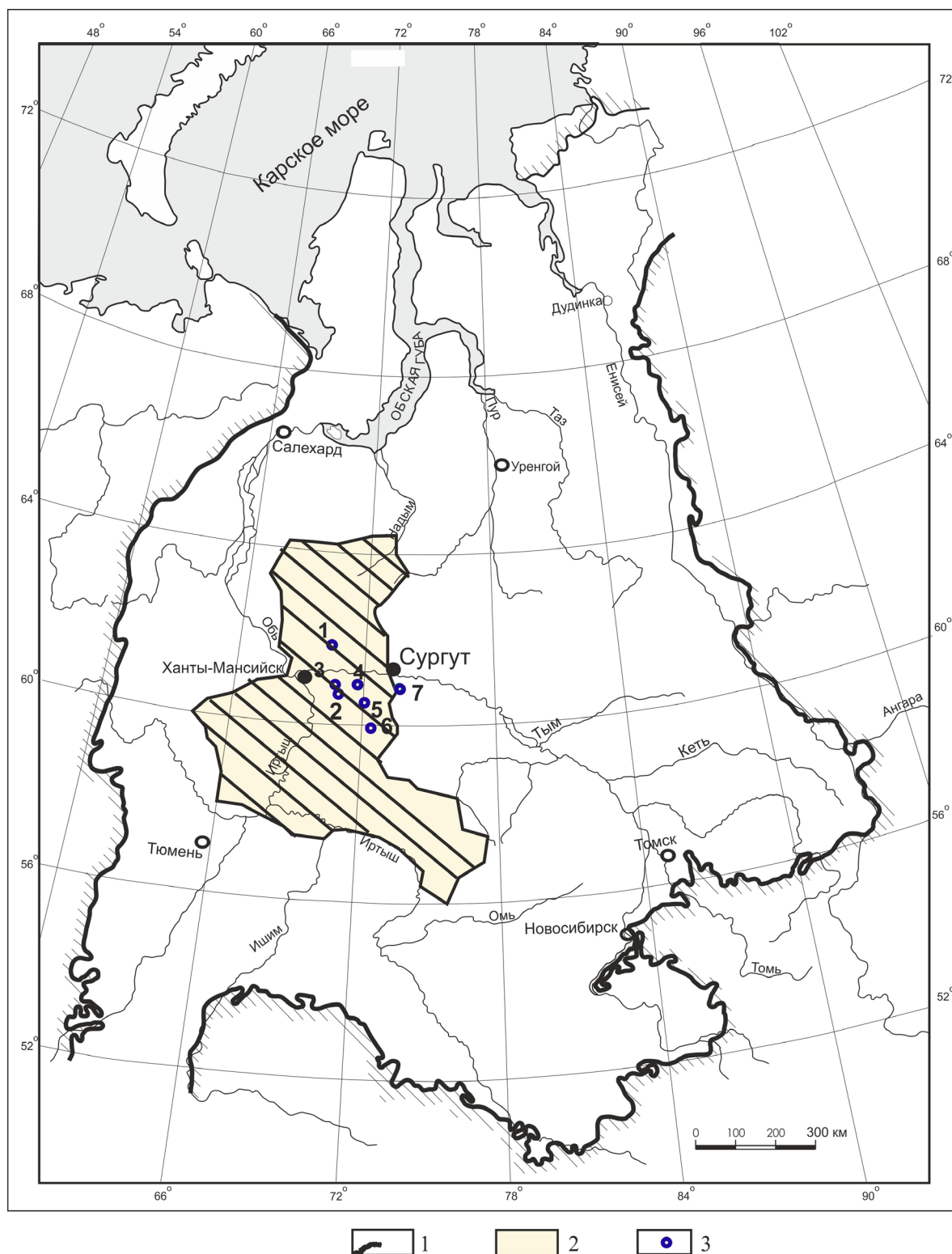


Рис. 1. Схема расположения изученных разрезов баженовской свиты.

1 – граница Западно-Сибирской плиты, 2 – территория распространения кокколитоформидовых водорослей, 3 – места расположения изученных разрезов.

Fig. 1. Location map of the Bazhenovo Fm. sections.

1 – limits of the West Siberian Plate, 2 – calcareous nannofossils distribution area, 3 – location of the studied sections.

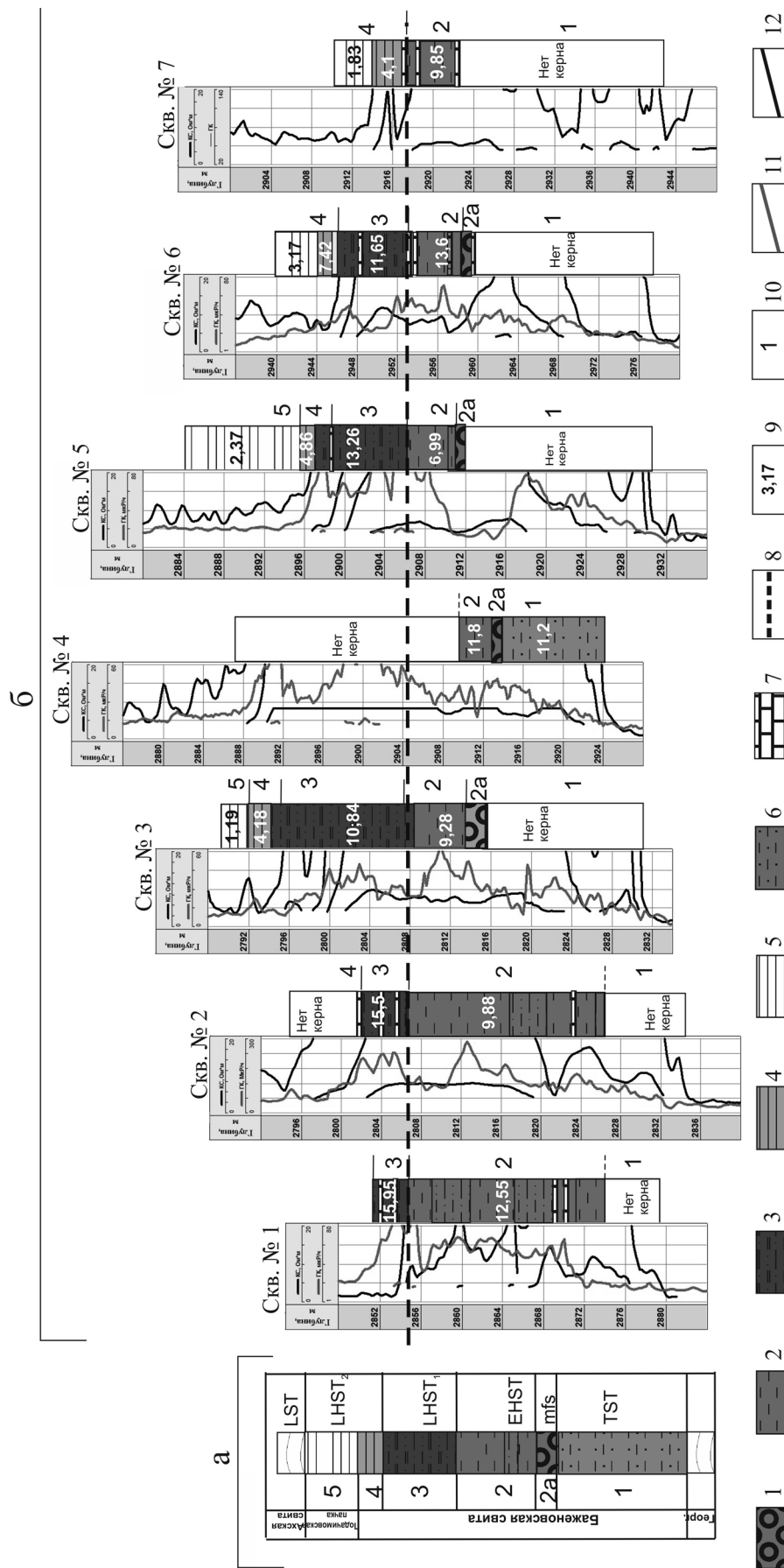


Рис. 2. Стадии формирования баженовской свиты центральной части палеобассейна, восстановленные в соответствии с методическими разработками П.Р. Вэйла с соавторами (Vail et al., 1991) для пелагических обстановок (а) и литологические колонки изученных разрезов баженовской свиты (б).

1 – силициты-радиолариты, 2 – силициты микрокристаллические, 3 – смешанные высокоуглеродистые породы с содержанием известкового материала около 20%, 4 – аргиллиты углеродистые, 5 – аргиллиты низкоуглеродистые подачимовской пачки, 6 – кремнисто-глинистые породы, 7 – карбонатные прослои преимущественно известковые, 8 – граница между пачкой силицитов и близких к ним пиритисто-углеродисто-глинисто-кремнистых пород и смешанными породами с содержанием кальцита около 20%, 9 – среднее содержание ОВ в пачке, 10 – номер пачки, 11 – кривая ГК, 12 – кривая КС. На рис. 2а латинскими буквами обозначены: TST – трансгрессивная стадия (TransgressiveSystemTract), mfs – поверхность максимального затопления, EHST – ранняя стадия высокого стояния уровня моря, LHST_{1,2} – поздние стадии высокого стояния уровня моря, LST – стадия низкого стояния уровня моря.

Fig. 2. Deposition history of the Bazhenovo Fm. in the central part of the paleobasin reconstructed according to the model of P.R. Vail et al. (1991) for pelagic conditions (a) et lithology of the studied Bazhenovo Fm. sections (b).

1 – radiolarite silicite, 2 – microcrystalline silicite, 3 – high carbonate argillites with the carbonate material content of about 20%, 4 – carbonaceous argillites, 5 – low carbonate argillites of the Podachimov Member shale, 6 – clayey-siliceous rocks, 7 – generally limestones carbonate layers, 8 – boundary between siliceous and siliceous-carbonate (mixtite) members, 9 – mean TOC content, 10 – number of pack, 11 – gamma logging curve, 12 – resistivity curve. Abbreviations on fig. 2a. TST – TransgressiveSystemTract, mfs – maximum flooding surface, EHST – early stage high standing of the sea level, LHST_{1,2} – late stages of the high standing of the sea level, LST – stage low stand sea level.

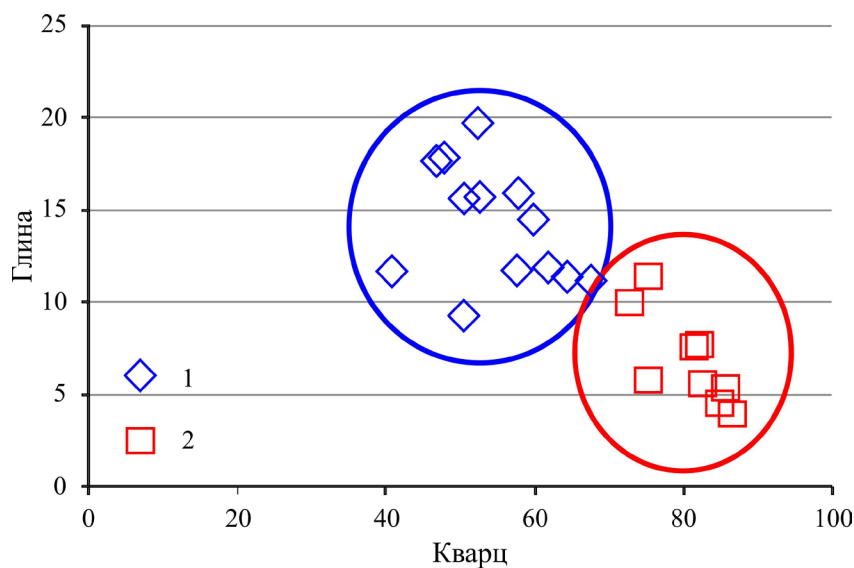


Рис. 3. Диаграмма соотношения содержаний кварца и глинистого материала двух типов силицитов баженовской свиты.

1 – микрокристаллические силициты, 2 – силициты-радиоляриты.

Fig. 3. Silica vs. clay contents in two types of silicites of the Bazhenov Fm.

1 – microcrystalline silicates, 2 – radiolarites.

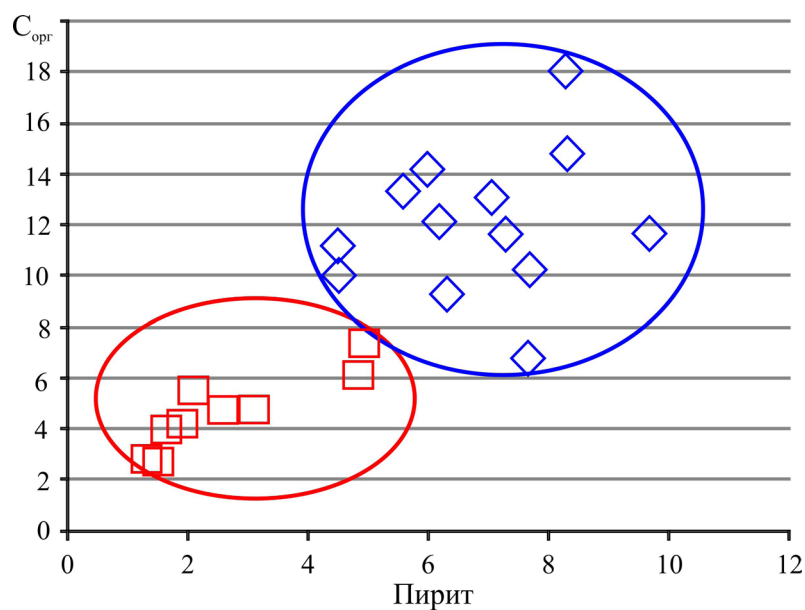


Рис. 4. Диаграмма соотношения содержаний пирита и $C_{орг}$ двух типов силицитов баженовской свиты.

Условные обозначения – см. рис. 3.

Fig. 4. Pyrite vs. TOC contents in two types of silicites of the Bazhenov Fm.

Legend see fig. 3.

75–87%, и глинистого материала – менее 10%, между ними наблюдается микрокристаллическая кремнисто-углеродистая порода. В верхней части пачки встречаются силициты с более низким содержи-

ем кремнезема (50–65%) и более высоким – глинистого материала (10–20%) (рис. 3, 4).

Вышеописанные типы силицитов также отличаются по содержанию пирита и органического угле-

рода ($C_{орг}$) – в силицитах-радиоляритах содержание этих компонентов понижено по сравнению с силицитами, сложенными в основном микрокристаллическим кремнеземом. Необходимо отметить, что силициты-радиоляриты характеризуются значительно меньшим содержанием $C_{орг}$ (2.78–5.47%), чем силициты микрокристаллические (11.13–12.78%). Среднее содержание органического углерода в породах рассматриваемой пачки изменяется от 8 до 11%. В скв. № 6 в силицитах наблюдаются повышенные концентрации $C_{орг}$, в некоторых образцах они достигают 20–24% при среднем содержании $C_{орг}$ в породах пачки 15.8%. Среднее содержание пирита изменяется в пределах 3.13–5.48%, лишь в рассматриваемой пачке скв. № 6 оно несколько повышено и составляет 7.45%. Ранее было отмечено, что, чем выше в силицитах доля кремнистого материала, тем ниже в них концентрация ОВ (Балушкина, 2012).

Таким образом, во второй (кремнистой) пачке баженовской свиты наблюдается интервал, где фиксируется 75–80% биогенного кремнезема (основной источник – радиолярии) с минимальным количеством глинистого материала (менее 10%). Здесь же отмечается высокое содержание $C_{орг}$ (8–15%). Выше по разрезу доля биогенного кремнистого материала сокращается (50–60%) и несколько увеличивается количество глинистого материала (до 14–20%).

Мощность **третьей** пачки в исследуемых разрезах баженовской свиты изменяется от 3 до 12.5 м (см. рис. 2). Пачка сложена черными породами смешанного состава (карбонатно-глинисто-кремнистыми), в которых содержание кремнистого материала не превышает 35%, а глинистого материала в основном не более 25%. Содержание карбонатных минералов (главным образом кальцита, в меньшей степени доломита) в этом интервале заметно повышено относительно других частей разреза и составляет 17.43–30.7%. Основная масса пород представлена микрокристаллическим кремнеземом и кальцитом, глинистым материалом и пиритом. По всему интервалу изредка встречаются послойные концентрации мелких и крупных двусторонних, которые образуют прерывистые волнистые и линзовидные белые слои толщиной от долей миллиметра до 5 мм. При изучении в сканирующем микроскопе в породах в значительном количестве обнаружены фаунистические остатки кольцеобразной или овальной формы размером 3–5 мкм, диагностированные как реликты *кокколитофорид*. Эти организмы упоминались ранее в составе верхней части баженовской свиты Т.И. Гуровой (1960), Г.С. Ясовичем и М.Д. Поплавской (1975), Т.Т. Клубовой (1988), В.А. Захаровым (2006), Ю.Н. Заниным с коллегами (2005) и др.

Четвертая (верхняя) пачка баженовской свиты представлена черными углеродистыми аргиллита-

ми. Содержание органического углерода в ней варьирует от 4 до 7%. Мощность пачки относительно небольшая – 2–4 м. Далее вверх по разрезу баженовские отложения в районе исследования перекрываются аргиллитами светло-серыми низкоуглеродистыми подачимовской пачки, содержание органического углерода в которых составляет 1–3%.

Ранее для баженовской свиты Салымского района было отмечено, что содержание биогенных аутигенных минералов кремнезема и карбонатов изменяется по разрезу свиты обратно пропорционально (Зубков, Доронина 1982), что и подтверждено настоящим исследованием.

Кремнистая радиоляриевая и кремнисто-карбонатная “кокколитовая” пачки, выделяемые в баженовской свите центральной части Западной Сибири, имеют различный возраст. Первая из них соответствует волжскому ярусу, вторая – берийскому (Ясович, Поплавская, 1975; Клубова, 1988). Позднее было уточнено, что пачка с кокколитами баженовской свиты соответствует нижней части бореального берийаса, включая зону *Hectoroceras kochi*, а пачка с радиоляриями, подстилающая ее, отвечает по стратиграфическому положению верхневолжскому подъярусу (Захаров, 2006). Выделенной ранее (Ясович, Поплавская, 1975; Клубова, 1988) нижней кремнистой пачке баженовской свиты соответствуют установленные в настоящем исследовании первая и вторая пачки баженовской свиты, которые характеризуются повышенным содержанием кремнезема (более 35–40%) и низким содержанием карбонатного материала (менее 5%).

Как было упомянуто выше, в баженовской свите кремнистый и карбонатный материал имеют главным образом биогенное происхождение. Рассмотрим распределение по разрезу кальцита, а также нормализованное по алюминию содержание кремнезема. Как можно видеть из рис. 5, максимальное количество кремнистого биогенного материала отлагалось во время осадконакопления второй пачки свиты, а точнее, ее основания. В то же время в составе третьей пачки свиты заметно возрастает доля биогенного карбонатного вещества. Эта пачка также характеризуется несколько повышенными концентрациями оксида фосфора 0.49–0.85%. Пики содержания этого элемента в породах баженовской свиты связаны с фосфатными прослоями, представленными обломками костей и скелетов рыб. Во время осадконакопления четвертой пачки резко сокращается биогенная седиментация, преобладающей становится терригенная.

Терригенный привнос

Для установления интенсивности привноса терригенного материала во время формирования баженовской свиты производился анализ распределения по разрезу глинистого материала, K и Th. Как видно

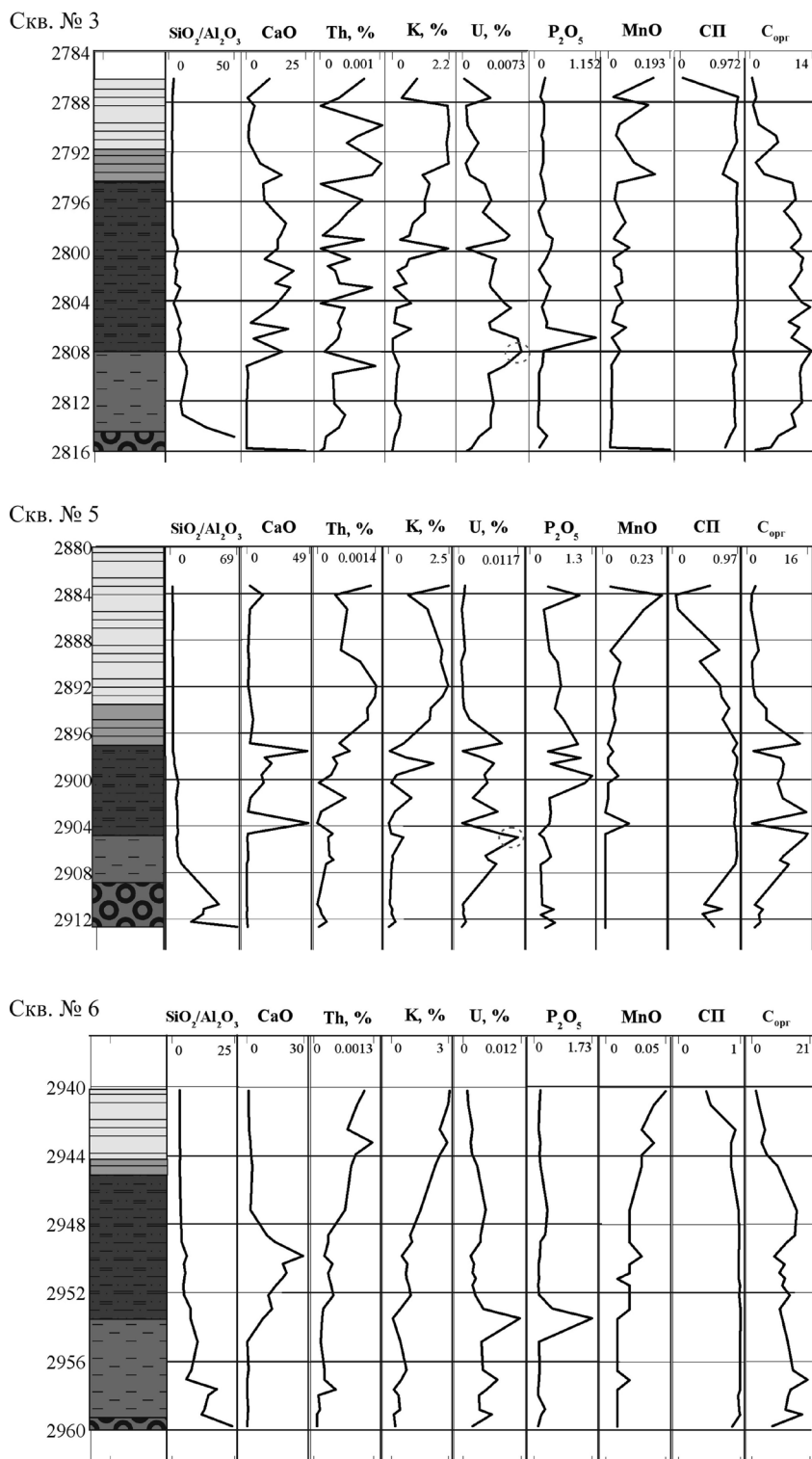


Рис. 5. Распределение некоторых геохимических показателей по разрезам баженовской свиты и подачимовской пачки по скв. № 3, 5, 6.

1–4 – породы баженовской свиты: 1 – силициты-радиолариты, 2 – микрокристаллические силициты, 3 – смешанные породы, 4 – аргиллиты углеродистые; 5 – аргиллиты низкоуглеродистые подачимовской пачки.

Fig. 5. Depth-dependent geochemical indicators in Bazhenovo Fm., wells № 3, 5, 6.

1–4 – Bazhenovo Fm. rocks: 1 – radiolarites, 2 – microcrystalline silicites, 3 – mixtites, 4 – carbonaceous argillites; 5 – low carbonaceous argillites of Podachimov Member.

из рис. 5, для пород второй пачки характерно пониженное содержание глинистого материала (среднее 14–20%) по сравнению с породами третьей пачки (среднее 27–34%). В породах четвертой пачки баженновской свиты и подачимовской пачки, покрывающей баженновскую свиту, среднее содержание глинистого материала возрастает до 60–70%. Такая тенденция увеличения терригенного материала вверх по разрезу от второй пачки к четвертой прослеживается и по кривой распределения тория и калия (см. рис. 5). Как было отмечено выше, наименьший привнос терригенного материала (менее 10%) наблюдается во время отложения силицитов-радиоляритов, залегающих в основании второй пачки свиты.

По данным Б. Хэга с соавторами (Haq et al., 1988), в период от поздней юры до раннего мела эв-статический уровень моря достиг максимума в раннем титоне. Большая часть титона характеризуется высоким уровнем моря, но на границе юры–мела наблюдается его падение (Hallam, 1986; Haq et al., 1988). Проведем анализ, наблюдается ли подобное изменение обстановок во время седиментации баженновской свиты.

В большинстве изученных разрезов баженновской свиты снизу вверх мы наблюдаем следующую смену пород с закономерным изменением содержания терригенного материала: кремнисто-глинистые породы–силициты-радиоляриты–силициты микрокристаллические–смешанные породы–аргиллиты.

Во время формирования баженновской свиты центральной части палеобассейна выделяются следующие стадии (см. рис. 2), установленные для пелагических обстановок в соответствии с методическими разработками П.Р. Вэйла с соавторами (Vail et al., 1991).

1. *Трансгрессивная стадия (Transgressive System Tract – TST) – от подошвы георгиевской свиты до поверхности максимального затопления (mfs)*. После седиментации материала трансгрессивных песчаников георгиевской свиты в баженновском палеобассейне в эту стадию происходило отложение материала кремнисто-глинистых пород. В конце трансгрессивной стадии наблюдается поверхность максимального затопления, которой отвечает радиоляриевый горизонт, фиксируемый во многих разрезах центральной части ЗСБ. В этот период терригенный привнос был минимальным и происходило отложение биогенного материала (70–80%).

2. *Ранняя стадия высокого стояния уровня моря (EHST) – седиментация материала силицитов*.

3. *Поздняя стадия высокого стояния уровня моря (LHST1) – в этот период отлагались осадки микститов, пород с содержанием кремнистого, глинистого и карбонатного материала (20–30% каждый)*.

4. *Поздняя стадия высокого стояния уровня моря (LHST2) – отложение материала аргиллитов углеродистых баженновской свиты и аргиллитов низкоуглеродистых подачимовской пачки*.

5. *Стадия низкого стояния уровня моря (LST) – в эту стадию происходило накопление алевроитово-песчаного материала ачимовской свиты*.

Установленное в настоящем исследовании распределение глинистого материала мы связываем с различными периодами высокого стояния уровня моря и, соответственно, с разной степенью удаленности береговой линии от центральной части палеобассейна.

Согласно анализу распределения содержания органического углерода по типам пород баженновской свиты (см. рис. 5), в большинстве изученных разрезов третья пачка, представленная смешанными породами, характеризуется повышенными содержаниями органического углерода. Исключение представляет рассматриваемая пачка скв. № 6, в которой подобная закономерность не наблюдается. Таким образом, наиболее благоприятным временем для накопления органического вещества была поздняя стадия высокого стояния уровня моря. В этот период наблюдается максимальная биопродуктивность, а повышенное поступление глинистого материала, по сравнению с предыдущей стадией, с одной стороны, могло увеличивать поставку питательных веществ, необходимую для развития живых организмов, главным образом фитопланктона, а с другой стороны, возможно, могло способствовать лучшим условиям захоронения и, соответственно, сохранности ОБ.

Окислительно-восстановительные условия

Во время существования баженновского палеоморя безусловным считается наличие сероводородного заражения придонных вод (Плуман, 1971; Конторович, 1976; Гурари, Матвиенко, 1980; и др.). Одни авторы предполагают локальный характер распространения сероводородного заражения (Палеобиофации..., 1978), другие считают, что зона заражения не была постоянной и перемещалась как по вертикали в водной массе, так и по площади бассейна (Гурари, Матвиенко, 1980). Были также высказаны предположения о наличии поднятия (в районе современного полуострова Ямал), вертикальные движения которого регулировали поступление водных масс и аэрацию на дне Центральной впадины (Захаров, 2006). Установлено, что кремнистая группа пород формировалась в высоковосстановительных условиях, в то время как аргиллиты – в более низковосстановительных условиях (Занин и др., 2005).

В настоящее время существует несколько методов определения окислительно-восстановительных условий в водной массе, среди которых наиболее распространены следующие: анализ степени пиритизации железа (Raiswell et al., 1988), содержание марганца (Холодов, Недумов, 1991; Pratt et al., 1991) и среднего диаметра фрамбоидов пирита (Wilkin et al., 1996; и др.).

Согласно Р. Уилкину с соавторами (Wilkin et al., 1996), средний диаметр фрамбоидов 5 ± 1.7 мкм, характерен для эвксинских обстановок, диаметр 7.7 ± 4.1 мкм – для переходных и окислительных. Размер фрамбоидов в породах как средней, так и верхней пачек баженовской свиты изменяется от 2 до 5 мкм, реже до 7 мкм. В аргиллитах четвертой пачки свиты и подачимовской пачки размер фрамбоидов несколько повышен и составляет 7–12 мкм.

Как известно, марганец в бескислородной обстановке находится в растворенной форме (Холодов, Недумов, 1991; Pratt et al., 1991). Таким образом, крайне низкие содержания марганца в породе указывают на подобные условия. В результате анализа содержания марганца в породах баженовской свиты района исследования установлено, что они характеризуются низкими содержаниями этого оксида – менее 0.03%. При переходе от третьей пачки к четвертой содержание марганца несколько увеличивается, и далее вверх по разрезу в аргиллитах подачимовской пачки оно превышает 0.05%. Показатели степени пиритизации железа для большинства образцов баженовской свиты составляют около 0.9, что, согласно Р. Райсвеллу с соавторами (Raiswell et al., 1988), отвечает высоковосстановительным условиям эвксинского типа. При переходе от смешанных пород третьей пачки к аргиллитам четвертой пачки свиты значение степени пиритизации начинает падать до 0.7–0.8, и далее вверх по разрезу в породах подачимовской толщи оно постепенно уменьшается до 0.1–0.3.

Таким образом, можно отметить, что во время формирования второй и третьей пачек баженовской свиты окислительно-восстановительные условия были сходными и близкими к восстановительным, во время осадконакопления материала углеродистых аргиллитов четвертой пачки содержание растворенного в воде кислорода несколько увеличивается, а во время отложения подачимовской пачки, залегающей над баженовской, наблюдаются условия, переходные между окислительными и восстановительными, которые далее вверх по разрезу сменяются окислительными.

Уран

Изучением распределения урана в баженовской свите занимались многие исследователи (Плуман, 1971; Хабаров, 1980; Зубков, 2001; и др.). Средневзвешенное содержание урана в черных сланцах, по оценкам Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис (1994), составляет 13 ± 2 г/т ($0.0013 \pm 0.0002\%$). Как можно видеть из рис. 5, содержание урана в породах баженовской свиты изученных разрезов выше его кларка в черных сланцах. Третья пачка баженовской свиты, представленная смешанными породами, характеризуется несколько повышенными содержаниями урана по скв. № 3 и 5, где его среднее

значение составляет 0.00426–0.00573%, а во второй пачке оно изменяется от 0.00296 до 0.00318%. Это, в свою очередь, коррелирует с содержанием $C_{орг}$ в этих пачках.

В изученных разрезах баженовской свиты Западной Сибири при переходе от юры к мелу, на границе второй (кремнистой) и третьей пачки, представленной смешанными породами, наблюдается максимальный пик содержания урана (см. рис. 5). В некоторых разрезах баженовской свиты пик содержания урана совпадает с пиком содержания оксида фосфора (там же).

Подобный пик содержания урана в баженовской свите отмечали в своих работах С.Г. Неручев (2007) и М.Ю. Зубков и Н.А. Доронина (1982). Многими исследователями, изучавшими распределение этого элемента в баженовской свите (Плуман, 1971, 1975; Хабаров и др., 1980; Зубков, 2001; и др.), отмечалась связь содержания урана и органического углерода. Как можно видеть из диаграммы соотношения этих компонентов (рис. 6), линейная зависимость действительно существует, однако наблюдаются некоторые отклонения от нее. Содержание урана на границе двух вышеупомянутых пачек в скв. № 5 и 6 составляет 0.01168–0.01169%, в скв. № 3 оно несколько понижено, но также является максимально высоким по разрезу свиты – 0.073%. Содержание органического углерода в породах с максимальным по разрезу свиты содержанием урана варьирует от 11–12 до 20–46%.

Радиолярии vs. кокколитофориды

Кремнезем в баженовской свите имеет главным образом биогенную природу, и основным источником его являются радиолярии (Гурова, Казаринов, 1962; Саркисян, и др., 1967; Филина, 1976; Филина и др., 1984; Зубков, Доронина, 1982; Занин и др., 1999; и др.). Некоторые авторы выделяли радиоляриевый горизонт (Гурова, Казаринов, 1962) в нижней части баженовской свиты, главным образом в центральной части Западно-Сибирской геосинеклы (ЗСГ). Э.О. Амон (2011а) детально изучил остатки радиолярий в разрезе баженовской свиты Северо-Конитлорской площади и установил следующие комплексы радиолярий средневожского яруса: *Parvicingula cf. multipora* и *Pseudodictyomitra cf. primitiva*, и верхневожского яруса: *Parvicingula cf. rostrata*–*P. cf. seria*.

В изученных нами разрезах реликты раковин радиолярий встречаются в виде образований, близкой к округлой формы, представленных радиально-лучистым или микрокристаллическим кварцем. Размер индивидов – 0.05–0.1 мм. Ядра радиолярий заполнены большей частью кремнеземом, некоторые – глинистым, углеродистым или карбонатным материалом, а также пиритом. При этом стенки индивидов выполнены кремнеземом, кальцитом или пиритом.

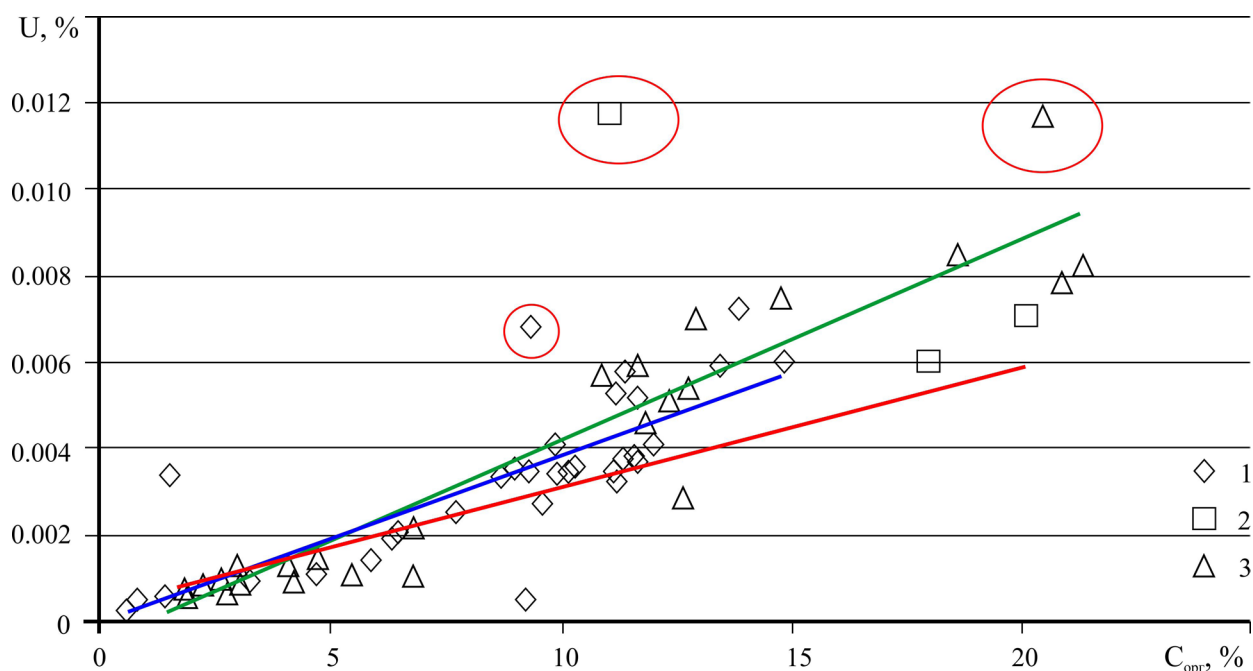


Рис. 6. Диаграмма соотношения содержания урана и органического углерода в породах баженовской свиты по скв. № 3, 5, 6.

1 – скв. № 3, 2 – скв. № 5, 3 – скв. № 6. Выделены образцы с аномально высоким содержанием урана, расположенные в области перехода от юры к мелу.

Fig. 6. Uranium vs. TOC contents in the Bazhenovo Fm. section, wells 3, 5, 6.

1 – well 3; 2 – well 5; 3 – well 6. Circles indicates samples (deviations from the linear model) with abnormally high uranium content, on the transition period from Jurassic to Cretaceous.

том. Как было отмечено выше, большие скопления реликтов радиолярий наблюдаются во второй пачке свиты. При этом во время седиментации баженовской свиты отмечается период, когда происходило отложение преимущественно кремнистого материала (до 80%). Далее он сменяется этапом увеличения привноса глинистого материала при сокращении отложений аутигенного кремнезема. Этот второй этап оказался наиболее благоприятным для накопления ОВ. Описанный выше радиоляриевый прослой характеризуется пониженными содержаниями органического углерода, по сравнению с вмещающими кремнистыми породами, в которых количество кремнезема понижено до 50–60%, а глинистого материала повышено (около 15%).

В этот период возрастает привнос питательных веществ (азот, фосфор и др.). Исходя из увеличения содержания ОВ в силицитах микрокристаллических по сравнению с силицитами-радиоляритами (см. рис. 4), можно предполагать возрастание биопродуктивности. Вероятно, наряду с радиоляриями в водной толще сосуществует кремнистый фитопланктон – диатомовые водоросли. Присутствие реликтов диатомовых водорослей упоминалось ранее рядом авторов (Векшина, 1962а; Конышева, Сахибгареев, 1976; Ушатинский, 1979; и др.).

Основным источником поступления кальцита в отложения верхней пачки баженовской свиты, как было отмечено выше, помимо раковин двустворок также служили кокколитофориды. Кокколитофориды в составе пород баженовской свиты упоминались различными авторами с начала изучения этой толщи. Так, по мнению В.Н. Векшиной (1962а), М.Ю. Зубкова и Н.А. Дорониной (1982) и других ученых, поставщиками кальцита, помимо макро- и микрофауны, были водоросли. Детальному изучению реликтов кокколитофорид в баженовской свите посвятили свои работы В.Н. Векшина (1962б) и Ю.Н. Занин с соавторами (Zanin et al., 2012). Последние из упомянутых авторов описали шесть видов из четырех семейств (*Ellipsagelosphaera* Noel, 1965; *Watznaueria* Reinhardt, 1964; *Cyclagelosphaera* Noel, 1965; *Tetralithus*, Gardet, 1955).

При исследовании в сканирующем микроскопе установлено, что в третьей пачке баженовской свиты в значительном количестве присутствуют фаунистические остатки кольцеобразной или овальной формы размером 3–5 мкм, диагностированные как реликты кокколитофорид (рис. 7). Как было отмечено выше, кокколитофориды встречаются в верхней части баженовской свиты, в третьей пачке мощностью 3–12.5 м (см. рис. 2).

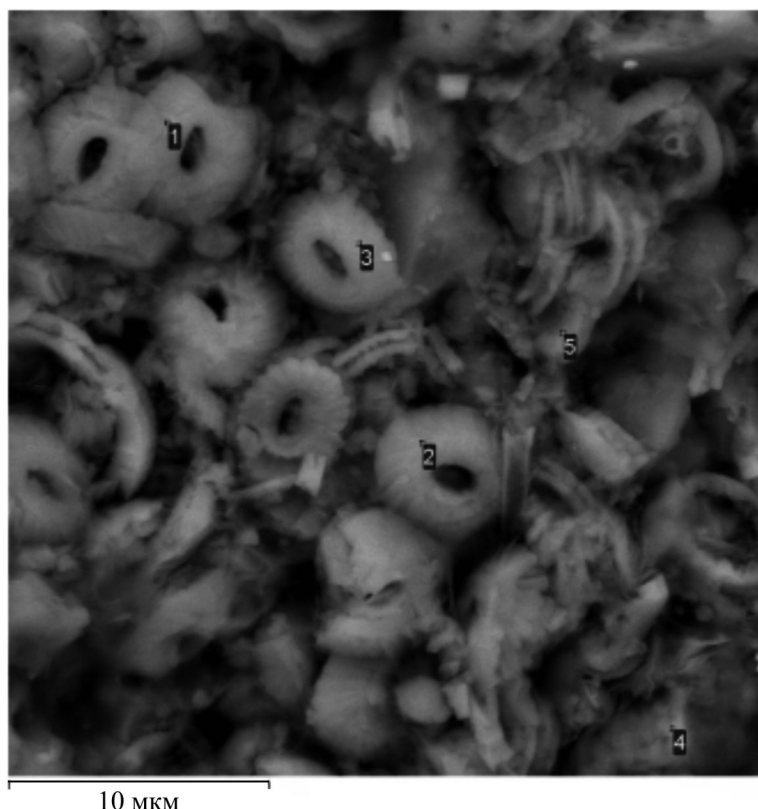


Рис. 7. Реликты известковистых кокколитофорид в смешанной углеродисто-глинисто-кремнисто-известковистой породе.

Баженовская свита. Скв. № 3. Глубина 2802 м.

Fig. 7. Remains of calcareous coccolithoforids in the mixtite carbonaceous clayey-siliceous-calcareous rock.

Bazhenovo Fm. Well 3. Depth 2802 m.

Таким образом, в баженовском палеоморе в явном виде фиксируется смена кремнистой биогенной седиментации на биогенную кремнисто-карбонатную.

Геологическое событие при переходе от юры к мелу

При переходе от юры к мелу в исследуемых разрезах баженовской свиты в центральной части Западной Сибири фиксируется геологическое событие. Это событие характеризуется сменой биогенной кремнистой седиментации на кремнисто-карбонатную: преобладание радиолярий в течение долгого периода времени в водной толще баженовского палеоморя при переходе от юры к мелу существенно сокращается, и далее наблюдается расцвет кокколитофоридовых водорослей. Основным источником биогенного кремнезема в баженовском палеоморе и в Западном Тетисе в юрско-меловое время являлись радиолярии, карбонатного материала – известковые нанофоссилии кокколитофориды (Зубков, Доронина, 1982; Клубова, 1988; Dromart

et al., 2003; Casellato, 2007; и др.). Подобная смена биогенной седиментации отмечается в западной части океана Тетис Г. Дромартом и соавторами (Dromart et al., 2003), К.С. Каселлато (Casellato, 2007) и др. Согласно этим авторам, начало поздней юры характеризуется чрезвычайно низкими скоростями накопления карбонатного материала, между тем как конец верхнеюрской эпохи отмечен высокими скоростями седиментации илов, состоящих из известковых нанофоссилий.

Необходимо отметить, что указанные тенденции изменения седиментации наблюдаются именно в центральной части баженовского палеобассейна расположенной на территории северной части Широтного Приобья. Согласно анализу распределения типов разрезов по площади, в районах, несколько удаленных от центральной части палеобассейна (в восточном и южном направлениях), значительно сокращается доля биогенных осадков и увеличивается содержание терригенного материала (Эдер и др., 2012). При этом кремнисто-глинисто-карбонатная пачка в разрезах упомянутых районов не выделяется.

В период перехода от юры к мелу большинством исследователей фиксируется вымирание различных групп организмов (Raup, Sepkoski, 1984; Hallam, 1986; Afanasieva, Amon, 2006; и др.). Период вымирания радиолярий и обновление видов отмечается М.С. Афанасьевой и Э.О. Амоном (Afanasieva, Amon, 2006) в конце поздней юры. На территории Крыма и Кавказа в позднем титоне наблюдается хорошо выраженный период вымирания двустворок (Zakharov, Yanin, 1975). Этот период, согласно названным авторам, коррелирует с масштабным развитием регрессии в мелких эпиконтинентальных морях, которая прослеживается по всей Европе – от Великобритании до России. Э. Хэлэм (Hallam, 1986) считает, что период вымирания в титоне, выделенный Д. Раупом и Ж. Сепкоски (Raup, Sepkoski, 1984), может быть распознан на видовом уровне по крайней мере лишь некоторых морских групп, и приходит к выводу, что это явление имеет, скорее, региональное распространение, нежели глобальное. Одной из причин автор предполагает распространение регрессии или широкое развитие аноксических обстановок. В то же время, согласно Э. Хэлэму (Hallam, 1986), в Андах, на территории Чили и Аргентины, существовала широко распространенная трансгрессия, и в этих отложениях не наблюдается какой-либо смены фауны на границе юры-мела.

Смена геохимической обстановки

Для развития организмов с кремнистым скелетом необходима подпитка вод, богатых растворенным кремнеземом и питательными веществами, такими, как азот, фосфаты и др. (Наливкин, 1956; Лисицын, 1966; и др.). Для широкого распространения известковых нанофосилий благоприятны условия, при которых, диатомовые водоросли, являющиеся доминирующими среди фитопланктона, не могут существовать. Это периоды, когда нитраты, фосфаты и другие питательные вещества остаются в достаточном количестве, а содержание растворенного силиката существенно уменьшается (Brown, Yoder, 1994; Tyrell, Merico, 2004; Melinte, 2004). Таким образом, для развития и захоронения организмов с кремнистым скелетом необходима определенная концентрация растворенного кремнезема в водной массе. При снижении содержания растворенного силиката ниже определенной нормы условия для обитания кремнистой фауны ухудшаются и возникают обстановки, благоприятные для развития карбонатного фитопланктона.

По мнению М.Ю. Зубкова и Н.А. Дорониной (1982), для смены биогенной, преимущественно кремнистой седиментации на карбонатную, необходимо изменение температуры морской воды и увеличение значений ее pH, так как в этих условиях становятся более устойчивыми карбонаты, а

растворимость кремнезема увеличивается. Оба эти фактора, согласно упомянутым авторам, легко увязываются, если допустить потепление климата, что вызовет активизацию фотосинтеза, а значит, удаление из морской воды растворенной углекислоты и, как следствие, увеличение pH среды.

На смену геохимической обстановки может также указывать максимальный пик урана на границе двух пачек баженовской свиты (Зубков, Доронина, 1982). Как было показано выше, в целом наблюдается высокая положительная корреляция между ураном и органическим веществом в баженовской свите, но на границе двух пачек эта корреляция не устанавливается. Уран присутствует в морской воде в виде комплекса $\text{UO}_2(\text{CO}_3)_2(\text{H}_2\text{O})^{-2}$, при активизации процессов фотосинтеза концентрация углекислоты в воде снижается, что служит причиной разложения карбонильного комплекса урана и обогащения осадка уранинитом (Бекман, 2010). Положение об изменении CO_2 в системе “атмосфера–океан” также подтверждается исследованиями Х. Вайссерта и Е. Эрба (Weissert, Erba, 2004) и О. Дзюбы с соавторами (Dzyuba et al., 2013).

Анализ палеоботанического материала привел В.А. Вахрамеева (1945) к выводу, что на границе юры и мела действительно произошло существенное изменение климата: к этому времени возникает мощный аридный пояс северного полушария. По данным автора, изменение климатических условий, подавив влаголюбивые группы растительности (папоротники, цикадофиты, некоторые древние хвойные), вызвало интенсивное формообразование покрытосеменных, более приспособленных к новым условиям. Это предположение об изменении климата на границе юры и мела также поддерживается данными К. Фёллми (Föllmi, 2012), который полагает, что в этот период установились аридные условия на территории Тетиса, способствовавшие уменьшению скоростей биогеохимического выветривания и интенсивности привноса в океан терригенного материала. Палинологические данные О. Аббинк с соавторами (Abbinck et al., 2001) также указывают на постепенное потепление в период от киммериджа до раннего мела. Как было показано, для существования радиолярий и седиментации их остатков необходимо, чтобы воды палеоморя были насыщены кремнеземом. Такие условия выполняются в гумидном климате, а сокращение поставки растворенного кремнезема в водные массы возможно при смене климата на более сухой.

Таким образом, в верхневолжское время произошла смена геохимической обстановки на территории Тетиса и баженовского палеоморя, повлекшая за собой вымирание и обновление различных групп организмов (Raup, Sepkoski, 1984; Hallam, 1986; Afanasieva, Amon, 2006 и др.). В Тетическом поясе климат стал аридным, кремнистое осадконакопление прекратилось, происходила седимента-

ция материала кокколитофоридовых известняков (Dromart et al., 2003; Casellato, 2007). В баженовском палеоморе, расположенном в бореальном поясе, не наблюдается столь резкой смены осадков, кремнистые породы здесь сменяются кремнисто-карбонатными. Интересно отметить, что в этот период в Западной Сибири существовала обширная трансгрессия, в то время как в Западном Тетисе наблюдалась регрессия, но основные черты этого события оказались запечатлены сходным образом в обоих случаях. Степень аридизации на территории Западной Сибири была заметно ниже, но в целом осадки центральной части баженовского палеобассейна несут в себе свидетельства того, что этот район был также подвергнут влиянию глобальной перестройки геохимической обстановки. В этот период в краевых частях Западно-Сибирского палеобассейна терригенная седиментация преобладала над биогенной и упомянутое событие не запечатлено.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. В большей части изученных разрезов баженовской свиты центральной части Западно-Сибирской геосинеклизы наблюдается следующая смена пород снизу вверх: кремнисто-глинистые породы – силициты-радиоляриты – силициты микрокристаллические – смешанные (кремнисто-карбонатные) породы – аргиллиты углеродистые.

2. Во время осадконакопления рассматриваемых отложений на территории исследования отмечается закономерное изменение привноса терригенного материала, что связывается с разными стадиями (от ранней до поздней) высокого стояния уровня моря (см. рис. 2). Наиболее благоприятным периодом для накопления ОВ была поздняя стадия высокого стояния уровня моря.

3. В изученных разрезах баженовской свиты Западной Сибири при переходе от юры к мелу – на границе второй (кремнистой) и третьей пачки, представленной смешанными породами, – наблюдается максимальный пик содержания урана (см. рис. 5).

4. При переходе от юры к мелу в исследуемых разрезах баженовской свиты в центральной части Западной Сибири установлены признаки геологического события, которое характеризуется сменой биогенной кремнистой седиментации на кремнисто-карбонатную. Преобладание радиолярий в течение долгого времени в водной толще баженовского палеоморя при переходе от юры к мелу существенно сокращается, и далее наблюдается расцвет кокколитофоридовых водорослей. Подобная смена биогенной седиментации в рассматриваемый период наблюдалась и в Тетическом поясе и связывается с перестройкой геохимической обстановки в океанических водах северного полушария.

Авторы глубоко признательны В.И. Поляковой, О.В. Бурлевой за помощь в подготовке статьи, В.А. Казаненкову и М.А. Павловой – за расчленение каротажных диаграмм изученных разрезов, Е.А. Костыревой – за предоставление данных по содержанию C_{org} .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алекперов В.Ю., Грайфер В.И., Николаев Н.М., Карпов В.Б., Кокарев В.И., Нургалиев Р.Г., Палий А.П., Боксерман А.А., Клиничев В.А., Фомкин А.В. и др. (2013) Новый отечественный способ разработки месторождений баженовской свиты (часть 1). *Нефть. хоз-во.* (12), 100-105.
- Алексеев А.Д. (2013) Баженовская свита: в поисках большой сланцевой нефти на Верхнем Салыме. *Rogtec Magazine.* **34**, 15-39.
- Амон Э.О. (2011) Радиолярии в экосистеме Баженовского моря (поздняя юра – начало раннего мела), Западная Сибирь. *Литоология и геология горючих ископаемых: межвуз. науч.-тематич. сб.* (Под ред. В.П. Алексеева), 145-170.
- Атлас литолого-палеогеографических карт юрского и мелового периодов Западно-Сибирской равнины. (Под ред. И.И. Нестерова). (1976) Тюмень: ЗапСибНИГНИ.
- Балушкина Н.С. (2012) Литофизическая типизация и нефтеносность пород баженовского горизонта в зоне сочленения Сургутского и Красноленинского сводов. Дис. ... канд. геол.-мин. наук. М: МГУ.
- Балушкина Н.С., Калмыков Г.А., Белохин В.С. и др. (2014) Кремнистые коллекторы баженовского горизонта Средне-Назымского месторождения и структура их пустотного пространства. *Вестн. МГУ. Сер. 4. Геология.* (2), 35-43.
- Балушкина Н.С., Калмыков Г.А., Кирюхина Т.А. и др. (2013) Закономерности строения баженовского горизонта и верхов абалакской свиты в связи с перспективами добычи нефти. *Геология нефти и газа.* (3), 48-61.
- Бекман И.Н. (2010) Ядерная физика. М.: МГУ, 511 с.
- Брадучан Ю.В., Гурари Ф.Г., Захаров В.А. и др. (1986) Баженовский горизонт Западной Сибири (стратиграфия, палеогеография, экосистема, нефтеносность). Новосибирск: Наука, 217 с.
- Вахрамеев В.А. (1945) Ископаемая флора и стратиграфия континентальных меловых отложений восточного склона Урала и Западного Казахстана. *Рефераты научно-исследовательских работ за 1945 г.* М.; Л.: Изд-во АН СССР, 10-11.
- Векшина В.Н. (1962a) Элементы палеогеографии мезозоя и палеогена Западно-Сибирской низменности по данным анализа диатомовых водорослей, кокколитофорид. *Материалы по палеонтологии и стратиграфии Западной Сибири. Тр. СНИИГГиМС. Сер. Нефть. геол.* Вып. **23**. Л.: Гостоптехиздат, 103-108.
- Векшина В.Н. (1962b) Кокколитофориды марьяновской формации Западно-Сибирской плиты. *Материалы по палеонтологии и стратиграфии Западной Сибири. Тр. СНИИГГиМС. Сер. Нефть. геол.* Вып. **23**. Л.: Гостоптехиздат, 101-103.
- Гурари Ф.Г., Матвиенко Н.И. (1980) Палеогеография ба-

- женновской свиты по распространению в ней урана. *Тр. СНИИГГиМС*. 275. Новосибирск, 81-91.
- Гурова Т.И. (1960) О вещественном составе верхнеюрских отложений Западно-Сибирской низменности. *Докл. АН СССР*. 134(4), 924-927.
- Гурова Т.И., Казаринов В.П. (1962) Литология и палеогеография Западно-Сибирской низменности в связи с нефтегазоносностью. М.: Гостоптехиздат, 350 с.
- Занин Ю.Н., Замирайлова А.Г., Меленевский В.Н. (1999) О двух вещественно-генетических типах черных сланцев баженновской свиты. *Докл. АН*. 368(1), 91-94.
- Занин Ю.Н., Замирайлова А.Г., Эдер В.Г. (2005) Некоторые аспекты формирования баженновской свиты в центральных районах Западно-Сибирского осадочного бассейна. *Литосфера*. (4), 118-135.
- Захаров В.А. (2006) Условия формирования волжско-берриасской высокоуглеродистой баженновской свиты Западной Сибири по данным палеоэкологии. *Эволюция биосферы и биоразнообразия*. М.: Тов-во научных изданий КМК, 552-568.
- Захаров В.А., Месежников М.С. (1974) Волжский ярус Приполярного Урала. Новосибирск: Наука, 214 с.
- Захаров В.А., Сакс В.Н. (1983) Баженновское (волжско-берриасское) море Западной Сибири. *Палеобиогеография и биостратиграфия юры и мела Сибири*. Вып. 528. М.: Наука, 5-32.
- Зубков М.Ю. (2001) Анализ распределения К, U, Th и В в верхнеюрских отложениях центральной части Краснотеннского свода (Западная Сибирь) с целью их стратификации, корреляции и выделения в них потенциально продуктивных пластов. *Геохимия*. (1), 51-70.
- Зубков М.Ю., Доронина Н.А. (1982) Геохимия пород баженновской свиты. *Доманикиты Сибири и их роль в нефтегазоносности*. Новосибирск: СНИИГГиМС, 68-76.
- Клубова Т.Т. (1988) Глинистые коллекторы нефти и газа. М.: Недра, 155 с.
- Конторович А.Э. (1976) Геохимические методы количественного прогноза нефтеносности. М.: Недра, 249 с.
- Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К. и др. (1975) Геология нефти и газа Западной Сибири. М.: Недра, 680 с.
- Коньшова Р.А., Сахибгареев Р.С. (1976) О природе емкости в аргиллитах баженновской свиты Западной Сибири. *Докл. АН СССР*. 228(5), 1197-1199.
- Конюхов А.И. (2012) Нефтематеринские отложения на мезозойских и кайнозойских окраинах материков. Сообщение 1. Нефтематеринские отложения на окраинах материков в триас-юрское и неокон-аптское время. *Литология и полез. ископаемые*. (5), 451-470.
- Лисицын А.П. (1966) Основные закономерности распределения современных кремнистых осадков и их связь с климатической зональностью. *Геохимия кремнезема*. М.: Наука, 321-370.
- Наливкин Д.В. (1956) Учение о фациях. Т. II. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 391 с.
- Немова В.Д., Асташкин Д.А., Гаврилов С.С. (2013) Методические особенности комплексных литолого-петрофизических исследований отложений баженновской свиты. *Геология нефти и газа*. (2), 38-45.
- Немова В.Д., Колосков В.Н., Покровский Б.Г. (2011) Формирование карбонизированных коллекторов в глинисто-кремнистых отложениях баженновского горизонта на западе Широкого Приобья. *Разведка и охрана недр*. (12), 31-35.
- Неручев С.Г. (2007) Уран и жизнь в истории Земли. СПб.: ВНИГРИ, 328 с.
- Нестеров И.И. (1985) Нефтегазоносность глинистых битуминозных пород. *Строение и нефтегазоносность баженитов Западной Сибири*. Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 3-19.
- Павлова М.А., Эдер В.Г., Замирайлова А.Г. и др. (2012) Интерпретация материалов геофизических исследований скважин Широкого Приобья из интервалов баженновской свиты: строение разрезов, литотипы и их физические параметры. *Ленинградская школа литологии: мат-лы Всерос. совещ., посвящ. 100-летию со дня рождения Л.Б. Рухина. Т. II*. СПб.: СПбГУ, 138-140.
- Палеобиофации нефтегазоносных волжских и неоконских отложений Западно-Сибирской плиты. (1978) (Под ред. Булыниковой С.П., Гольберта А.В., Климовой И.Г. и др.). М.: Недра, 87 с.
- Плуман И.И. (1971) Ураноносность черных аргиллитов волжского яруса Западно-Сибирской плиты как критерий геохимических условий осадконакопления. *Геохимия*. (9), 1138-1143.
- Плуман И.И. (1975) Распространение урана, тория и калия в отложениях Западно-Сибирской плиты. *Геохимия*. (5), 756-766.
- Полякова И.Д., Богоявленский В.И. (2011) Баженновская свита – источник промышленных нефтей и жирных газов в титон-неоконских отложениях Южно-Карского региона. *Докл. АН*. 440(1), 105-110.
- Предтеченская Е.А., Кроль Л.А., Гурари Ф.Г., Сапьяник В.В., Перозин Г.Н., Малюшко Л.Д. (2006) О генезисе карбонатов в составе баженновской свиты центральных и юго-восточных районов Западно-Сибирской плиты. *Литосфера*. (4), 131-148.
- Решения V Межведомственного регионального стратиграфического совещания по мезозойским отложениям Западно-Сибирской равнины. (1991) Тюмень, 54 с.
- Решения 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири. (2004) Новосибирск: СНИИГГиМС, 113 с.
- Розен О.М., Нистратов Ю.А. (1984) Определение минерального состава осадочных пород по химическим анализам. *Сов. геология*. (3), 76-83.
- Саркисян С.Г., Корж М.В., Комардинкина Г.Н. и др. (1967) Западная Сибирь в юрском периоде. М.: Наука, 160 с.
- Ушатинский И.Н. (1979) Природа органического вещества в отложениях баженновской свиты Западной Сибири. *Органическое вещество в современных и ископаемых осадках: тез. докл. М.*, 251-253.
- Ушатинский И.Н., Ибрагимова Т.А. (1982) Особенности литологического строения баженновской свиты (месторождения Большой Салым). *Нефтегазовая геология и геофизика*. (11), 12-13.
- Филина С.И. (1976) Литология и палеогеография Среднего Приобья. М.: Наука, 88 с.
- Филина С.И., Корж М.В., Зонн М.С. (1984) Палеогеография и нефтеносность баженновской свиты Западной

- Сибири. М.: Наука, 36 с.
- Хабаров В.В., Нелепченко О.М., Волков Е.Н. и др. (1980) Уран, калий и торий в битуминозных породах баженовской свиты Западной Сибири. *Сов. геология*. М.: Недра, 94-105.
- Хамидуллин Р.А., Калмыков Г.А., Корост Д.В. и др. (2013) Фильтрационно-емкостные свойства пород баженовской свиты. *Вестн. МГУ. Сер. 4. Геология*. (5), 57-65.
- Холодов В.Н., Недумов Р.И. (1991) О геохимических критериях появления сероводородного заражения в водах древних водоемов. *Изв. АН СССР. Сер. геол.* (12), 74-82.
- Шванов В.Н., Фролов В.Т., Сергеева Э.И. и др. (1988) Систематика и классификации осадочных пород и их аналогов. СПб.: Недра, 352 с.
- Шурыгин Б.И., Никитенко Б.Л., Девятков В.П. и др. (2000) Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Юрская система. Новосибирск: СО РАН, филиал "ГЕО", 480 с.
- Эдер В.Г., Замирайлова А.Г., Занин Ю.Н. (2012) Основные типы разрезов и микротекстуры баженовской свиты. *Факультетный анализ в нефтегазовой литологии: тр. II Регион. совещ., посвящ. 100-летию со дня рождения доктора геолого-минералогических наук Л.Н. Ботвинкиной*. Томск: ЦППС НД, 156-166.
- Юдович Я.Э., Кетрис М.П. (1994) Элементы-примеси в черных сланцах. Екатеринбург: УИФ Наука, 303 с.
- Ясович Г.С., Поплавская М.Д. (1975) К стратиграфии битуминозных отложений верхней юры и неокома Западно-Сибирской равнины. *Материалы по геологии нефтегазоносных районов Западной Сибири*. **102**. Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 28-57.
- Abbink O., Targarova, J., Brinkhus H., Visscher H. (2001) Late Jurassic to earliest Cretaceous paleoclimatic evolution of the southern North Sea. *Global Planet. Change*. **30**, 231-256.
- Afanasieva M.S., Amon E.O. (2006) Biotic Crises and Stages of Radiolarian Evolution in the Phanerozoic. *Paleontol. J. Suppl.* **4**, 40, 453-467.
- Afanasieva M.S., Amon E.O., Agarkov Yu.V., Boltovskoy D.S. (2005) Radiolarians in the Geological Record. *Paleontol. J. Suppl.* **3**, **39**, 391 p.
- Brown C.W., Yoder J.A. (1994) Coccolithoforid blooms in the Global Ocean. *J. Geophys. Res. – Oceans* **99**, 7467-7482.
- Casellato C.S. (2007-2008) Causes and consequences of calcareous nannoplankton evolution in the Late Jurassic: implications for biogeochronology, biocalcification and ocean chemistry. *Ph. D. Thesis*.
- Dromart G., Garcia J.P., Gaumet F., Picard S., Rousseau M., Atrops F., Lecuyer C., Sheppard S.M.F. (2003) Perturbation of the carbon cycle at the Middle–Late Jurassic transition: geological and geochemical evidences. *Amer. J. Sci.* **303**, 667-707.
- Dzyuba O.S., Izokh O.P., Shurygin B.N. (2013) Carbon isotope excursions in Boreal Jurassic-Cretaceous boundary sections and their correlation potential. *Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol.* **381-382**, 33-46.
- Föllmi K.B. (2012) Early Cretaceous life, climate and anoxia. *Cretac. Res.* **35**, 230-257.
- Hallam A. (1986) The Pliensbachian and Tithonian extinction events. *Nature*. **319**, 765-768.
- Haq B.U., Hardenbol J., Vail P.R. (1988) Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change. *Sea level changes: an integrated approach*. (Eds. K. Wilgus Cheryl et al.). *Soc. Econ. Paleont. Miner. SEMP Spec. Publ.*, 72-108.
- Melinte M.C. (2004) Calcareous nannoplankton, a tool to assign environmental changes. *Geo-Eco-Marina*, 9-10. 21 pdf.
- Pratt L.M., Force E.R., Pomeroy B. (1991) Coupled manganese and carbon-isotopic events in marine carbonates at the Cenomanian-Turonian boundary. *J. Sediment. Petrol.* **61**, 370-383.
- Raiswell R., Buckley F., Berner R.A., Anderson T.F. (1988) Degree of pyritization of iron as a paleoenvironmental indicator of bottom-water oxygenation. *J. Sediment. Petrol.* **58**(5), 812-819.
- Raup D., Sepkoski J.J. (1984) Periodicity of extinctions in the geologic past. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. **81**, 801-905.
- Tyrrell T. and Merico A. (2004) *Emiliania huxleyi*: bloom observations and the conditions that induce them. *Coccolithophores: from molecular processes to global impact*. (Eds H.R. Thierstein, J.R. Young) Berlin, Germany: Springer, 75-97.
- Vail P.R., Audemard F., Bowman S.A. et al. (1991) The Stratigraphic Signatures of Tectonics, Eustasy and Sedimentology – an Overview. *Cycles Events Stratigraphy*. Berlin: Springer-Verlag, N. Y.: Heidelberg, 617-659.
- Weissert H., Erba E. (2004) Volcanism, CO₂, and paleoclimate: a Late Jurassic–Early Cretaceous carbon and oxygen isotope record. *J. Geol. Soc.* **161**. 1-8.
- Wilkin R.T., Barnes H.L., Brantley S.L. (1996) The size distribution of framboidal pyrite in modern sediments: An indicator of redox conditions. *Geochim. Cosmochim. Acta*. **60**, 3897-3912.
- Zakharov V.A., Yanin B.T. (1975) Les bivalves a la fin du Jurassique et au debut du Cretace. *Mem. Bur. Rech. Geol. Minieres*. **86**, 221-228.
- Zanin Yu.N., Zamirailova A.G., Eder V.G. (2012) Some Calcareous Nannofossils from the Upper Jurassic–Lower Cretaceous Bazhenovo Formation of the West Siberian Marine Basin, Russia. *Open Geol. J.* (6), 25-31.

Рецензент В.П. Алексеев

Features of the black shale Bazhenovo Formation on the transition from Jurassic to Cretaceous in the central part of the Western Siberia

V. G. Eder, A. G. Zamirailova, Y. N. Zanin, E. M. Khabarov, P. A. Yan

Institute of Petroleum Geology and Geophysics Siberian Branch of RAS

A detailed study of the lithological sections of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous black shale Bazhenovo Formation was made in the central part of the West Siberian geosyncline (Salym and surrounding regions). In the most of the studied sections it is observed the following upward sequence of rocks: siliceous-clayey rocks—radiolarian cherts—microcrystalline cherts—mixtites (calcite, quartz, clay with organic matter about 15–20% each)—argillites. Clastic input shows the regular pattern up the section following the sea level evolution (high stand systems tracts). The most favorable period for the accumulation of organic matter (OM) was the late stage of high sea level stand (LHST₁). In the present study, in the Western Siberia during transition from Jurassic to Cretaceous stages it is observed: a. abnormally high uranium content (the maximum for the section of the Formation); b. change of biogenic siliceous sedimentation to the siliceous-carbonate one. This change in sedimentation during this period was also recorded in the Tethyan belt, and is associated with the global restructuring of the geochemical conditions in the oceanic waters of the northern hemisphere in the J/K boundary.

Keywords: *black shales, Upper Jurassic–Lower Cretaceous, West Siberia, sedimentary conditions.*