

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

# ЭВОЛЮЦИЯ БИОСФЕРЫ И БИОРАЗНООБРАЗИЯ

к 70-летию  
А.Ю. Розанова

Товарищество научных изданий КМК  
Москва ❖ 2006

ББК 28.1

Эволюция биосферы и биоразнообразия. К 70-летию А.Ю. Розанова. М.: Т-во научных изданий КМК. 2006. 600 с.

Сборник, посвященный 70-летию директора Палеонтологического института Российской академии наук, члена-корреспондента РАН, профессора Алексея Юрьевича Розанова, включает 39 статей по актуальным проблемам широкого спектра дисциплин, входящих в циклы наук о Жизни и о Земле, включая планетологию, микробиологию, эволюционную теорию, бактериальную палеонтологию, эволюционную морфологию, палеоэкологию, палеогеографию, биостратиграфию, литологию и другие. Данная тематика отражает основные направления, разрабатываемые в рамках программ Президиума РАН № 18 «Происхождение и эволюция биосферы» и № 11 «Биоразнообразие и динамика генофондов», а также программы Отделения биологических наук РАН «Биологические ресурсы России: фундаментальные основы рационального использования».

Редакционная коллегия: Т.Б. Леонова, А.В. Лопатин, С.В. Рожнов,  
Г.Т. Ушатинская, А.А. Шевырев

Ответственный редактор: С.В. Рожнов

ISBN 5-87317-299-4

© Палеонтологический институт РАН, 2006  
© Коллектив авторов, 2006  
© Сергей Новиков, фото на фронтисписе, 2006  
© Т-во научных изданий КМК, издание, 2006

УДК 564: 551. 762. 33 (084.4)

## **Условия формирования волжско-берриасской высокоуглеродистой баженовской свиты Западной Сибири по данным палеоэкологии**

**В.А. Захаров**

Геологический институт РАН, Москва  
E-mail: zakharov@ginras.ru; mzarctic@mtu-net.ru

Высокоуглеродистая баженовская свита Западной Сибири (площадью около 1 млн. км<sup>2</sup> и мощностью в среднем 30 м) характеризуется аномальными геохимическими, необычными палеонтологическими и физическими свойствами. В течение волжского и начале берриасского веков она формировалась в относительно глубоководном эпиконтинентальном Западно-Сибирском море. Анализ биоты и предполагаемый круговорот веществ в баженовском море не дает основания рассматривать его экосистему как уникальную по сравнению с экосистемами, одновременно существовавшими в арктической циркумполярной области. Высокое содержание растворенного органического вещества (РОВ) в породах баженовской свиты связано, по нашему мнению, с определенными палеогеографическими, гидрологическими и гидродинамическими характеристиками палеобассейна: огромными размерами зеркала (2,2 млн. км<sup>2</sup>), наличием псевдоабиссальной впадины (глубиной более 500 м), системой поверхностных и донных течений, низкой окружающей суши и вяло текущими процессами выветривания в условиях квазисубтропического семигумидного на севере и семиаридного на юге климата. Сохранению и консервации органического вещества в значительной степени способствовали режим «седиментационного голодания» во впадинах, полузамкнутый характер моря и наличие подводного порога на выходе его в открытый арктический бассейн. Благодаря вертикальным движениям на месте этого порога в придонном слое глубоководной впадины периодически возникали благоприятные для консервации органического вещества аноксидные условия. Стабильность описанной ситуации в течение почти 8 млн. лет способствовала устойчивому функционированию пелагической эвтрофной экосистемы, что привело к обогащению осадков органическим веществом.

*Ключевые слова:* черные сланцы, баженовская свита, высокоорганическое вещество, волжский и берриасский века, Западная Сибирь.

Баженовская свита по многим параметрам является уникальным геологическим телом в глобальном масштабе. Нигде на континентальной части Земного шара неизвестно осадочной толщи столь обширной по площади (около 1 млн. км<sup>2</sup>), устойчивой по мощности (в среднем 30 м), богатой органическим веществом (ОВ) (5% C<sub>орг.</sub> в среднем), являющейся

одновременно нефтегенерирующей и коллектором нефти. Баженовская свита вмещает и промышленные залежи нефти (пласт 10<sub>0</sub> на Салымской и Сургутской структурах). Дебиты нефти в Салымском районе достигают 700-800 м<sup>3</sup>/сутки. Нефтеносность пород баженовской свиты установлена также на Малобалыкской, Студеной, Декабрьской, Надымской, Восточно-Моисеевской и др. площадях. Мощность высокоуглеродистых пород свиты достигает 60 м. Количество органического вещества в них составляет до 25%. Суммарное количество ОВ в породах волжского яруса и бореального берриаса оценивается в 4,0·10<sup>12</sup> тонн, а хлороформенных битумоидов 0,5·10<sup>12</sup> тонн. В сорбированном состоянии глины содержат 3,2·10<sup>12</sup> метана, 6,5·10<sup>12</sup> м<sup>3</sup> гомологов метана и 0,6·10<sup>12</sup> м<sup>3</sup> молекулярного водорода. Учитывая огромную площадь распространения баженовской свиты, ее следует рассматривать как один из потенциальных объектов дальнейших поисков промышленных залежей нефти. Возможно, что более половины объема баженовской свиты представляет собой баженовит — глинисто-карбонатно-кремнистая порода преимущественно биогенного происхождения (Вассоевич, 1972). Давно доказано, что основная масса РОВ в баженовской свите представлена планктоногенным сапропелем (Конторович и др., 1974).

Необычны и другие характеристики свиты. Она отличается от окружающих пород повышенной радиоактивностью, высокой степенью электропроводности, сопротивлением и пористости, аномально высоким содержанием органомфильных элементов: молибдена, цинка, кобальта, никеля, меди, сурьмы, марганца, бора, фосфора, ванадия, урана, тория и мышьяка и сульфидного железа (Конторович и др., 1974, 1975; Плуман, 1975; Гавшин, Бобров, 1982; Гурари, Гавшин, 1984; Условия..., 1988). Также весьма своеобразны встречающиеся в баженовской свите окаменелые остатки микро- и макробиоты. Среди них преобладают морские пелагические организмы: фитопланктон (диноцисты, празиофиты, кокколиты), зоопланктон (радиолярии), нектон (головногие моллюски — аммониты, теутиды — палеокальмары, белемниты и рыбы). Бентос представлен, в основном, лишь двумя родами двусторчатых моллюсков: бухиями и иноцерамами, являющимися биссусными сестонофагами высокого уровня, т.е. относящимися к эпифауне. Баженовиты, как правило, лишены остатков организмов, т.е. инфауны, для которой грунт является жизненно необходимым. Лишь недавно найдены очень мелкие (длиной несколько мм) следы жизнедеятельности (Захаров и др., 1998; Эдер и др., 2003).

Таким образом, как по композиционным и вещественным (литологическим и геохимическим), так и палеобиологическим параметрам баженовская свита уникальна. Означает ли это, что и экосистема, генерировавшая столь необычное геологическое тело, была исключительной по гидробиологическим параметрам и не имела аналогов в фанерозойской истории Земли?

### **Характеристики баженовской свиты и ее высокоуглеродистых аналогов**

Почти два десятилетия назад были суммированы характерные особенности баженовской свиты и ее временных аналогов: тутлеймской и мулымьинской свит, которые должны объяснить модель экосистемы Западно-Сибирского бассейна. Эти особенности заключаются в следующем (Баженовский..., 1986, с. 81):

1) распространение на огромной площади (более 1,2 млн. км<sup>2</sup>) толщи маломощных (от 10 до 60 м, в среднем 30 м) высокоуглеродистых (от 2 до 20%, в среднем около 5% Сорг), преимущественно монтмориллонитовых глин, сформировавшихся в течение длительного времени (волжский и берриаский века общей продолжительностью более 8 млн. лет);

2) низкое содержание в высокоуглеродистых глинах крупнозернистой песчано-алевритовой фракции (0-10%, в среднем 5%) при отсутствии песчано-алевритовых пород;

3) высокое содержание в баженовитах свободного кремнезема в форме халцедона и опала (иногда до 25%, в среднем 10–15%), пиритного железа (до 90 % от общего железа), серы (до 6%);

4) резко повышенное содержание в баженовитах редких органических (уран, никель, кадмий, кобальт, молибден, мышьяк, ванадий, медь и др.) и рассеянных (бор, галлий, барий и др.) элементов;

5) обилие в баженовитах остатков пелагических организмов: радиолярий, зеленых, золотистых, пирифитовых микроводорослей, головоногих — аммонитов (10 родов) и теутид (более 8 родов), рыб (2 рода) при довольно бедном бентосе (6 родов двустворок, 1 род гастропод, 2 рода беззамковых брахиопод);

6) присутствие в баженовитах маломощных скоплений раковин бухий и иноцерамов, перемежающихся с более мощными интервалами, лишенными остатков бентоса;

7) отсутствие остатков микробентоса на большей части площади развития баженовита, редкость остатков и следов жизнедеятельности редуцентов: илоедов, хищников, падалеедов;

8) отчетливо выраженная асимметрия в распределении остатков беспозвоночных. Наиболее богатые по таксономическому составу и количественному изобилию ориктоценозы находятся вдоль западных и юго-западных окраин Западно-Сибирской плиты. Здесь насчитывается 80 видов (> 20 родов) аммонитов, 90 видов (40 родов) двустворок, 6 родов гастропод, 15 видов (7 родов) брахиопод. Ориктоценозы северо-восточного и юго-восточного обрамления качественно значительно беднее: 10 родов аммонитов, 6 родов (13 видов) двустворок, 1 род гастропод, 2 рода беззамковых брахиопод;

9) присутствие в ориктоценозах вдоль западного обрамления большого числа родов беспозвоночных, известных с территории Восточно-Европейской равнины, Северо-Западной Европы и Северо-Восточной Гренландии, обилие здесь крупнораковинных видов;

10) редкость бухий в породах волжского яруса Приполярного Урала.

### Факторы среды

В геологической истории Земли не было, конечно, хотя бы двух бассейнов, аналогичных по своим характеристикам. Свои уникальные черты имел и баженовский бассейн. По данным палеоботаники, палеоэкологии и палеотермометрии на территории Западной Сибири в течение всего баженовского времени господствовал субтропический климат — семиаридный на юге и семигумидный на севере. Среднегодовая температура вод в эпипелагиали в раннебаженовское (средневожское) время вблизи северо-западного берега по данным изотопно-кислородной и Ca/Mg палеотермометрии, составляла +15...18 °С., вблизи северо-восточного +13...14 °С.. Температура придонных вод, судя по составу бентоса, могла опускаться до нескольких градусов (рис. 1).

Соленость вод баженовского моря по абсолютному показателю была близка к современной океанической. Биохимический анализ раковин средневожских устриц, обитавших в Северо-Сосьвинском бассейне, показал абсолютную соленость вод, равную 31,5 ‰ (Захаров, 1981; Захаров, Сакс, 1983). В открытой пелагиали она составляла 34,0 ‰. Качественный состав и количественные соотношения солей соответствовали таковым мирового океана того времени. Об этом свидетельствует состав биоты баженовского моря, в котором резко преобладали стеногалинные группы нектона: головоногие (аммониты, теутиды, белемниты), планктона (радиолярии, кокколитофориды, диноцисты,

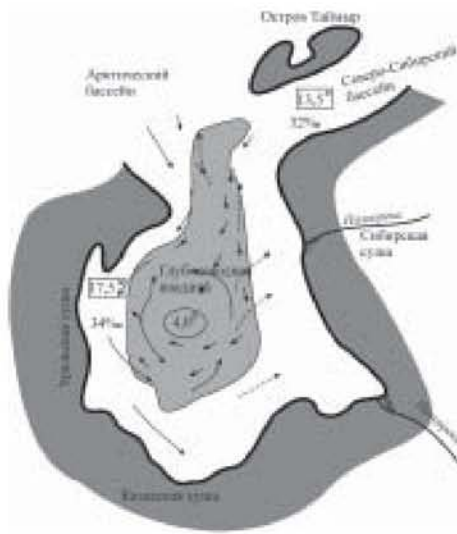


Рис.1. Палеогеографическая схема Западно-Сибирского бассейна и смежных бассейнов на севере в баженовское (волжско-берриаское) время. Предполагаемые течения: теплые (длинные сплошные стрелки) и прохладные (пунктирные стрелки) поверхностные и холодные придонные (короткие стрелки). Затенена халистатическая зона. Суши — Сибирская, Казахская, Уральская и Таймырская показаны темно-серым цветом. Цифры в прямоугольниках — среднегодовая температура вод пелагиали (в град. Ц) по результатам изучения  $^{218}\text{O}$ ; в овале — предполагаемые температуры придонных глубинных вод и абсолютная палеосоленость, вычисленная методом Ракера-Валентайна по раковинам устриц Палеогеография..., 1983.

птероспермеллы) и бентоса (бухий и иноцерамы). О морских условиях седиментации свидетельствуют также данные геохимии (Ушатинский, Зарипов, 1978). Высказывалось мнение об общем опреснении баженовского моря (Лебедев, Поплавская, 1973) и об образовании «баженовитов» (по содержанию в них бора) в центральной и северной частях Сургутского свода (а это Центральная впадина! — В.З.) в условиях сильного опреснения (Комплексные исследования..., 1978, с.97). С гидробиологических позиций эта точка зрения не выдерживает критики.

### Палеобатиметрия

Как известно, не существует прямых индикаторов глубин ни среди организмов, ни минералов, ни пород. Батиметрия баженовского моря реконструировалась исследователями косвенными методами по катенам, фациальным рядам и аналогии с соседними впадинами (в частности, Хатангской). На территории современной Хатангской впадины разрезы волжского яруса и берриаса хорошо обнажены не только по окраинам, но и в центре. Для волжского века и берриаса по катенам бентоса, с учетом типов и характера осадков, реконструированы, по крайней мере, три биономические зоны — верхнесублиторальная, среднесублиторальная и нижнесублиторальная. Наиболее глубоководные временные аналоги баженовской свиты в Хатангской впадине выходят на поверхность на полуострове Нордвик (Захаров, Юдовный, 1974; Захаров, Шурыгин, 1979). Все три биономические зоны прослеживаются и в Западно-Сибирском бассейне. Кроме того, здесь установлены еще три биономические зоны в направлении к центру впадины (рис. 2). Если принимать наибольшие глубины нижней сублиторали в современных морях на отметках 200 м, то следующие зоны должны быть значительно глубже, поскольку погружение дна гипотетического бассейна большей частью идет по возрастающей. Эти глубины для Центральной впадины были определены отметками, превышающими 500 м. (Палеоландшафты..., 1968; Баженовский горизонт..., 1986; Условия..., 1988). Шесть батиметрических зон было выделено также по ассоциациям фораминифер (Киприянова и др., 1971). Палеоглубины вычислены авторами в интервале от 180 до 400 м. и более. В.С. Бочкарев (Бочкарев, Федоров, 1985; Бочкарев, 1999) расчетным путем определил максимальные

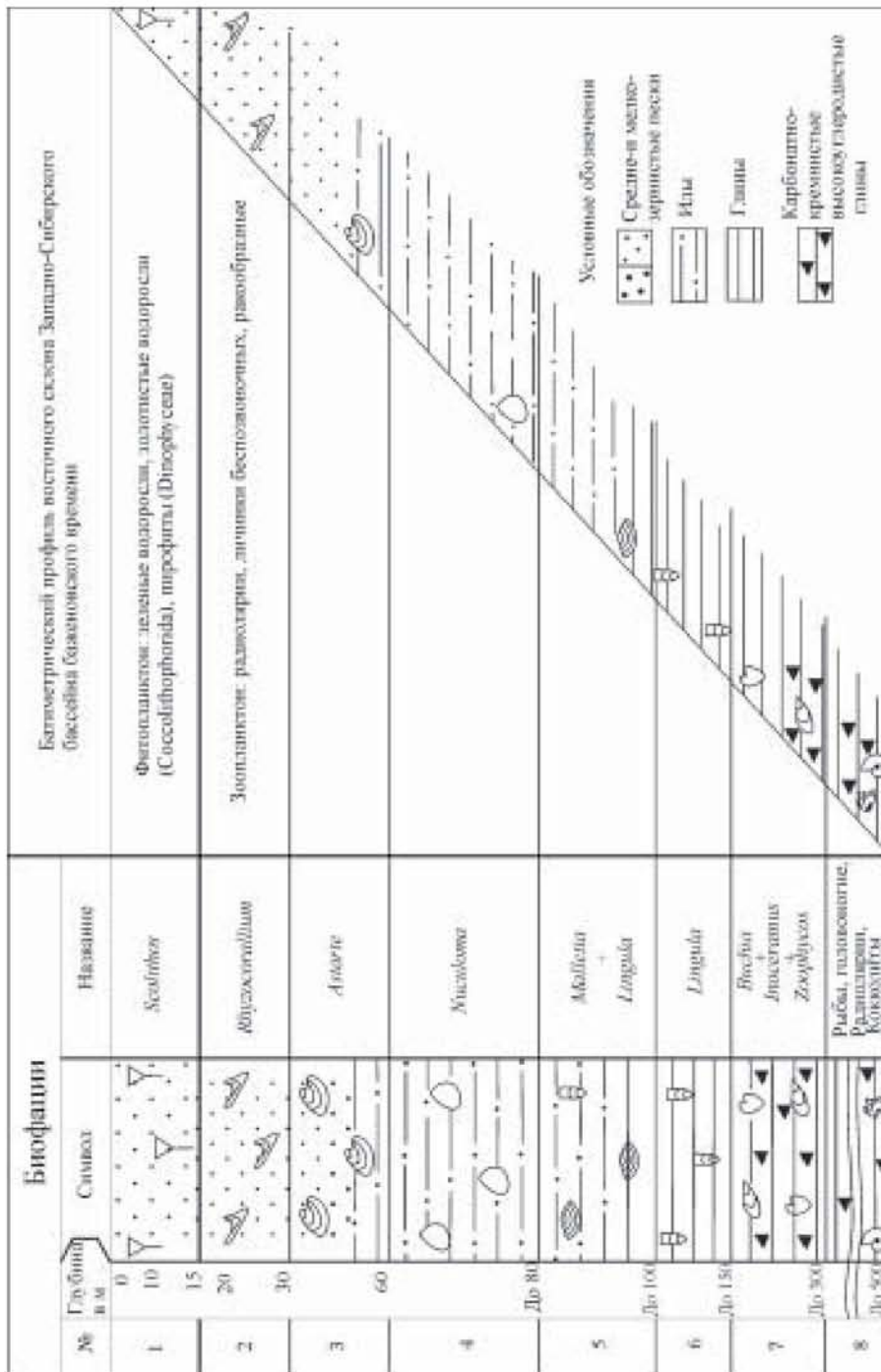


Рис. 2. Биофашии и модельный (принципиальный) батиметрический профиль восточного склона Западно-Сибирского бассейна базеновского времени.

глубины в районе Уренгоя, равные 700–750 м. Есть и противоположная версия, согласно которой базеновское море было мелководным. Это мнение противоречит как биологическим, так и геологическим фактам. Базеновиты, высокоуглеродистые породы базеновской свиты, в изобилии содержат остатки планктонных микроорганизмов: радиоля-

рий и разнообразного фитопланктона, который заселял пелагиаль баженовского моря и по аналогии с планктоном современных морей должен был совершать ежесуточные вертикальные миграции в толще воды до 200 м. Характерные для пород микрослои (толщиной в несколько мм и доли мм) прослеживаются на десятки и даже сотни метров, что свидетельствует об отсутствии волнений на поверхности дна. В породах не обнаружено следов темпеститов, образующихся в современных морях при штормах на глубинах до 80 м. Прибрежно-морские отложения, заполнившие впадину позднее, имеют толщину много сотен метров, что указывает на глубину формирования свиты.

### Геоморфология дна и гидрология

В соответствии с реконструкциями многих исследователей эпиконтинентальное баженовское море по основным параметрам (площадь зеркала вод более 2,2 млн. км<sup>2</sup> и максимальные глубины, возможно, превышавшие 500 м) следует рассматривать как бассейн квазиокеанического типа. На месте современных Мансийской, Надымской мегавпадин и, возможно, Уренгойской котловины существовала вытянутая с севера на юг псевдоабиссальная Центральная впадина (Палеоландшафты..., 1968; Атлас..., 1976; Палеобиофации..., 1978; Захаров, Сакс, 1980, 1983; Бочкарев, Федоров, 1985; Баженовский..., 1986; Бочкарев, 1999). С запада, востока и юга баженовское море было окружено низкой равнинной сушей и имело сужающееся к северу грушевидное очертание (рис. 1). В широтном направлении дно баженовского моря было асимметричным: широким и пологим на востоке и юго - востоке (вблизи Сибирской суши), вдвое более узким и крутым на западе и юго - западе (вблизи Уральской полуострова) (Палеобиофации..., 1978). На севере и северо - востоке баженовское море сообщалось с арктическим бассейном. Пролив на крайнем северо-востоке (на месте нынешней Усть-Енисейской впадины) был сравнительно мелководным и не оказывал существенного влияния на газовый режим

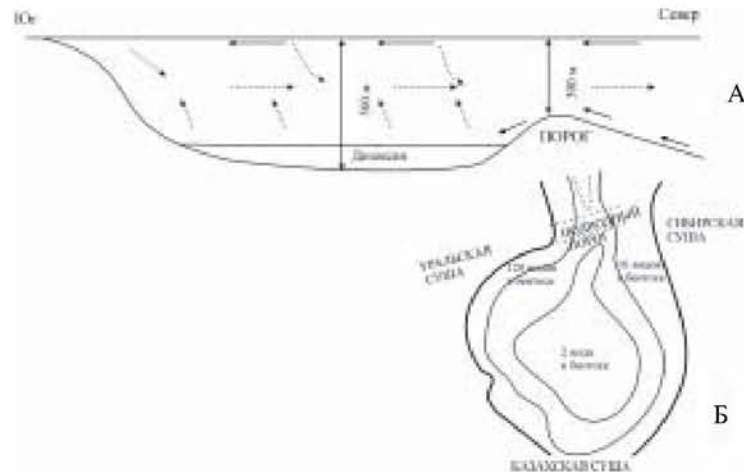


Рис. 3. Гидрологическая модель Западно-Сибирского моря баженовского времени в вертикальном срезе север-юг (А) и положение подводного порога на территории современного полуострова Ямал (Б). Стрелками показаны течения: длинными сплошными — поверхностные теплые, длинными пунктирными — нисходящие «тяжелые» и прохладные воды, короткими сплошными — холодные придонные воды, короткими пунктирными — восходящие.

придонных вод Центральной впадины.

Наибольший объем арктической воды поступал через северный проход (в районе современного п-ова Ямал), который был относительно глубоководным. Здесь, вероятно, существовало подводное поднятие (порог), вертикальные движения которого регулировали поступление водных масс и аэрацию на дне Центральной впадины (рис. 3, А, Б). О наличии поднятий свидетельствует отсутствие в разрезах на севере п-ова Ямал стратиграфических интервалов, соответствующих части или всей баженовской свите, и широкое развитие верхнеюрских песчано-алевритовых пород, составляющих нурминскую свиту (Кислухин и др., 2003). Размывы отложений (и образование седиментационных и стратиграфических перерывов) связываются с периодами расширения и углубления северного прохода и одновременно усилением течений. Этим же можно объяснить наблюдаемые особенности распространения крупных скоплений раковин бухий и иноцерамов в баженовской свите (рис. 4). Предполагается, что при опускании порога обогащенные кислородом воды из арктического моря проникали в Западно-Сибирский бассейн, и именно в это время бентосные моллюски заселяли дно впадин, а органическое вещество поглощалось фильтраторами, уничтожалось в процессе окисления и деструкторами. Подъем порога приводил к затруднению обмена вод, что способствовало образованию халистатических зон во впадинах, препятствовало расселению бентоса, но способствовало сохранению органического вещества.

### Течения

В бассейне существовала сложная система течений: вдольбереговые, циклонические, конвекционные (сезонный климат), апвеллинг (асимметрия бассейна). Определяющим было теплое поверхностное течение, шедшее с севера и проходившее вдоль Уральского полуострова, отделявшего Западно-Сибирский бассейн от Тимано-Печерского (рис.1). Через северный пролив со стороны баренцевоморской акватории поступало теплое поверхностное течение, которое по мере продвижения на юг вдоль Уральского полуострова теряло свою силу и одновре-

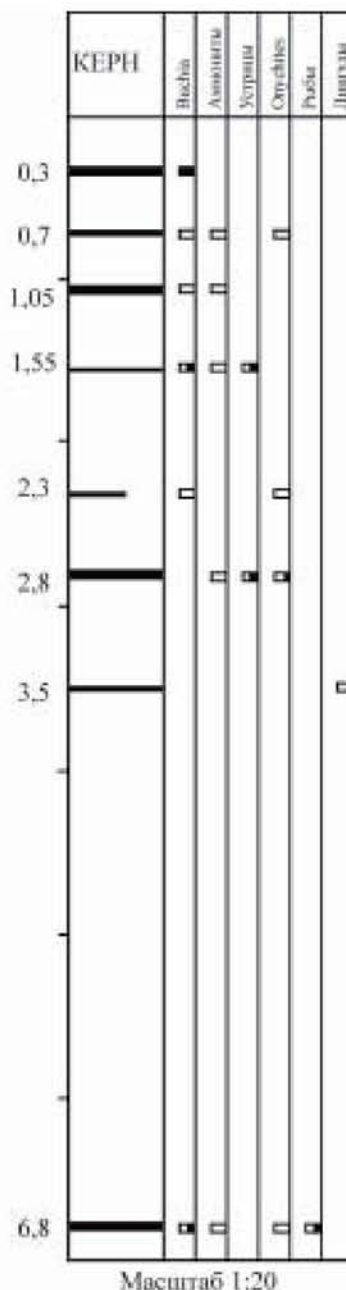


Рис.4. Схематическая зарисовка колонки керна баженовской свиты Салымского района — типового для свиты. Полоски черного цвета — скопления остатков моллюсков, рыб и лингул. Баженовский..., 1986.

менно в соответствии с направлением западного склона моря отклонялось к востоку, создавая завихрения и круговые течения в эпипелагиали и образуя режим близкий к таковому в Черном, Средиземном и, возможно, Саргассовом морях. Холодные воды поступали через северные проливы благодаря глубинным противотечениям (Баженовский..., 1986). Наличие придонных течений можно предполагать, исходя из стратиграфических перерывов объемом до аммонитовой зоны внутри баженовской свиты (Месежников, 1983), а также присутствия песчаных пород, тесно ассоциирующих с типичными баженовитами, и наличия в их составе окатышей сидеритов и галечек глин (Условия..., 1988, с. 37–38). Предложенная система течений удовлетворительно объясняет некоторые закономерности в распределении донных моллюсков на площади. Так, богатство и разнообразие остатков беспозвоночных вдоль западных окраин палеобассейна и бедность и малочисленность их вдоль восточных объясняются теплыми течениями на западе и прохладными на востоке (рис. 1, 3). Биогеографическая структура полностью соответствует такому объяснению: низкобореальные таксоны преобладают на западе и юге, а высокобореальные и арктические — на северо-востоке и востоке палеобассейна. Об относительной тепловодности акваторий на северо-западе может свидетельствовать значительное возрастание карбонатности в этом направлении в пределах как впадины, так и внешнего ее обрамления (Филина и др., 1984). Редкость находок бухий в мелководно-морских отложениях на западе также связана с более высокими температурами на мелководье. Эти моллюски являются типичными бореальными. Именно низкими температурами вод можно объяснить изобилие их остатков (вплоть до ракушечников) в самых глубоководных (и, скорее всего, наиболее холодноводных) отложениях центральной частей впадины, куда периодически поступали придонные течения из арктического бассейна. Несомненно существовали и конвекционные течения за счет разности в плотности воды на поверхности и в придонных частях, а также из-за штормовых ветров (рис. 3, А). Многолетние циклонические круговороты свойственны халистатическим областям и современных морей (Рябинин, Богачук, 1977) и допускаются для Западно-Сибирского бассейна баженовского времени (Гурари, Матвиенко, 1980). Широкое площадное распределение и высокая концентрации РОВ в баженовской свите на месте предполагаемой псевдоабиссальной впадины лучше объясняется системой течений, а не апвеллингом, как считал А.В. Гольберт с соавторами (Палеобиофауны..., 1978).

## Экосистема

Накопление ОВ обязано функционированию пелагической экосистемы, центральным звеном которой был фитопланктон. Ядро экосистемы бассейна состояло из разнообразных пелагических организмов-продуцентов (фитопланктона — празиофиты, кокколитофориды, динофлагелляты) и консументов (зоопланктона — радиолярии, личинки беспозвоночных, ?ракообразные; пелагические костистые рыбы — *Leptolepis*, *Pholidophorus*, аммониты, белемниты, палеокальмары и морские ящеры), а также бентосных двустворчатых моллюсков, фораминифер и остракод (рис. 5).

Огромное скопление ОВ в баженовском битуминозном горизонте следует связывать не столько с уникальностью экосистемы, сколько с длительностью ее функционирования. Эффективное функционирование экосистемы в течение 8 млн. лет стабильно поддерживалось круговоротом как живого вещества, так и питательного косного, привнесенного поверхностным течением из западной части Арктики, циклоническими течениями в толще глубоководной впадины, придонными противотечениями и сносом с окружающей

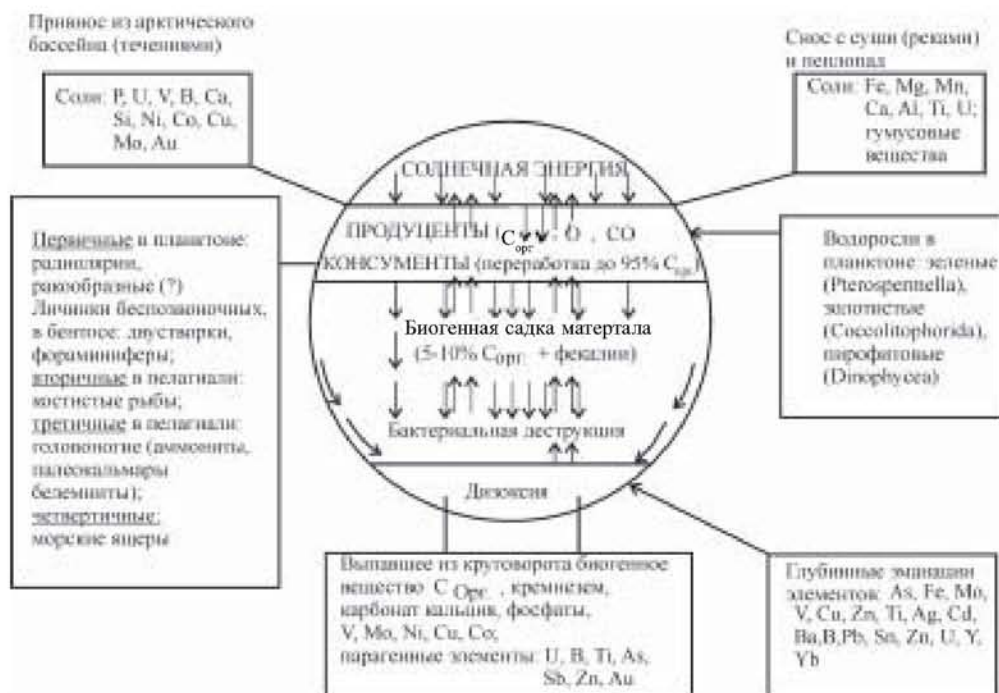


Рис. 5. Модель экосистемы баженовского моря. Стрелками показан круговорот энергии и вещества: направлены вниз — солнечная энергия и биогенная садка материала; направлены вверх — диффузия газов, конвекционные и донные течения. Баженовский..., 1986, Условия..., 1988.

пенепленизированной суши. Снос с пенеplена микроэлементов поддерживался благодаря глубокому химическому выветриванию в условиях умеренно-теплого гумидного климата (Палеоландшафты..., 1968; Палеобиофагии..., 1978; Занин и др., 2003). Предполагается также привнос элементов с пеплами, о чем свидетельствует высокий Fe/Mn-модуль, и подводными эксаляциями (Условия..., 1988). Экосистема была эвтрофной. Нормальные биологические циклы — жизнь и смерть индивидуумов, смена поколений, сезонные переработки и выбросы ОВ в пищевых цепях и пр. — обеспечивали поступление в осадок очень разнообразного в белковом и других отношениях ОВ (рис. 5). Выпадавшее из круговорота ОВ должно было составлять по данным современных биогеохимических циклов от 2 до 10% от всего продуцированного пелагической экосистемой (Лапо, 1987). В течение волжского века и берриаса в осадках Центральной впадины в условиях периодически возникавшей аноксии придонных вод накопилось около 18 млрд тонн органического вещества (Палеобиофагии..., 1978). Слабое «разбавление» осажденного ОВ терригенным и терригенно-кремнистым материалом привело к аномально высоким содержаниям его в породе. Повышенная концентрация микроэлементов в битуминозных глинах также связана с функционированием прежде всего экосистемы пелагиали. Хорошо известна способность многих обитателей современных морей и океанов концентрировать в тканях отдельные химические элементы, при этом их концентрация в сотни и даже в тысячи раз превышает концентрации этих элементов в морской воде (Виноградов, 1967). Не случайно уровень радиоактивности, например, в Салымском районе прямо коррелируется с содержанием  $C_{org}$  (Плуман, 1975; Гурари, Матвиенко,

1980). Поэтому есть все основания считать, что высокое содержание урана, молибдена, цинка, никеля, тория, меди и других органофильных микроэлементов в «баженовитах» связано с концентрационной функцией планктона, фосфор концентрировали рыбы и членистоногие, кальций — кокколитофориды и бентос, кремний - радиолярии и динофлагелляты, ванадий могли концентрировать не сохранившиеся в породах мягкотелые животные (предки современных асцидий). Разнообразные жизненно важные элементы поступали с суши и из глубинных источников. Многие из них вовлекались в круговорот экосистемы баженовского моря благодаря транспортировке вод течениями из открытого Арктического бассейна (рис. 5).

Преобразование биогенного осадконакопления над терригенным происходило в условиях низких скоростей седиментации: темп осадконакопления составлял 0,002–0,003 мм в год при скоростях прогибания 0,012–0,015 мм/год (Ушатинский, Зарипов, 1978). Буфером для терригенного материала служило мелководье на востоке и юге. Неравномерное распределение биогенных элементов по разрезу свидетельствует о довольно частой смене состояния биоты: цикличности биотических процессов, вызванных сезонными и другими событиями вплоть до космических. Однако эти пульсации не слишком отклонялись от некоего среднего состояния, и экосистема продолжительное время оставалась стабильной, находясь в состоянии динамического равновесия.

### Возможные современные аналоги

В качестве современных аналогов, моделирующих условия формирования высокоуглеродистых осадков, обычно приводят Черное, Средиземное и Балтийское моря, существенно окруженные сушей и имеющие затрудненные связи с океаном, или краевые апвеллинговые зоны океанов вблизи берегов Перу, Намибии, Калифорнии, север-западной окраины Индийского океана, а также Калифорнийский залив и Скандинавские фьорды (Arthur, Sageman, 1994; Wignall, 1994). Накопление и сохранение высоких концентраций  $C_{орг}$  в донных осадках всех перечисленных бассейнов связывается с дефицитом кислорода в придонных слоях: от полного его отсутствия (Черное море) до редукции лишь на границе осадок-вода (Балтийское море). Для четырех из пяти моделей, приведенных М. Артуром и Б. Сагеманом (Arthur, Sageman, 1994, рис.1), предусматривается наличие порога в месте соединения «углеродного» бассейна и океана, что нами предполагается и для Баженовского моря. В трех бассейнах, как и в Баженовском, наряду с биогенным идет терригенное осадконакопление, но только в одном (Черном море) биогенное играет существенную роль. Однако в Черном море на глубинах, превышающих 150м, нет макрофауны. На дне Балтийского моря известны поселения двустворчатых моллюсков и полихет. Представители этих же групп беспозвоночных населяли дно псевдоабиссальной впадины Баженовского моря, хотя в отличие от балтийских инфаунных двустворок баженовские относились к эпифауне, а стало быть не нуждались в кислороде под поверхностью осадок-вода. Следы полихет обнаружены в баженовской свите, но они, в отличие от балтийских, очень мелкие и, по-видимому, были распространены весьма ограниченно. Кроме того, водные массы Балтийского моря, в отличие от Баженовского, имеют невысокую соленость и более низкие температуры вод. Самое же главное, по палеоэкологическим и геохимическим данным, в придонных слоях Центральной впадины Баженовского моря периодически возникали халистазы — зоны, сильно обедненные кислородом или даже лишенные его полностью, т.е. воссоздавались условия, характерные не для Балтийского, а для Черного моря. Таким образом, в наши дни нет полных аналогов экосистемы Баженовского моря. Оно

представляло собой бассейн, гидрологические и гидробиологические особенности которого отдаленно напоминали, с одной стороны, таковые Черного моря, а с другой — Балтийского. Притом следует помнить, что Баженовское море было окружено совершенно иными ландшафтами, чем рассмотренные современные моря (Палеоландшафты ..., 1968; Атлас..., 1976).

### К проблеме формирования углеродистых отложений

Описанная выше ситуация характеризует бассейн, его экосистему и условия формирования высокоуглеродистой толщи в общем плане. На самом деле картина была значительно многообразнее и сложнее. Об этом свидетельствует разнообразие в строении и составе битуминозных пород баженовского горизонта, как в разрезе, так и на площади (Баженовский..., 1986).

Даже самая однородная по многим характеристикам баженовская свита в Тамбейско-Омской зоне ее распространения разделена Ю.В. Брадучаном на 9 районов — каждый со своим типом разреза. Из общих закономерностей следует обратить внимание на постепенное понижение содержания  $C_{орг}$  в баженовской свите от центра впадины к периферии. Это дало повод выделить по степени битуминозности внешнюю и внутреннюю области (Брадучан, Лебедев, 1979). Внешняя область оконтуривает баженовскую свиту узкой полосой с востока, северо-запада и юга. С запада к баженовской свите примыкают последовательно две свиты: достаточно однородная по битуминозности тутлеймская и далее к Уралу менее однородная мулымьинская. Последняя может рассматриваться как внешняя область развития высокоуглеродистых пород баженовского горизонта. В этом же направлении — с востока на запад — битуминозная толща омолаживается. Возрастной диапазон баженовской свиты на большей части площади заключен в стратиграфическом интервале ниже-средневожского подъяруса — нижней части бореального берриаса., тутлеймской — средневожского подъяруса — нижнего валанжина, мулымьинской — средневожского подъяруса — нижнего готерива.

Описанные закономерности могут быть объяснены направленным изменением конфигурации бассейна баженовского времени в течение вожского века — раннего готерива (рис. 6). Максимум стояния воды в Западно-Сибирском морском бассейне пришелся на средневожское время — конец юрского периода. Затем, с начала мелового периода, примерно с ранней фазы бореального берриасского века, море начало сокращаться, отступая от Сибирской суши на запад. Заполнение осадками чаши началось уже в вожском веке, о чем свидетельствуют пресноводные отложения этого времени на юго-востоке плиты. Центральная впадина, занимавшая в вожское время большую часть Западно-Сибирского бассейна, в берриасе резко сократилась на востоке. Наиболее глубокая ее часть сместилась к западу. Эта тенденция сохранилась в валанжине (рис. 6). По нашему мнению, «скачок» в сокращении глубоководной зоны на востоке произошел в конце фазы *Hectoroceras kochi*. Именно этой зоной датируются последние высокобитуминозные слои в Салымском районе, где расположены типовые разрезы баженовской свиты (Баженовский..., 1986). Перекрывающие песчано-алевритовые мелководно-морские породы ачимовской свиты датируются на северо-востоке плиты верхней частью берриаса и частью нижнего валанжина (Захаров и др., 1999). Если учесть, что слои с аммонитами *Tollia tolli* (подачимовская пачка), считавшиеся ранее берриасом, в настоящее время относятся к валанжину, то возраст собственно ачимовской свиты ограничивается двумя — максимум тремя аммонитовыми зонами (это 2–3 млн. лет). Таким образом, заполнение глубоководной впадины осадками, поступающими преимущественно с востока, произошло довольно

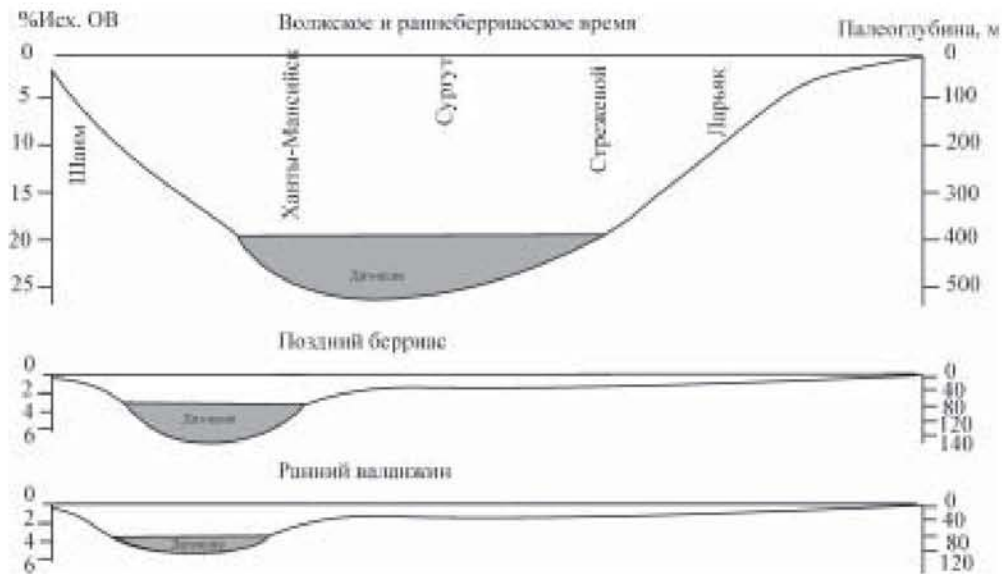


Рис. 6. Модельный профиль дна Западно-Сибирского бассейна вдоль широтного Приобья в конце юры и начале мела. Палеоглубины для волжского и раннеберриаского времени определялись, исходя из предположения, что увеличение содержания исходного органического вещества на 5% соответствовало углублению бассейна на 100м. При расчете палеоглубин для позднего берриаса и раннего валанжина считалось, что повышение исходного органического вещества на 2% должно было сопровождаться углублением бассейна на 40м. Расчеты исходного органического вещества взяты из публикаций: Конторович и др., 1974; Ушатинский, Зарипов, 1978 и др.

быстро (в геологическом времени). Большие глубины довольно быстро «отодвинулись» от Сибирской суши — самого существенного источника сноса. Площадь морской пелагиали, генератора высокоуглеродистых осадков, также быстро сократилась. Настоящие валанжинские баженовиты известны только в тутлеймской свите. Отсутствие до сих пор палеонтологических доказательств клиноформного характера ачимовской толщи (свидетельства «омоложения клиноформ» с востока на запад) объясняется чисто техническими причинами: слабой представительностью палеонтологического материала из-за бедности керна скважин, пройденных вкрест простираня «ачимовских тел».

Как отмечалось выше, баженовская свита по типам разреза разделена на 9 районов, в каждом из которых разрез свиты имеет свои особенности. Так, на большей части Салымского района, типового для свиты, в разрезе выделяются 4 пачки (снизу вверх): карбонатно-кремнистая (16,0 м), плитчато-аргиллитовая (3,0–8,0 м), кремнисто-известковая (10,0–15,0м) и глинистая (2,0–5,0м). Первая пачка обнимает три нижние зоны средневолжского подъяруса, вторая — две верхние этого же подъяруса, третья — верхневолжский подъярус, четвертая — нижнюю часть бореального берриаса, включая зону *Hectoroceras kochi*. Аналоги почти всех пачек прослеживаются только во внутренней области распространения свиты, но не были установлены во внешней. Животные и растения, идентифицированные по остаткам в каждой из пачек, довольно сходны по экологическим характеристикам: преобладают пелагические моллюски, рыбы, планктонные радиолярии, диноцисты, птероспермеллы и кокколиты (в берриасе), а бентосные представлены только двумя родами двустворчатых моллюсков — бухиями и иноцерамами. Это свидетельствует о том, что не было значительных перестроек экосистемы морского

бассейна баженовского времени и основные характеристики сохранялись в течение примерно 8 млн. лет. Первая и третья пачки, по сравнению с остальными, богаты радиоляриями, вторая отличается богатством бентосных групп, четвертая характеризуется наличием кокколитов. Исходя из предложенной гидродинамической модели и палеобиогеографической классификации моллюсков, можно предположить, что периоды расцвета радиолярий в пелагиали совпали с расширением и устойчивым долговременным существованием морских путей на западе. Именно в первой половине средневожского и в поздневожском времени ассоциации аммонитов в бассейнах Приполярного Урала и Западной Сибири были весьма сходны с таковыми Среднерусских и Тимано-Печорских морей (*Dorsoplanites*, *Kachpurites*, *Craspedites*). В конце же средневожского времени, а особенно в начале бореально-берриасского, Западно-Сибирский бассейн был населен выходцами из Арктики. В ассоциациях аммонитов здесь доминировали те же роды и даже виды, что на северо-востоке Гренландии и севере Восточной Сибири (*Laugeites groenlandicus*, *Praetollia*, *Hectoroceras*). В бентосе резко возросла роль арктических бухий и иноцерамов. Появление кокколитов в берриасе однозначно трудно объяснить. Кокколиты отмечаются также в берриасе и нижнем валанжине тутлеймской и валанжине — нижнем готериве марьяновской свит. Сокращение размеров глубоководной акватории и некоторое обмеление бассейна, возможно, были как-то связаны с повышением комфортности для кокколитофорид. Могли ли этому способствовать большая прогреваемость вод в весенне-летние периоды или обогащение вод минеральными соединениями вследствие возрастания сноса? Это маловероятно.

Среди других особенностей высокоуглеродистых пород баженовской свиты следует упомянуть тонкое чередование на площадях ее типичного проявления двух типов пород: высокоглинистых, относительно низкоуглеродистых (и низкокремнистых) и низкоглинистых, относительно высокоуглеродистых (Условия..., 1988; Конторович и др., 1998; Занин и др., 1999). Ю.Н. Занин объясняет такое чередование «работой» мутьевых потоков (турбидитов), дистальные части которых, спустя долгое время, все же достигали Центральной впадины. Заметим, что такую же природу многие геологи приписывают и ачимовской толще (Левинзон и др., 2002). Если так было на самом деле, то турбидитовой седиментацией следует объяснять любое чередование пород разных типов в центральных относительно глубоководных частях палеобассейнов. Так, разрез вожского яруса, бореального берриаса и валанжина (т.е., возрастных аналогов баженовского горизонта) на полуострове Нордвик моря Лаптевых тоже представлен чередованием глин (бедных  $C_{орг}$ ) и листоватых аргиллитов (содержащих 2–3 %  $C_{орг}$ ) (Каплан и др., 1973). Пласты имеют толщину от нескольких дециметров в основании разреза, постепенно возрастая вверх по разрезу до первых метров. Одновременно происходит постепенное сокращение площади и, по-видимому, глубины в этой (срединной) части бассейна (Захаров, Юдовный, 1974). Если принять в качестве гипотезы турбидитовую седиментацию, то получается, что со временем возрастает активность турбидитов, поскольку увеличивается толщина пластов (и разреза в целом). Логичнее эти факты увязать с приближением суши — источника сноса терригенного материала. Поскольку чередование разных (обычно двух) типов пород характерно для большинства разрезов осадочных толщ по всему фанерозою на Земном шаре, то представляется, что причина должна быть единая, а объяснение универсальным. Оно связано с регулированием источника сноса. Наиболее лабильным фактором на Земле (в геологическом времени) является климат, колебания которого оцениваются, прежде всего, значениями температуры и осадков. Возможно, именно климатические причины были спусковыми механизмами, приводившими к смене режима осадконакопления в бассейнах геологического прошлого.

## Заключение

В конце юры, в волжском (титонском) веке, на территории Западно-Сибирской плиты на площади около 1 млн. км<sup>2</sup> формировалась черносланцевая нефтематеринская и нефтеносная баженовская свита средней мощностью около 30 м. В ее высокоуглеродистых породах установлены макро- и микронеоднородности: по степени битуминозности, по обогащению карбонатами и кремнеземом, по содержанию элементов. Доля органического материала в этих породах, названных баженовитами, составляет не менее половины от общего их объема. Необычны палеонтологические характеристики свиты, заключающейся в основном остатки пелагических организмов и таксономически бедного макробентоса, представленного, главным образом, биссусными двустворчатыми моллюсками-сестонгофагами: обитавшими лишь в юре и раннем мелу бухиями и иноцерамами.

Главными источниками сноса в Западно-Сибирский бассейн являлась пенеценизированная Сибирская суша на востоке. С юга (Казахская суша) снос был значительно менее существенным: из-за сухого климата речная сеть, видимо, не была достаточно развита. Уральский полуостров не оказывал заметного влияния на формирование баженовитов. Терригенные крупнозернистые осадки сгружались на востоке и юге в широкой (до 300–400 км) и мелководной зоне шельфа, который служил буфером между наиболее крупными массивами Сибирской и Казахской суши и открытым морем. На суше господствовало химическое выветривание пород, что обуславливало низкие притоки терригенного материала (в основном в виде глинистой фракции). В Центральной впадине в течение продолжительного времени (до 8 млн. лет) существовал режим некомпенсированного, преимущественно биогенного, осадконакопления (Конторович и др., 1974; Ушатинский, Зарипов, 1978).

Западно-Сибирское море баженовского времени представляло собой грушевидно сужающийся к северу эпиконтинентальный бассейн площадью более 2 млн. км<sup>2</sup>. В центре бассейна находилась вытянутая с севера на юг псевдоабиссальная впадина с глубинами более 500 м, на отдельных участках достигавшими 600–700 м и более (Бочкарев, 1999). На востоке (вблизи Сибирской суши) дно моря было относительно мелководным, широким и пологим, а на западе (вблизи Уральского полуострова) втрое более узким и крутым. На севере и северо-востоке море сообщалось с арктическим бассейном. В районе п-ова Ямал, вероятно, существовало подводное поднятие, вертикальные движения которого регулировали поступление водных масс и аэрацию на дне впадины. В частности, восстановительный режим придонных вод псевдоабиссальных впадин целиком определялся глубиной проливов, главным образом, северного. В период затруднения связей в придонных слоях возникали халистатические зоны. С северо-запада шло теплое поверхностное течение, которое под влиянием контура берега и склона поворачивало на восток и создавало круговые потоки в эпипелагиали, образуя режим близкий к таковому в Черном, Средиземном и, возможно, Балтийском морях. Существовали и конвекционные течения, включая слабый местный апвеллинг.

Субтропический климат — семиаридный на юге и семигумидный на севере — господствовал в течение всего баженовского времени. Среднегодовая температура вод в эпипелагиали составляла +15...18 °С, а в придонных водах могла опускаться до нескольких градусов. Соленость баженовского моря по абсолютному показателю была близка к современной океанической.

Накопление ОВ на дне Западно-Сибирского моря в баженовское время было связано с функционированием, главным образом, пелагической экосистемы. Основным продуцентом ОВ являлся фитопланктон, первичными консументами были зоопланктон и донные моллюски, вторичными — костистые рыбы и головоногие. Конечным звеном в пищевых цепях могли быть морские ящеры (Баженовский горизонт..., 1986). Выпавшее из

круговорота ОВ должно было составлять до 5–7% от общего ОВ, продуцированного пелагической экосистемой. Судя по многочисленным, нередко обильным остаткам организмов в породах волжского и раннеберриасского возраста, экосистема была эвтрофной. Неравномерное распределение биогенных элементов по разрезу свидетельствует о довольно частой смене состояния биоты: микро- и макроцикличности в ее эволюции. Однако эти «пульсации» морской биоты не слишком отклонялись от некоего среднего состояния, и экосистема оставалась стабильной продолжительное время (примерно 8 млн. лет).

Таким образом, анализ биоты и предполагаемый круговорот веществ в Западно-Сибирском море баженовского времени не дают основания рассматривать его экосистему как уникальную по сравнению с экосистемами, одновременно существовавшими в арктической циркулярной области. Основным поставщиком ОВ являлась продолжительно функционирующая эвтрофная пелагическая экосистема. Нормальные биотические циклы снабжали осадки преимущественно сапропелевым ОВ. Высокое содержание РОВ в породах баженовской свиты связано, по нашему мнению, с определенными палеогеографическими, гидрологическими и геодинамическими характеристиками Западно-Сибирского палеобассейна того времени: огромными размерами зеркала, наличием псевдоабиссальной впадины, системой поверхностных и донных течений, низкой окружающей суши и преобладающими процессами химического выветривания в условиях квазисубтропического семигумидного на севере и семиаридного на юге климата. Преобладание скорости прогибания дна над скоростью преимущественно биогенного осадконакопления приводило к накоплению органического вещества сапропелевой природы. Сохранению и консервации органического вещества в значительной степени способствовал полузамкнутый характер Западно-Сибирского моря и наличие подводного порога на выходе в открытый арктический бассейн. Благодаря вертикальным движениям на месте этого порога в придонных водах и под поверхностью осадок-вода периодически возникали анаэробные и дизаэробные условия, благоприятные для консервации органического вещества.

В течение юрского периода на территории бореальной палеобиогеографической области в разные временные интервалы существовали полузамкнутые бассейны, напоминавшие Баженовский. Такие бассейны реконструированы нами в байосе и бате на баренцевоморском шельфе и в поздневолжское время на североморской акватории (Палеогеография..., 1983). По своим размерам эти палеобассейны уступали Баженовскому в несколько раз. Следует заметить, что обе отмеченные территории также нефтегазоносны, как и Западно-Сибирская плита.

## Литература

- Атлас и объяснительная записка к Атласу литолого-палеогеографических карт юрского и мелового периодов Западно-Сибирской равнины в масштабе 1 : 5 000000. 1976. Тюмень: ЗапСибНИГНИ. 85 с.
- Баженовский горизонт Западной Сибири. 1986. Новосибирск: Наука. 216 с.
- Бочкарев В.С. 1999. Палеобатиметрические условия формирования ачимовской толщ Западной Сибири // Геология, геофизика и разведка нефтяных месторождений. № 5. С. 23–27.
- Бочкарев В.С., Федоров Ю.Н. 1985. Палеобатиметрия Западно-Сибирского бассейна на конец времени накопления баженовской свиты // Строение и нефтегазоносность баженовской свиты Западной Сибири. Тюмень. С. 35–41.
- Брадучан Ю.В., Лебедев А.И. 1979. Дополнения к стратиграфии битуминозных отложений Западной Сибири // Пути повышения эффективности геолого-разведочных работ на нефть и газ в Тюменской области / Тр. ЗапСибНИГНИ. Вып. 48. Тюмень. С. 3–5

- Вассоевич Н.Б. 1972. Исходное вещество для нефти и газа // Происхождение нефти и газа и формирование их месторождений. М. Недра. С. 39–70.
- Виноградов А.П. 1967. Введение в геохимию океана. М.: Наука. 214 с.
- Гавшин В.М., Бобров В.А. 1982. Закономерности распределения микроэлементов в баженовской свите // Доманикиты Сибири и их роль в нефтегазоносности. Новосибирск: СНИИГГиМС. С. 76–91.
- Гурари Ф.Г., Гавшин В.М. 1984. Планктоногенные отложения фанерозоя, как показатель устойчивости содержания в морской воде редких и радиоактивных элементов // Эволюция осадочного рудообразования в истории Земли. М.: Наука. С. 123–133.
- Гурари Ф.Г., Матвиенко Н.И. 1980. Палеогеография баженовской свиты по распределению в ней урана // Перспективы нефтегазоносности юго-востока Западной Сибири / Тр. СНИИГГиМС. Вып. 275. Новосибирск: СНИИГГиМС. С. 81–91
- Занин Ю.Н., Замирайлова А.Г., Меленевский В.Н., Давыдов Д.Ю. 1999. О двух вещественно-генетических типах черных сланцев баженовской свиты // Докл. РАН. Т. 368. № 1. С. 91–94.
- Занин Ю.Н., Замирайлова А.Г., Левчук М.А., Писарева Г.М. 2003. К литологической характеристике верхнеюрских углеродистых отложений баженовского горизонта в западной части Западно-Сибирской плиты (Шаимский район) // Литосфера. № 2. С. 28–39.
- Захаров В.А. 1981. Бухиды и биостратиграфия бореальной верхней юры и неокома / Тр. ИГГСО РАН. Вып. 458. М.: Наука. 271 с.
- Захаров В.А., Занин Ю.Н., Замирайлова А.Г. 1998. Первая находка следов жизнедеятельности в высокоуглеродистых черных сланцах баженовской свиты Западной Сибири // Геология и геофизика. Т. 39. № 3. С. 401–406.
- Захаров В.А., Казаненков В.А., Богомолов Ю.И. и др. 1999. Биостратиграфия неокома Северного Приобья // Геология и геофизика. Т.40. № 8. С. 1135–1148.
- Захаров В.А., Сакс В.Н. 1983. Баженовское (волжско-берриаское) море Западной Сибири // Палеобιοгеография и биостратиграфия юры и мела Сибири / Тр. ИГГ СО РАН. Вып. 528. М.: Наука. С. 5–32.
- Захаров В.А., Сакс В.Н. 1980. Палеоэкология Арктического бассейна в юре и неокоме // Международный геол. конгресс. 26 сессия. Париж. Докл. сов. геол. Палеонтология. Стратиграфия. М.: Наука. С. 126–132.
- Захаров В.А., Шурыгин Б.Н. 1979. Юрское море на севере Средней Сибири (по данным анализа сообществ двусторчатых моллюсков) // Условия существования мезозойских морских бореальных фаун. Тр. ИГГ СО АН СССР / Сакс В.Н., Захаров В.А. (ред.). Вып. 411. Новосибирск: Наука. С. 56–81.
- Захаров В.А., Юдовный Е.Г. 1974. Условия осадконакопления и существования фауны в раннемеловом море Хатангской впадины // Палеобιοгеография севера Евразии в мезозое. Тр. ИГГ СО АН СССР. / Дагис А.С., Захаров В.А. (ред.). М.: Наука. Вып. 80. С. 127–174.
- Каплиан М.Е., Юдовный Е.Г., Захаров В.А. и др. Условия накопления морских отложений п-ова Пакса, переходных между юрой и мелом (Анабарский залив) // Докл. АН СССР. 1973. Т. 209. № 3. С. 691–694.
- Киприянова Ф.В., Комисаренко В.К., Тылкина К.Ф. Батиметрия средневожского морского бассейна Западной Сибири // Свердловск: Средне-Уральское изд-во, 1971. С. 8–11. (Тр. Зап-СибНИГНИ; Вып.43).
- Кислухин В.И., Брехунцова Е.А., Шрейнер А.А. 2003. Особенности геологического строения верхнеюрских осадочных образований на полуострове Ямал // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. № 4–5. С. 30–34
- Комплексные исследования стратиграфии юры и нижнего мела Западной Сибири. М.: Наука. 1978. 438 с.
- Конторович А.Э., Меленевский В.Н., Занин Ю.Н. и др. 1998. Литология, органическая геохимия и условия формирования основных типов пород баженовской свиты (Западная Сибирь) // Геология и геофизика. Т. 39. № 11. С. 1477–1491.
- Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К. и др. 1975. Геология нефти и газа Западной Сибири. М.: Недра. 697 с.

- Конторович А.Э., Полякова И.Д., Стасова О.Ф. и др. 1974. Органическая геохимия мезозойских нефтегазоносных отложений Сибири. М.: Недра. 189 с.
- Лапо А.В. 1987. Следы былых биосфер. М.: Знание. 208 с.
- Левинзон И.Л., Брехунцов А.М., Бородкин В.Н. и др. 2002. Ачимовский турбидитовый комплекс севера Западной Сибири — крупнейший объект нефтегазодобычи в XXI веке // Российская Арктика: геологическая история, минерагения, геоэкология / Додин Д.А., Сурков В.В. (ред.). СПб.: ВНИИОкеангеология. С. 652-659.
- Лебедев И.В., Поплавская М.Д. 1973. Материалы к познанию палеогеографии Западно-Сибирской равнины в поздней юре. Тюмень: Индустр. ин-т. 19 с.
- Месежников М.С. 1983. К биостратиграфии верхнеюрско-неокомских битуминозных отложений Западной Сибири (баженовская свита и ее аналоги) // Палеобиогеография и биостратиграфия юры и мела Сибири / Захаров В.А. (ред.). М.: Наука. С. 32-46.
- Палеобиофауны нефтегазоносных волжских и неокомских отложений Западно-Сибирской плиты. 1978. М.: Недра. 86 с.
- Палеогеография севера СССР в юрском периоде. // Боголепов К.В., ред. Новосибирск: Наука, 1983. 190 с. (Тр. ИГТ СО АН СССР; Вып. 573).
- Палеоландшафты Западной Сибири в юре, мелу и палеогене. 1968. М.: Наука. 152 с.
- Плуман И.И. 1975. Распределение урана, тория и калия в отложениях Западно-Сибирской плиты // Геохимия. № 5. С. 756-767.
- Рябинин А.И., Богачук В.М. 1977. К геохимии сероводорода в водах Черного моря // Геохимия. № 8. С. 1257-1264.
- Условия формирования и методика поисков залежей нефти в аргиллитах баженовской свиты. 1988. М.: Недра. 199 с.
- Ушатицкий И.Н. 1981. Литология и перспектива нефтеносности юрско-неокомских битуминозных отложений Западной Сибири // Сов. геология. № 2. С. 11-22.
- Ушатицкий И.Н., Зарипов О.Г. 1978. Минералогические и геохимические показатели нефтегазоносности мезозойских отложений Западно-Сибирской плиты. Свердловск: Среднеуральское кн. изд-во. 207 с.
- Филина С.И., Корж М.В., Зонн М.С. 1984. Палеогеография и нефтеносность баженовской свиты Западной Сибири. М.: Наука. 35 с.
- Эдер В.Г., Занин Ю.Н., Замирайлова А.Г. 2003. Иchnofossils баженовской и георгиевской свит верхней юры Западно-Сибирской плиты // Геология и геофизика. Т. 44. № 6. С. 517-524.
- Arthur M.A., Sageman B.B. 1994. Marine black shales: depositional mechanisms and environments of ancient deposits // Ann. Rev. Earth Planet. Sci. Vol. 22. P. 499-551.
- Wignall P.B. 1994. Black shales // Oxford Monogr. Geol. and Geophys. Vol. 30. 127 p.