

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.2.117-128>

УДК 552.5(571.1)

Баженовский горизонт Сибири (титон – нижний берриас): тектонические и гидродинамические условия осадконакопления

А.Н. Стафеев*, А.В. Ступакова, А.А. Сулова, Р.М. Гилаев, Е.С. Шелков, А.А. Книппер
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Новая модель формирования, по которой черные сланцы баженовской свиты накапливались на относительно поднятии – мелководном холмистом плато, хорошо согласуется с результатами общего палеогеографического анализа баженовского горизонта Сибири. Кроме благоприятных обстановок накопления и захоронения органического вещества, важными условиями формирования уникальной баженовской свиты являются множественность источников питательных веществ, их постоянный сток и улавливание практически всего терригенного материала в проточных бассейнах Приуральско-Хатангского сдвига. Судя по наличию врезов и распределению фаций в системе сдвиговых проточных бассейнов, на территории Енисей-Хатангского прогиба действовало морское течение из Арктического океана в направлении Западно-Сибирского бассейна. Периодические усиления-ослабления арктического стока, вероятно, были синхронны эпизодам тектонической активизации в дивергентной сдвиговой зоне. Повышения уровня океана приводили к затоплению приморского лагунно-озерного Южно-Таймырского бассейна и усилению стока из него осадочного материала и биофильных элементов. Во время трансгрессий питательные вещества сносились с затопляемых равнин Южного Таймыра. При этом, трансгрессии «запирали» сток из Вилуйского аллювиально-озерного бассейна. Во время регрессий, наоборот, сток осадочного материала и биофильных элементов из Вилуйского бассейна резко усиливался.

Ключевые слова: Сибирь, баженовский горизонт, черные сланцы, тектоника, гидродинамика, морские течения, апвеллинг, осадконакопление

Для цитирования: Стафеев А.Н., Ступакова А.В., Сулова А.А., Гилаев Р.М., Шелков Е.С., Книппер А.А. (2019). Баженовский горизонт Сибири (титон – нижний берриас): тектонические и гидродинамические условия осадконакопления. *Георесурсы*, 21(2), с. 117-128. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.2.117-128>

Введение

Уникальная нефтематеринская и нефтеносная баженовская толща (свита) Западной Сибири вызывает большой интерес к истории и условиям ее формирования. Главной особенностью титона – нижнего берриаса Сибири является широкое развитие черных сланцев (ЧС) в составе баженовского горизонта (средневожский подъярус – низы берриаса) (Брадучан и др., 1986). Кроме аномально высокого содержания органического углерода, свита характеризуется весьма широкой площадью распространения (свыше 1 млн км²), выдержанной мощностью (20-40, редко до 60 м) и относительно слабо меняющимся в разрезе и по площади карбонатно-глинисто-кремнистым высокоуглеродистым составом. Редко, в виде отдельных линз ЧС присутствуют на северо-востоке Западной Сибири в разрезах нижележащего георгиевского горизонта (верхний оксфорд – нижевожский подъярус), иногда они охватывают значительный интервал нижнего мела – до низов валанжина – мулымьинская и тутлеймская свиты Западной Сибири, а также паксинская свита в Анабарском районе на севере Сибири.

Основными факторами образования ЧС являются высокая первичная биопродуктивность планктона, высокая

степень захоронения и фоссилизации органического вещества и низкая скорость минеральной седиментации (Юдович, Кетрис, 1988). Иными словами, черносланцевая обстановка должна характеризоваться оптимальными для захоронения органического вещества (ОВ) глубинами бассейна, превышающими базис штормовых волн, активным поступлением биофильных элементов (питательных веществ) и низким привносом веществ, участвующих в минеральной седиментации.

Из новой модели баженовской свиты следует, что высокоуглеродистые отложения накапливались на мелководном (до 50-100 м) Центральном холмистом плато, которое обрамлялось относительно глубоководными (до 200-400 м) прогибами, улавливавшими терригенный материал (Ступакова и др., 2016; Стафеев и др., 2017). На северо-востоке Западной Сибири в баженовском горизонте рисуется конус выноса стоковых течений из Енисей-Хатангского прогиба, его наличие хорошо согласуется с тем, что еще в кимеридже, при более влажном климате, единственным активным региональным источником сноса было северо-восточное обрамление Западной Сибири, при полном отсутствии сноса с юга (Ян, 2009). В предлагаемой работе главным объектом исследований является Енисей-Хатангский прогиб, по которому шла транспортировка осадочного материала. Фациальный, формационный, генетический и общий палеогеографический анализы были ориентированы, в первую очередь, на

* Ответственный автор: Александр Николаевич Стафеев
E-mail: anstafeev@rambler.ru

© 2019 Коллектив авторов

реконструкцию происхождения и динамики осадочного материала и питательных веществ. Для разработки единой седиментационной модели баженовского горизонта, наряду с анализом каменного и геофизического материала, были использованы новые результаты стратиграфических, палеогеографических и палеотектонических исследований юры и мела Сибири (Захаров и др., 2008; Девятков и др., 2011; Никитенко и др., 2013; Захаров, Рогов, 2014; Шурыгин, Дзюба, 2015; Эдер и др., 2015а; Афанасенков и др., 2016; Рогов и др., 2017).

Физико-географические обстановки

Вдоль южного борта Енисей-Хатангского прогиба протягивается цепочка относительно глубоководных бассейнов, самый крупный из которых – Хетский – имеет протяженность около 500 км при ширине до 150 км (рис. 1). В нем накапливалась глинисто-алевритовая букатыйская свита (рис. 2). Между Хетским и Тазовским бассейнами в двух небольших вытянутых широтно бассейнах, как и в Тазовском бассейне, накапливалась алевритово-глинистая яновстанская свита (Шурыгин, Дзюба, 2015). В поперечном сечении бассейны асимметричны, их северные склоны были более крутыми. Судя по наличию врезов глубиной в десятки метров, проливное течение из Арктического океана в Хетский бассейн следовало вдоль юго-восточной окраины Таймырского островного поднятия. Севернее и северо-западнее цепочки бассейнов располагалась система валобразных поднятий (островов?). С востока на запад протягивались Балахнинский и Рассохинский валы и Малохетско-Мессояхская гряда (Девятков и др., 2011).

На северо-востоке Сибирской платформы располагался относительно мелководный морской бассейн, в котором накапливалась песчано-глинистая буолкалахская свита (Решения 3-го Межведомственного регионального стратиграфического совещания..., 1981; Никитенко и др., 2013). В южном направлении через переходные фации чонокской свиты морские отложения буолкалахской свиты замещались бергеинской свитой – аллювиально-озерными отложениями (до 400 м) с пластами торфяников (Девятков и др., 2011). С востока бассейны Сибирской платформы ограничивались Верхоянским среднегорным поднятием. Накопление пород баженовского горизонта происходило одновременно с началом верхоянской орогении (Парфенов, Кузьмин, 2001). В палиноспектрах из верхней части баженовской свиты обнаружены два вида пыльцы *Sciadopityspollenites* (Панченко и др., 2015), она аналогична пыльце зонтичных хвойных, произрастающих ныне в горных лесах Японии на высотах 0,8-1 км.

Не исключено, что и Таймырское островное поднятие имело значительные высоты. Возможно, именно с него сносился песчаный материал в Южно-Таймырский приморский лагунно-озерный бассейн, во время трансгрессий затопляемый морем (рис. 1). Признаков сосредоточенного стока терригенного материала с Восточно-Сибирской суши не установлено. Возможно, она представляла собой обширный пенепплен.

Тектоника и осадконакопление

По новой модели, низкое содержание терригенного материала в высокоуглеродистых фациях баженовской свиты

объясняется его улавливанием относительно глубоководным Тазовским палеобассейном, в котором формировался Большехетский конус выноса Енисей-Хатангского межбассейнового стокового течения (Ступакова и др., 2016; Стафеев и др., 2017). Тазовский бассейн выполнялся яновстанской свитой мощностью до 450 м. Он отделялся от главной арены формирования черных сланцев – Обского относительно мелководного бассейна, Надым-Караминской зоной подводных и островных поднятий северо-западного простирания (Ступакова и др., 2016). С востока бассейн ограничивался Приенисейским сбросом вдоль Восточно-Сибирской суши (рис. 1, 2).

На севере глубоководный Тазовский бассейн отделялся от мелководного Ямало-Карского бассейна Приуральско-Хатангским левым сдвигом (рис. 3).

Сдвиговая природа бассейна подтверждается близким соседством областей быстрой седиментации с областями локальной складчатости и размыва, а также кулисным расположением антиклинальных складок Мессояхской системы поднятий вдоль северного крыла разлома. Кроме структурного рисунка, левосдвиговый характер разлома проявляется в смещении седиментации в направлении по часовой стрелке (Митчелл, Реддинг, 1990) в радиальном асимметричном конусе выноса стоковых течений (рис. 1).

Конседиментационные антиклинальные линейные складки – валы, прослеживаются и восточнее – вдоль южного края, а далее – вдоль осевой части Енисей-Хатангского прогиба (Рассохинский, Балахнинский). На их территории часто отсутствуют верхнеюрские отложения (Девятков и др., 2011). Мощности верхней юры – низов мела вдоль южного борта Енисей-Хатангского прогиба меняются от десятков до первых сотен метров (Афанасенков и др., 2016). Несмотря на тонкий состав, на локальных участках отложения испытывают быстрые фациальные переходы. Среди глинисто-алевритовых пород появляются линзы песчаников. Анализ сейсмических профилей показывает резкие изменения мощностей на бортах локальных прогибов (рис. 4).

Все сказанное свидетельствует о наличии цепочки верхнеюрско-берриасских присдвиговых бассейнов вдоль юго-восточного борта Енисей-Хатангского прогиба. Самый крупный из них – Хетский бассейн – классической сдвиговой геометрии имеет длину около 500 км и ширину до 150 км. Мощности выполняющей его букатыйской свиты, отвечающей большей верхней части баженовского горизонта, в районе крутого северо-западного борта могут достигать 200 м (площади Новая, Массоновская). Между Хетским бассейном и Таймырским островным поднятием находится область, где свита не выделена (Шурыгин, Дзюба, 2012). Здесь, на территории Южно-Таймырского бассейна располагались реликтивно-морские озерные впадины (рис. 5). Холмисто-озерная приморская равнина временами заливалась морем.

Происхождение, транспортировка материала и условия осадконакопления

Распределение фаций в системе сдвиговых бассейнов Енисей-Хатангской зоны и наличие межбассейновых врезов говорят об активной роли проливного течения из Арктического океана (рис. 6). Врезы имеют ширину до 5-7 км и глубину до 100 м. На юго-восточном склоне

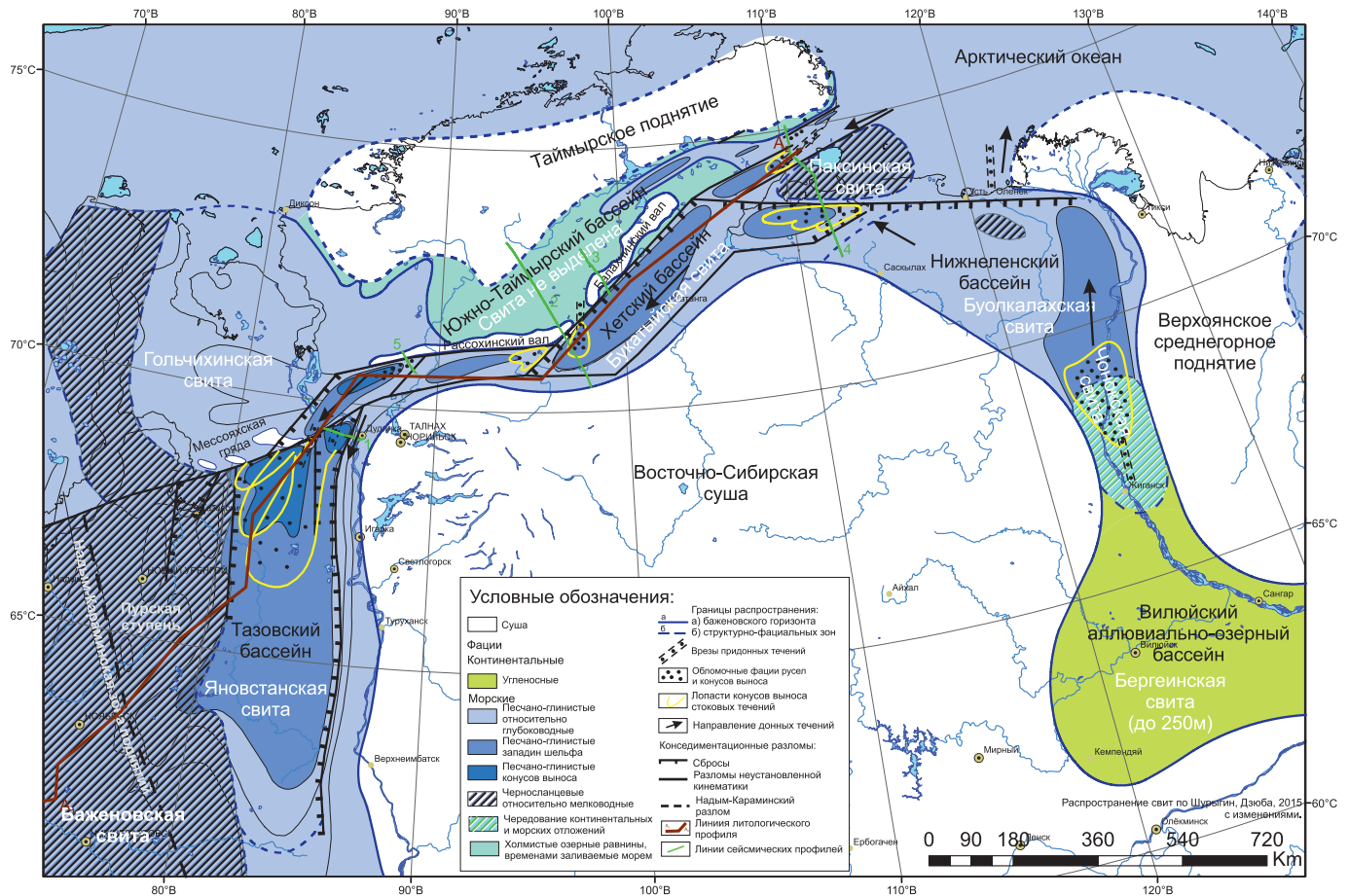


Рис. 1. Палеогеографическая схема Енисей-Хатангского прогиба и смежных территорий

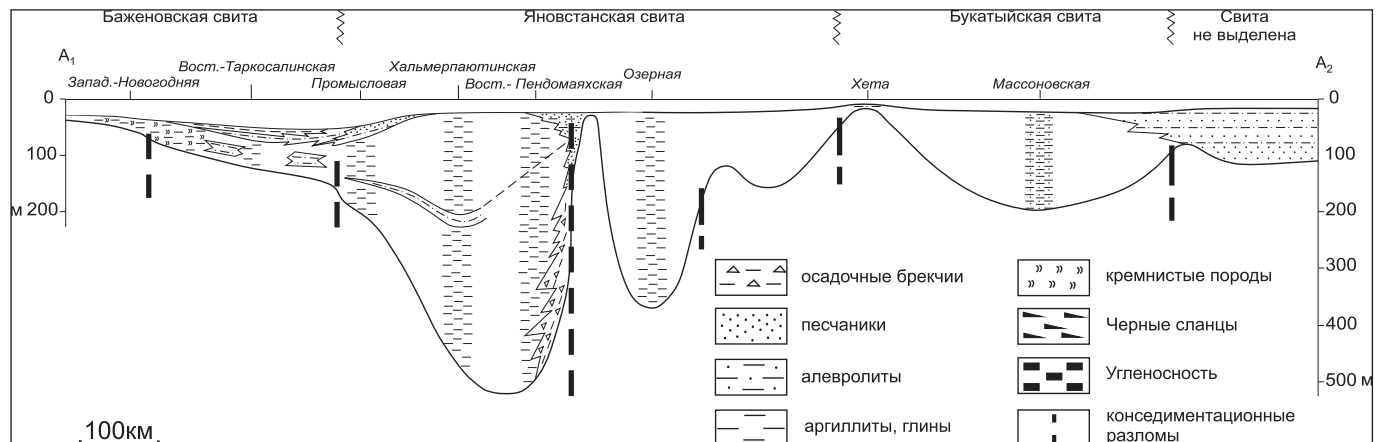


Рис. 2. Литологический профиль баженовского горизонта вдоль Енисей-Хатангского прогиба

Таймырского поднятия врезы располагались на разных уровнях, что может свидетельствовать об эвстагических колебаниях уровня моря. Периодические усиления-ослабления арктического стока, вероятно, были синхронными эпизодам тектонической активизации в дивергентной сдвиговой зоне. Эти события, возможно, согласуются с четырьмя эвстагическими повышениями уровня океана в титоне – раннем берриасе (Наз et al., 1988). В соответствии с эвстагическими изменениями обстановок седиментации в центральной части Западно-Сибирского палеобассейна в баженовской свите предлагается выделять 4 пачки (Эдер и др., 2015b).

Повышения уровня океана приводили к затоплению холмисто-озерного Южно-Таймырского приморского

бассейна и усилению стока из него осадочного материала в направлении Ямало-Карского и Хетского бассейнов. В Хетском бассейне формировался конус выноса проливного течения между Рассохинским и Балахнинским поднятиями (рис. 1, 4).

В гольчихинской свите Ямало-Карского бассейна присутствуют обломки кальцита, барита и гипса, которые могли быть вынесены водными потоками из реликтовоморских озер Южно-Таймырского бассейна. Озера могли пересыхать в фазы регрессий в условиях семиаридного климата (Захаров, 2006).

Во время трансгрессий арктическое течение усиливалось, выходило из своих «берегов» и смещалось к Таймырскому острову. Мелкое море покрывало

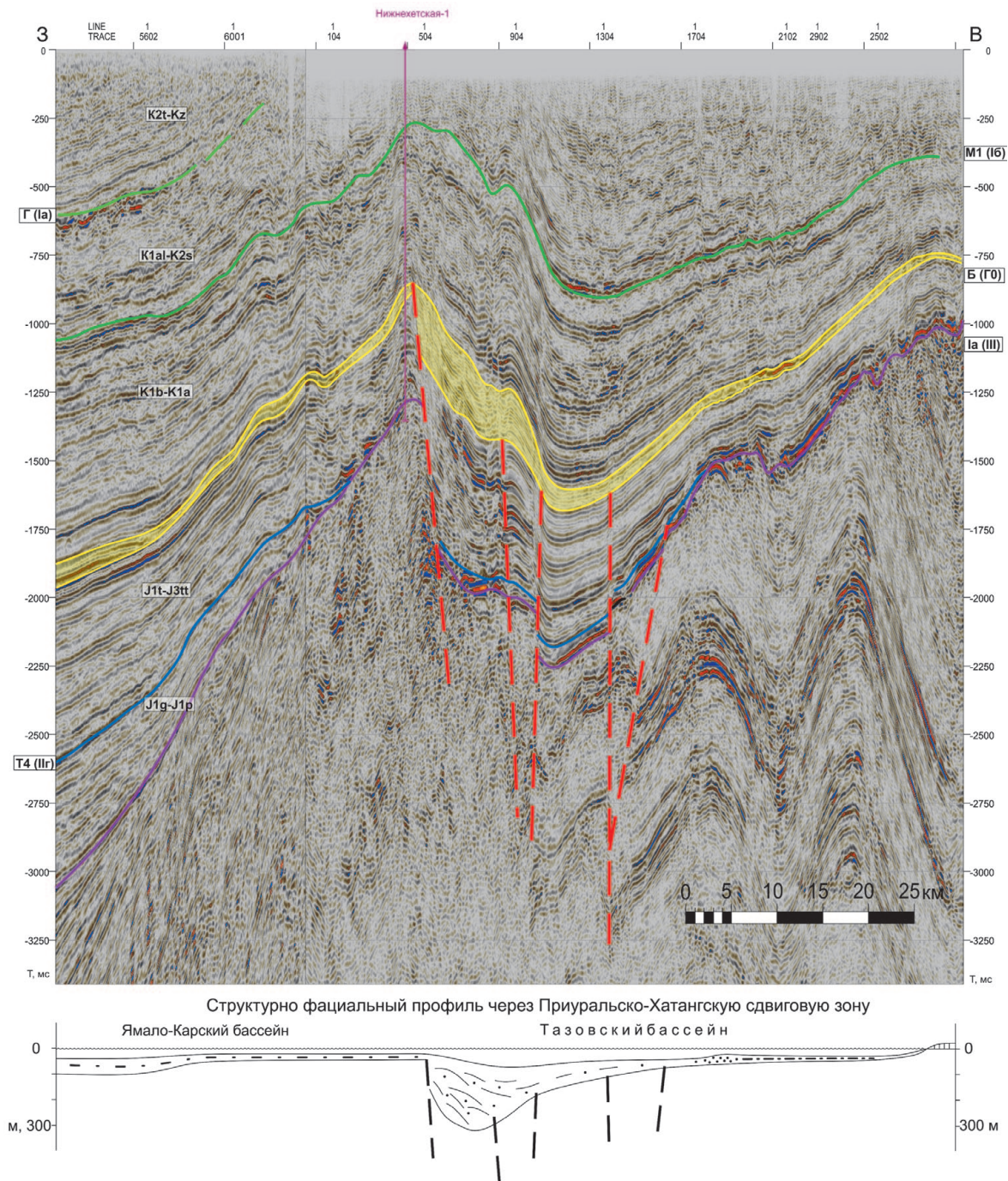
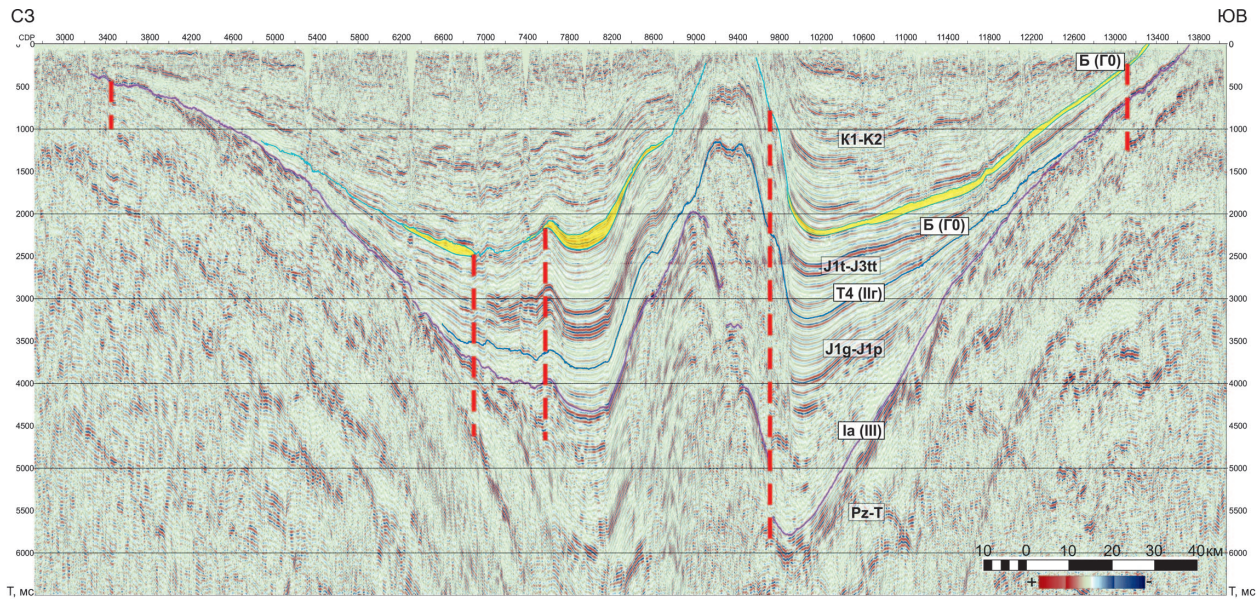


Рис. 3. Зона сочленения Ямало-Карского и Тазовского палеобассейнов (профиль 1), условные обозначения см. на рис. 2.

холмисто-озерную равнину Южно-Таймырского бассейна. Абразионная деятельность моря и струи арктического течения размывали и выносили из него терригенный материал в Тазовский бассейн Западной Сибири. Именно в такие фазы терригенный материал активно транспортировался вдоль зон сдвига (рис. 7) и формировал в Тазовском бассейне крупные лопасти конуса выноса стоковых течений (рис. 1). Часть осадочного материала улавливалась в проточных сдвиговых бассейнах. В них формировались конусы выноса «бокового» стока, не вписывающиеся в стандартную схему распределения фаций в сдвиговом бассейне. В этапы регрессии и возвращения морского течения в прежнее спокойное «русло» вдоль цепочки проточных бассейнов, твердый сток в Тазовский бассейн резко сокращался. Когда Тазовский бассейн был

полностью компенсирован в ходе финального эвстатического повышения уровня моря, струи арктического течения прорывались в понижения Центрального холмистого плато, начавшего погружаться и, вероятно, имевшего региональный юго-западный уклон. Это было время формирования подачимовской толщи и «аномальных» разрезов баженовской свиты.

Сток биофильных элементов в составе арктического течения мог резко усиливаться в трансгрессивные эпизоды, за счет их выноса с холмисто-озерных равнин Южно-Таймырского бассейна. Во время быстрых эвстатических трансгрессий происходит резкий рост продуктивности планктона, который приводит к образованию высокоуглеродистых отложений. Усиление биопродуктивности связывается с поступлением в черносланцевые



Структурно-фациальный профиль баженовского горизонта

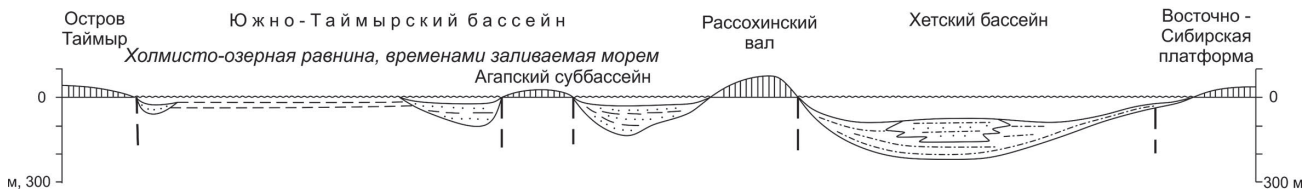


Рис. 4. Схема строения баженовского горизонта в центральной части Енисей-Хатангского прогиба (профиль 2), условные обозначения см. на рис. 2

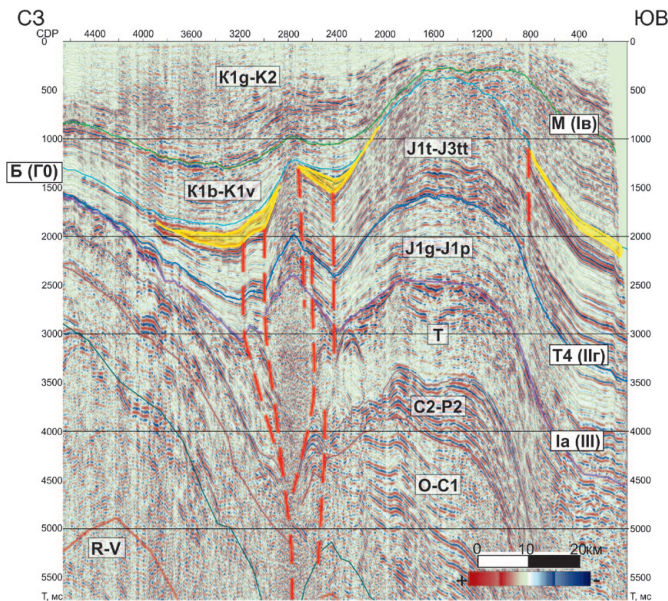


Рис. 5. Озерные впадины Южно-Таймырского бассейна над сдвиговой зоной (профиль 3)

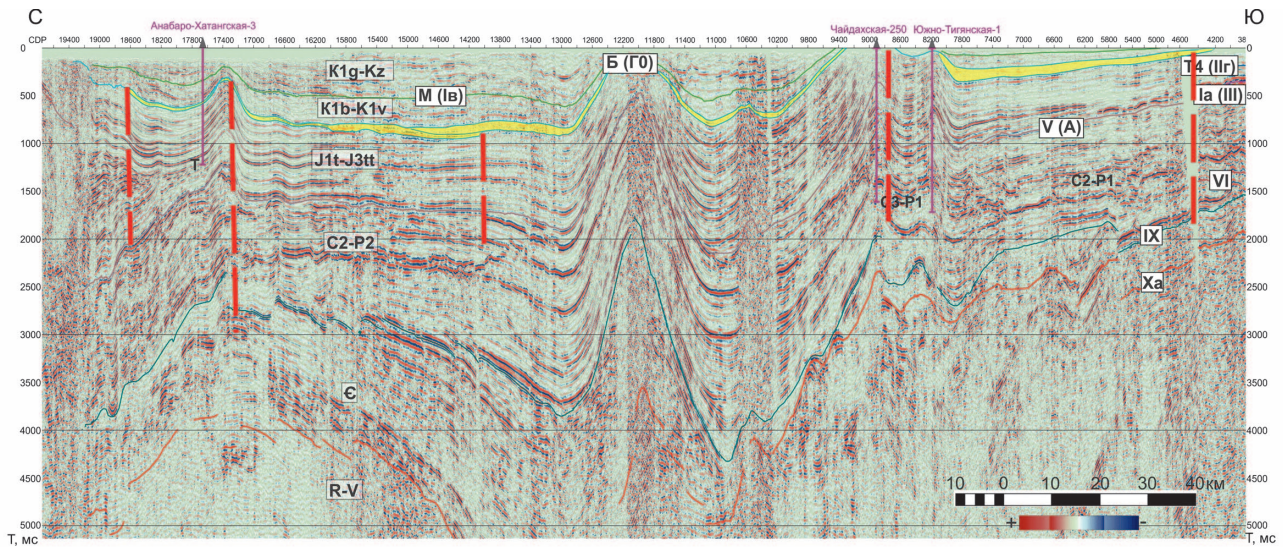
бассейны больших количеств биофильных элементов, выносившихся из наземных прибрежных геохимически активных ландшафтов во время быстрой эвстатической трансгрессии (Гаврилов и др., 2013; Hallam, Bradshaw, 1979). Ландшафты, где были аккумулированы значительные массы биофильных элементов, сформировались на суше и в приморских озерах во время предшествовавшей регрессии.

Питательные вещества в зону действия Енисей-Хатангского проливного течения могли поступать также

из торфяных озер и болот Вилюйского аллювиально-озерного бассейна. Быстрая эвстатическая трансгрессия «запирала» поверхностный сток из Вилюйского бассейна и способствовала усиленной аккумуляции в нем биофильных элементов. Во время регрессии, наоборот, сток осадочного материала и питательных солей из этого бассейна резко усиливался. Такой чередующийся сток биофильных элементов из разных ландшафтных зон обеспечивал практически постоянное питание Западно-Сибирского бассейна. Поэтому в разрезах баженовской свиты практически отсутствуют небитуминозные породы, за исключением зоны развития переходных фаций между конусом выноса арктического стокового течения (яновстанская свита) и ЧС баженовской свиты.

Вся последовательность обрамляющих с северо-запада, севера, северо-востока и востока Сибирскую платформу проточных бассейнов и выполняющих их свит транслирует зону транспортировки терригенного материала и биофильных элементов в баженовский Западно-Сибирский черносланцевый бассейн (рис. 8).

Учитывая отсутствие явных признаков поступления терригенного материала с Сибирской платформы, вероятно, существенную роль в качестве источника сноса для Западно-Сибирского бассейна играло Верхоянское складчатое сооружение. Накопление пород баженовского горизонта происходило одновременно с началом верхоянской орогении, ее кульминация приходится на титон-барремское время (Парфенов, Кузьмин, 2001). По аллювиально-озерным равнинам Предверхоанского прогиба материал выносился в направлении Арктического океана, в котором формировались одновозрастные баженовскому горизонту турбидиты большой мощности (Кузьмичев и др., 2009).



Структурно-фациальный профиль баженовского горизонта

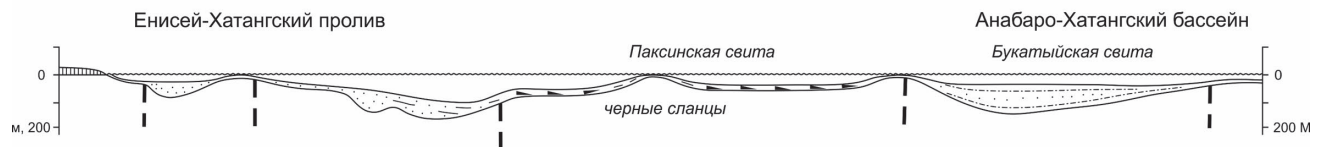


Рис. 6. Схема строения баженовского горизонта в восточной части Енисей-Хатангского прогиба (профиль 4), условные обозначения см. на рис. 2

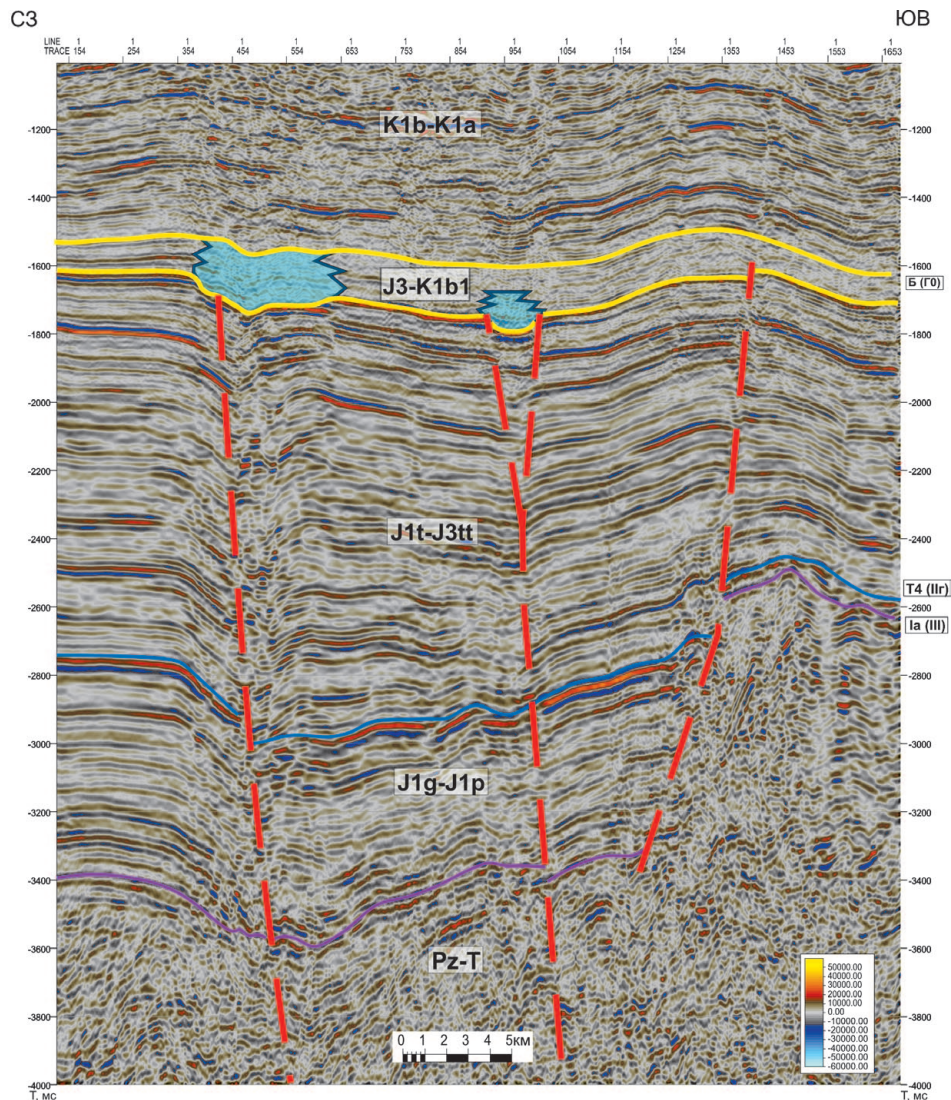


Рис. 7. Фаши донных течений в зоне сдвига (профиль 5)

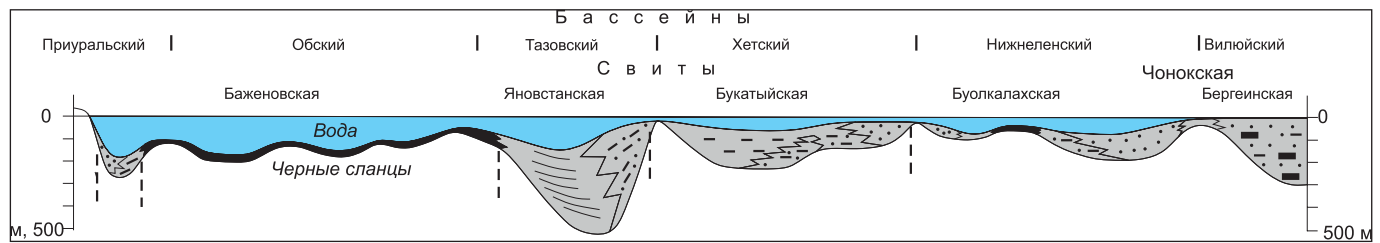


Рис. 8. Структурно-фациальный профиль баженовского горизонта вдоль северной периферии Сибирской платформы

Последовательность свит на предполагаемом пути транспортировки материала показывает закономерные переходы от континентальных фаций, через чередующиеся в разрезе континентальные и морские – к морским фациям малых бассейнов и проливов между ними. Северо-восточнее Хетского бассейна особняком располагается паксинская свита темно-серых глин с прослоями коричневатых высокоуглеродистых тонкослоистых глин, предположительно глубоководно-морских (Никитенко и др., 2013). Учитывая близость потоков транспортировки материала в направлениях глубоководного Арктического бассейна и в Хетский проточный бассейн, можно предположить, что высокоуглеродистые фации паксинской свиты формировались на относительном поднятии дна – небольшом холмистом плато, которое огибалось ложбинами с придонными течениями, несущими терригенный материал. Иными словами, для паксинской свиты намечается сходство с новой моделью формирования баженовской свиты Западной Сибири (Ступакова и др., 2016).

Чередование в разрезе букатыйской свиты (титон – нижний берриас) Енисей-Хатангского прогиба (бассейн реки Хета) слоев, содержащих каолинит (до 17%), и слоев, в которых он полностью отсутствует, может свидетельствовать о меняющихся условиях среды осадконакопления и/или о разных источниках сноса. Каолинит мог периодически выноситься из аллювиально-озерного Вилюйского бассейна. Одновременно с каолинитом выносились кремнезем, шамозит, фосфаты и др. компоненты. В этапы активного действия морского течения из Арктического океана, транспортировка каолинита могла блокироваться, или он разрушался в щелочной среде морской воды. Близкое нахождение в разрезах букатыйской свиты (2-5 см) таких минералов, как гетит, шамозит, фосфорит, глауконит, которые указывают на широкий спектр современных глубин их формирования (от первых метров – до 200 м), свидетельствует о быстро меняющихся условиях осадконакопления (Захаров, 2016). При этом размах эвстатических колебаний уровня моря в титоне – раннем берриасе не превышал 50-70 метров (Наг et al., 1988). Сокращение диапазона колебаний глубин при формировании букатыйской свиты может быть обеспечено быстрым снижением температуры морских вод с глубиной. Это понижение могло быть связано с усилением стока холодных вод из Арктического океана в этапы трансгрессий. В бассейнах Енисей-Хатангского прогиба устанавливался высокий уровень термоклина, который испытывал колебания в зависимости от расхода воды проливного течения из Арктического океана. Вероятно, пикноклин располагался на уровне базиса штормовых волн (20-30 м?).

Реконструкция путей и условий транспортировки твердого материала в черносланцевый баженовский бассейн позволит в будущем решить важную проблему поступления в область формирования черных сланцев кремнезема и питательных солей, которые обеспечивали высокую первичную биопродуктивность планктона титон-берриасского Западно-Сибирского моря.

Гидродинамика

Разнообразные морские течения (циклонические, штормогенные, контурные, мутьевые, апвеллинг) упоминаются во многих работах (Брадучан, 1986; Захаров, 2006), однако они рассматриваются в рамках традиционной «чашеобразной» модели дна Западно-Сибирского бассейна. Кроме того, не рассматривается межбассейновая гидродинамика и ее роль в формировании ЧС. Циклонические течения предотвращали рассеяние живого и отмершего планктона в периферийные зоны Западно-Сибирского бассейна. Частичный вынос планктона шел только в направлении Ямало-Карского бассейна струями циклонических течений, которые отклонялись от круговорота в зоне взаимодействия со встречным поверхностным северо-западным течением, огибающим Уральский полуостров (рис. 9).

Вдольбереговые и прибрежные штормогенные течения оказывали слабое влияние на транспортировку осадочного материала и биофильных элементов в центральную часть бассейна. Возможно, некоторая роль принадлежит разрывным штормогенным течениям, которые транспортировали материал к перегибу склона бассейна. По достижении критической массы осадочного материала могли сходиться мутьевые потоки. Они затухали в ложбинах дна, обрамляющих центральное плато.

Апвеллинг мог развиваться в направлении центральной части Западно-Сибирского бассейна за счет ветрового сгона вод из области формирования ЧС баженовской свиты – с холмистого подводного плато. Он также мог возникать при высоком уровне пикноклина на участке крутого поворота стокового течения вдоль склона западного борта Тазовского палеопргиба. Ослабевающий сток мог следовать вдоль поверхности пикноклина и переносить тонкую взвесь и питательные вещества в направлении относительно мелководной центральной части бассейна. Вторгаясь в область семиаридной климатической зоны, где поверхностные воды имели более высокую плотность за счет испарения, поток мог давать восходящие струи, обеспечивая своеобразный рассеянный апвеллинг.

Мутьевые потоки со стороны Большехетского конуса выноса распространялись по осевой зоне меридионального Тазовского палеопргиба, они не проникали

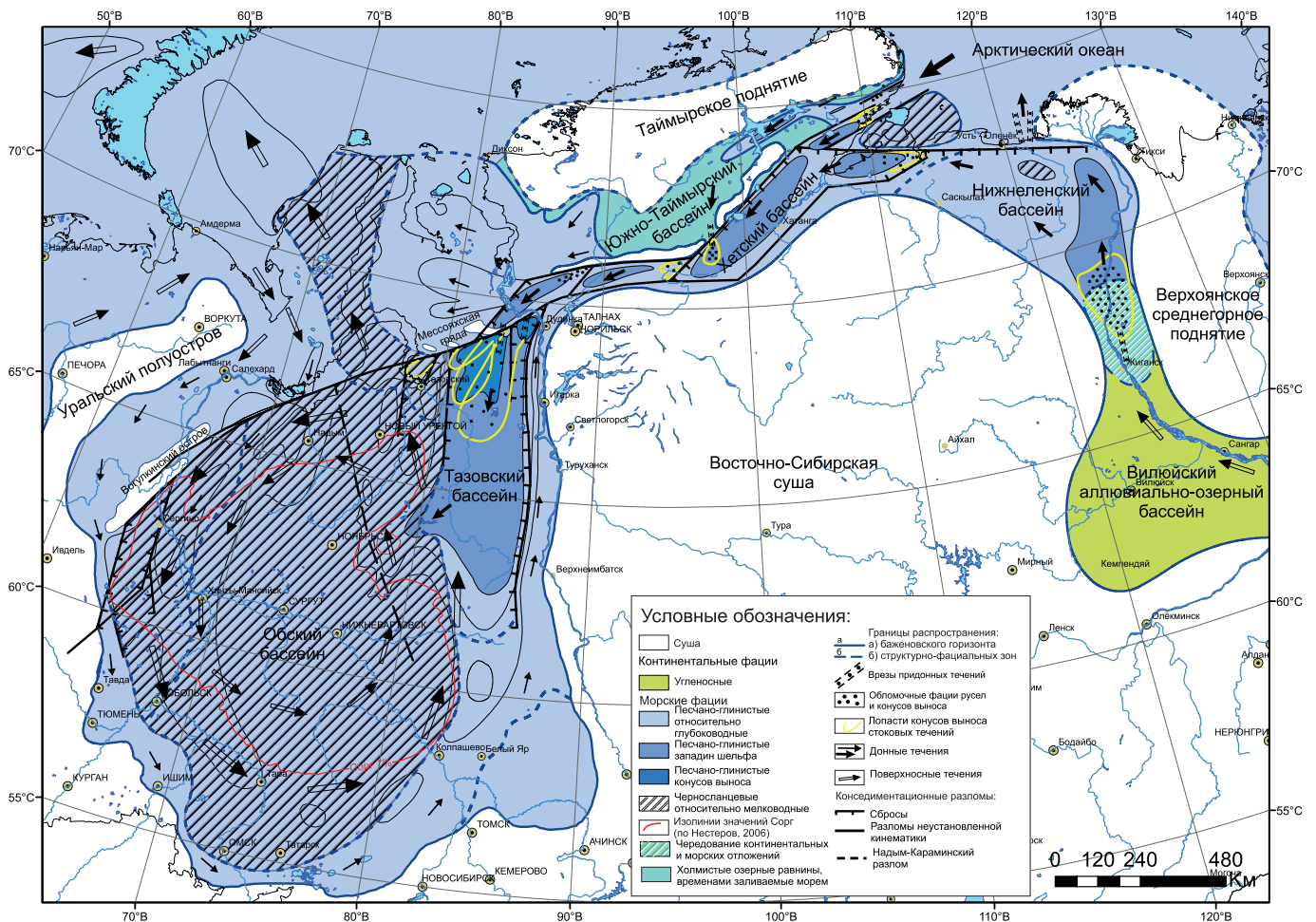


Рис. 9. Структура течений арктических морей титона – раннего берриаса в Сибири

в центральную часть бассейна. В районе относительно мелководного холмистого плато периодически действовали только внутрибассейновые низкоплотностные турбидитные течения, которые имели штормогенное или цунамигенное происхождение. Они распространялись на юго-запад от относительных и островных поднятий Надым-Караминской зоны, протягивающейся с северо-запада на юго-восток вдоль одноименного разлома, разделявшего Обский и Тазовский палеобассейны (Ступакова и др., 2016).

Арктическое течение следовало по системе локальных сдвиговых бассейнов вдоль южного борта Енисей-Хатангского прогиба. Более плотные холодные воды опускались на дно Тазовского прогиба, создавали и поддерживали в нем уровень стратификации вод – пикноклин. Анаэробные условия, если судить по наличию единичных прослоев ЧС, формировались в Тазовском прогибе локально и эпизодически – в западинах дна и при затухании арктического стока. Если судить по наличию обломочных пород на нескольких уровнях в Тазовском конусе выноса, можно предполагать несколько фаз активизации стоковых течений. Обычно в основании слоев обломочных пород залегают мелкозернистые песчаники, сменяющиеся выше по разрезу алевролитами, что может указывать на первоначальное резкое усиление стока и последующее медленное затухание скорости потока.

Одновременно с усилением стока и донной эрозии в каналах стока, с Мессояхской системы поднятий могли сходиться олистостромы, которые возбуждали цунами.

Цунамигенные течения инициировались в ложбинах дна западного борта Тазовского прогиба при подходе волны к Пурской ступени. Далее масса воды фокусировалась в проливах-седловинах Надым-Караминской системы поднятий и «выплескивалась» в область холмистого плато. Потоки воды взмучивали котловины с сероводородным заражением и вызывали заморы. Возможно, с такими событиями связаны 2 горизонта рыбных темпеститов (?) в подошве и кровле силицитовый толщи баженовской свиты во Фроловской мегавпадине (Щепетова и др., 2015). Такие события могли приводить к аэрации придонных вод центрального плато, уменьшению или полному исчезновению на время сероводородного заражения. Не случайно вслед за темпеститами в баженовской свите следуют прослойки, обогащенные карбонатными раковинами иноцерамид, свидетельствующими об эпизодах улучшенной аэрации придонных вод (Щепетова и др., 2015). Эти события редки и не регулярны, чтобы связывать их со штормами. Штормы в условиях Западно-Сибирского бассейна, вероятно, приводили к формированию лишь микрослоистых пород. На активную переработку осадочного материала донными течениями указывают также хорошо отмытые косослоистые радиолариты (Коробова и др., 2015).

Обсуждение результатов

Накоплению баженовских черных сланцев предшествовало абразивное и аккумулятивное выравнивание дна бассейна, в результате которого формировалось

обширное мелководное холмистое плато. В ходе его выравнивания и медленного погружения в спокойной тектонической обстановке в конце кимериджа – начале титона произошла постепенная смена глауконитовой формации на высокоуглеродистую. В позднем кимеридже Тазовский бассейн уже был глубоководным, а стоковое течение формировало конус выноса и приносило биофильные элементы. Недостаточной была только глубина моря над мелководным холмистым плато. Она была меньше базиса штормовых волн и не обеспечивала возможность захоронения ОВ.

На северо-востоке Западной Сибири в Надым-Тазовском междуречье на ряде площадей прослой битуминозных пород обнаружены в верхнем кимеридже (Брадучан и др., 1987). Подстилающая баженовскую свиту, верхняя подсвита абалакской свиты иногда содержит прослой битуминозных и глауконитовых разностей (Никитенко, 2009). Это чередование согласуется с частыми короткопериодическими эвстатическими колебаниями уровня моря на фоне общей тенденции его повышения в позднем кимеридже (Наq et al., 1988). Далее, на рубеже кимериджа и титона последовало крупное эвстатическое понижение (свыше 100 м) уровня моря. Накопление ЧС теперь уже на обширной территории подводного холмистого плато в центральной части Западной Сибири возобновилось, вероятно, в ходе эвстатической трансгрессии раннего титона (Наq et al., 1988). Этот процесс развивался по мере расширения участков дна, расположенных ниже базиса штормовых волн, и создания, тем самым, благоприятных условий для захоронения ОВ.

Смена вверх по разрезу глауконитовых формаций на черносланцевые характерна и для куонамского, доманиковского, хадумского и, возможно, для многих других черносланцевых бассейнов. Во всех перечисленных бассейнах, включая баженовский, ЧС сменялись вверх по разрезу в условиях быстрого погружения дна, клиноформными формациями. В случае уменьшения глубин таких бассейнов или их частей, в них возобновлялось накопление глауконитовой формации. Следует отметить, что ЧС баженовской свиты по простиранию замещались на мелководьях Енисей-Хатангского прогиба (бассейн р. Хета) также породами глауконитовой формации (букатыйская свита). Это свидетельствует об их генетическом родстве.

Важную роль в формировании ЧС баженовской свиты сыграла сдвиговая тектоника в зоне Енисей-Хатангского прогиба и на севере Западной Сибири. Погружающиеся присдвиговые бассейны, главными из которых являлись Хетский и Тазовский, улавливали терригенный материал и способствовали тем самым увеличению в породах содержания ОВ в области накопления ЧС. В титоне – раннем берриасе эти бассейны активно развивались и контролировали твердый сток. Из Арктического океана по цепочке проточных бассейнов следовало проливное течение. Во время трансгрессий арктическое течение смещалось к Таймырскому острову, заливало Южно-Таймырский холмисто-озерный бассейн и выносило из него терригенный материал и биофильные элементы в Тазовский бассейн Западной Сибири. В первом приближении этот процесс можно сравнить с половодьем в речной долине, когда река выходит из берегов. В Тазовском бассейне в этапы трансгрессий и усиления стока накапливались

пачки, обогащенные песчано-алевритовым материалом. Количество прослоев обломочных пород в этих пачках могло определяться конседиментационной тектоникой в проточных бассейнах, которые улавливали часть терригенного материала. Необходимо также учитывать миграцию русел в конусе выноса Тазовского прогиба.

Привнос биофильных элементов арктическим течением мог резко усиливаться в трансгрессивные эпизоды, за счет их выноса из Южно-Таймырского холмисто-озерного бассейна. Питательные вещества поступали также из торфяных озер и болот Вилюйского аллювиально-озерного бассейна. Развивающаяся трансгрессия «запирала» сток из Вилюйского бассейна. Во время регрессий, наоборот, сток осадочного материала и биофильных элементов из него резко усиливался. Иными словами, Западно-Сибирский бассейн пополнялся питательными веществами постоянно. Поэтому в разрезах баженовской свиты практически отсутствуют небитуминозные породы. Такие породы часто расслаивают другие черносланцевые толщи и, по мнению большинства исследователей, связаны с регрессивными фазами.

Следует отметить и роль относительно глубоководного Тазовского палеобассейна в обеспечении Обского бассейна питательными веществами. Из Тазовского прогиба был возможен и апвеллинг, как стонно-ветровой, так и связанный со сложным взаимодействием морских течений: циклонических, контурных, стоковых и других. Контурные течения могли разгружаться по мере следования вдоль западного борта Тазовского прогиба, подниматься на новые уровни и выносить к поверхности биофильные элементы. В периоды тектонической активности в зоне сдвига, в Тазовский бассейн сходили оползни, которые вызывали местные цунами, выносившие на мелководья Обского бассейна питательные вещества. С этими эпизодами, вероятно, были связаны периодические заморы, зафиксированные в цунамигенных отложениях.

Самым важным процессом, определяющим высокую первичную биопродуктивность, является рециклинг питательных веществ. Он связан с их периодическим выносом из придонных вод над относительно мелководным холмистым плато – главной ареной формирования черных сланцев баженовской свиты. Это подтверждается широким развитием в свите микрослоистых текстур. Такие микрослойки (0,1 мм), учитывая толщину баженовской свиты (20-30 м) и время ее накопления (7-8 млн лет), формировались с частотой приблизительно один раз в 30 лет. Это хорошо согласуется с периодичностью (раз в 30-50 лет) современных крупных штормовых событий в Северном море (Митчелл, Реддинг, 1990). Крупные штормы могли выносить к водной поверхности питательные вещества и обеспечивать высокую биопродуктивность планктона на обширных акваториях. Апвеллинг, вероятно, имел второстепенное значение. Обычно он развивается в линейно вытянутых локальных зонах и с большей частотой. В зонах его активного влияния скорее будут формироваться массивные чем микрослоистые текстуры ЧС. В баженовском горизонте Западной Сибири массивные текстуры ЧС часто встречаются в тутлеймской свите (Брадучан и др., 1986).

Формирование черносланцевых фаций в Ямало-Карском бассейне, вероятно, связано с зоной выноса

питательных веществ из Западно-Сибирского бассейна отклоняющимися струями циклонических течений. Там где внешняя зона этих течений взаимодействовала со встречным течением, огибающим Уральский полуостров, происходило отделение струй от циклонического круговорота и образование поверхностного течения в северо-западном направлении.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на выделение и межрегиональную корреляцию пачек баженовского горизонта, разделенных событийными отложениями, фиксирующими краткие яркие эпизоды в истории формирования этого горизонта. Возможная синхронность тектонических, эвстатических, гидродинамических и других событий в Енисей-Хатангском прогибе должна была отразиться на появлении разобщенных в пространстве, но синхронных событийных фаций, например, таких как русловые, отдельных лопастей конусов выноса, наводнений, турбидитных, сейсмогенных, цунамигенных и других. В разрезах такие события могут фиксироваться особенностями состава, текстурами, появлением эрозивных врезов, стратиграфических перерывов, сдваивания разрезов, аномальных мощностей и другими отличительными признаками.

Заключение

Необходимые условия накопления черных сланцев – повышенная первичная биопродуктивность, быстрое захоронение ОВ и низкая скорость минеральной седиментации, контролируются тектоникой и гидродинамикой. В Западной Сибири в титоне – раннем берриасе тектоника определяла глубину бассейна (превышающую базис штормовых волн) и спокойный режим в области накопления ЧС и на прилегающей пенепленизированной суше. Активная дивергентная сдвиговая тектоника Енисей-Хатангского прогиба в зоне транспортировки обеспечивала интенсивный сток питательных веществ и улавливание твердого материала. Перемежающийся, но практически постоянный сток биофильных элементов определялся чередованием трансгрессивных и регрессивных эпизодов. В фазы трансгрессий они поступали с приморских, затапливаемых ландшафтов, в фазы регрессий – из аллювиально-озерных ландшафтов. Доставка питательных веществ в Западно-Сибирском бассейне к уровню пикноклина и к поверхности моря осуществлялась контурными течениями и апвеллингом. Рециклинг питательных веществ контролировался штормовыми процессами.

В накоплении ЧС баженовского горизонта важную роль играли холодное арктическое течение, сдвиговая природа цепочки бассейнов (улавливающих твердый сток), наличие множественных источников питательных веществ, глубоководного (Тазовского) бассейна – накопителя биофильных элементов и обширного мелководного холмистого плато в центре Западно-Сибирского бассейна. Это сложное сочетание обстановок и параметров, влиявших на формирование ЧС Западно-Сибирского бассейна, с учетом огромной территории распространения ЧС и практическим отсутствием в разрезах небитуминозных пород, иллюстрируют то, что условия накопления баженовской свиты являются скорее уникальными, чем обычными (Захаров, 2006).

На севере Средней Сибири ЧС паксинской свиты находятся в окружении локальных бассейнов, содержащих фации донных течений. Вероятно, паксинская свита, также как и баженовская, накапливалась на относительном поднятии.

Формирование черносланцевых фаций в Ямало-Карском бассейне, вероятно, было связано с полосой выноса питательных веществ из Западно-Сибирского бассейна отклоняющимися струями циклонических течений.

Литература

- Афанасенков А.П., Никишин А.М., Унгер А.В., Бордунов С.И., Луговая О.В., Чекишев А.А., Яковичина Е.В. (2016). Тектоника и этапы геологической истории Енисей-Хатангского бассейна и сопряженного Таймырского орогена. *Геотектоника*, 2, с. 23-42. <https://doi.org/10.1134/S0016852116020023>
- Брадучан Ю.В., Гольберт А.В., Гурари Ф.Г., Захаров В.А., Булыничкова С.П., Климова И.Г., Месежников М.С., Вячкилева Н.П., Козлова Г.П., Лебедев А.И., Нальняева Т.И., Турбина А.С. (1986). Баженовский горизонт Западной Сибири (стратиграфия, палеогеография, экосистема, нефтеносность). Новосибирск: Наука, 160 с.
- Гаврилов Ю.О., Щербинина Е.А., Голованова О.В., Покровский Б.Г. (2013). Позднеэоценовое палеоэкологическое событие (ОАЕ 2) в восточно-кавказском бассейне Северного Перитетиса. *Литология и полезные ископаемые*, 6, с. 522-551. <https://doi.org/10.1134/S0024490213060047>
- Девятков В.П., Никитенко Б.Л., Шурыгин Б.Н. (2011). Палеогеография Сибири в юрском периоде на этапах основных перестроек. *Новости палеонтологии и стратиграфии*, вып. 16-17 (Приложение к журналу «Геология и геофизика», т. 52), с. 87-101.
- Захаров В.А. (2016). Глубины палеобассейнов и подходы к их реконструкции. *Палеонтология, стратиграфия, астробиология*. Москва: ПИН РАН, с. 208-228.
- Захаров В.А. (2006). Условия формирования волжско-берриаской высокоуглеродистой баженовской свиты Западной Сибири по данным палеоэкологии. *Эволюция биосферы и биоразнообразия*. М: Товарищ. науч. изд. КМК, с. 552-568.
- Захаров В.А., Рогов М.А. (2014). Стратиграфические и палеогеографические предпосылки поисков нефти и газа в верхнеюрских-нижнемеловых осадочных толщах морского генезиса образования моря Лаптевых. *Арктика: экология и экономика*, 4(16), с. 38-47.
- Захаров В.А., Рогов М.А., Брагин Н.Ю. (2008). Мезозой Российской Арктики: стратиграфия, биогеография, палеогеография, палеоклимат. *Вклад России в межд. полярный год 2007/08. Строение и история развития литосферы*. М.-СПб.: Paulsen Edition, с. 329-381.
- Коробова Н.И., Макарова О.М., Калмыков Г.А., Петракова Н.Н., Юрченко А.Ю., Шарафутдинов В.Ф., Корост С.Р., Калабин В.В. (2015). Основные типы разрезов нефтеносной баженовской свиты на северо-востоке Сургутского свода. *Вестник Московского университета. Серия 4. Геология*, 5, с. 54-61. <https://doi.org/10.3103/S0145875215050063>
- Кузьмичев А.Б., Захаров В.А., Данукалова М.К. (2009). Новые данные по стратиграфии и формированию верхнеюрских и нижнемеловых отложений о. Столбового (Новосибирские острова). *Стратигр. Геол. корр.*, 17(4), с. 47-66. <https://doi.org/10.1134/S0869593809040042>
- Митчелл А.Х.Г., Реддинг Х.Г. (1990). Осадконакопление и тектоника. Обстановки осадконакопления и фации. Под ред. Х. Реддинга. Т. 2. М: Мир, с. 227-283.
- Никитенко Б.Л. (2009). Стратиграфия, палеобиогеография и биофации юры Сибири по микрофауне (фораминиферы и остракоды). Новосибирск: Параллель, 680 с.
- Никитенко Б.Л., Шурыгин Б.Н., Князев В.Г., Меледина С.В., Дзюба О.С., Лебедева Н.К., Пещевская Е.Б., Глинских Л.А., Горячева А.А., Хафаева С.Н. (2013). Стратиграфия юры и мела Анабарского района (Арктическая Сибирь, побережье моря Лаптевых) и бореальный зональный стандарт. *Геология и геофизика*, 54(8), с. 1047-1082. <https://doi.org/10.1016/j.ggg.2013.07.005>
- Панченко И.В., Балущкина Н.С., Барабошкин Е.Ю., Вишневская В.С., Калмыков Г.А., Шурекова О.В. (2015). Комплексы палеобиоты в абаласко-баженовских отложениях центральной части Западной Сибири. *Нефтегазовая геология. Теория и практика*, 10(2), с. 1-29. https://doi.org/10.17353/2070-5379/24_2015
- Парфенов Л.М., Кузьмин М.И. (2001). Тектоника и геодинамика территории Республики Саха (Якутия). М: МАИК «Наука/Интерпериодика», 571 с.

Решения 3-го Межведомственного регионального стратиграфического совещания по мезозою и кайнозою Средней Сибири (1981). Новосибирск: СНИИГГиМС, 91 с.

Рогов М.А., Берзон Е.И., Шнейдер Г.В., Триколиди Ф.А. (2017). Новые данные о стратиграфии верхней юры – нижнего мела верхнего течения р. Хеты (Хатангская впадина). *Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. VII Всерос. сов.* В.А. Захаров (ред.). М: ГИН РАН, с. 183-187.

Стафеев А.Н., Ступакова А.В., Сулова А.А., Гилаев Р.М. (2017). Обстановки осадконакопления и палеогеографическая зональность баженовского горизонта (титон – нижний берриас) Западной Сибири. *Георесурсы*, Спецвыпуск, с. 134-143.

Ступакова А.В., Стафеев А.Н., Сулова А.А., Гилаев Р.М. (2015). Палеогеографические условия Западно-Сибирского бассейна в титоне – раннем берриасе. *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология*, 6, с. 10-19.

Шурыгин Б.Н., Дзюба О.С. (2015). Граница юры и мела на севере Сибири и бореально-тетическая корреляция приграничных толщ. *Геология и геофизика*, 56(4), с. 830-844.

Щепетова Е.В., Панченко И.В., Барабошкин Е.Ю. (2015). «Рыбные» темпеститы в углеродистых отложениях баженовского горизонта и палеобатиметрия баженовского моря Западной Сибири. *Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии: VI Всерос. сов.* Махачкала: АЛЕФ, с. 320-324.

Эдер В.Г., Замирайлова А.Г., Занин Ю.Н., Жигульский И.А. (2015а). Особенности литологического состава основных типов разрезов баженовской свиты. *Геология нефти и газа*, 6, с. 96-106.

Эдер В.Г., Замирайлова А.Г., Занин Ю.Н., Хабаров Е.М., Ян П.А. (2015б). Особенности формирования баженовской свиты при переходе от юры к мелу в центральной части Западной Сибири. *Литосфера*, 3, с. 17-32.

Юдович Я.Э., Кетрис М.П. (1988). Геохимия черных сланцев. Л.: Наука, 272 с.

Ян П.А. (2009). Обстановки формирования бат-верхнеюрских отложений и причины эволюции Западно-Сибирского бассейна. *Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии: III Всерос. сов.* Саратов: Центр Наука, с. 268-270.

Hallam A., Bradshaw M.J. (1979). Bituminous shales and oolitic ironstones as indicators of transgressions and regressions. *J. Geol. Sci.*, 136, pt. 2, pp. 157-164. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.136.2.0157>

Haq B.U., Hardenbol J., Vail P.R. (1988). Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level changes. Sea-level changes: an integrated approach. *Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists. Spec. Publ. Oklahoma, Tulsa*, 42, pp. 11-108. <https://doi.org/10.2110/pec.88.01.0071>

Сведения об авторах

Александр Николаевич Стафеев – кандидат геол.-мин. наук, доцент кафедры динамической геологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, д. 1

Тел: +7 (495) 939 22 10, e-mail: anstafeev@rambler.ru

Антонина Васильевна Ступакова – доктор геол.-мин. наук, профессор, директор Института перспективных исследований нефти и газа, заведующий кафедрой геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, д. 1

Анна Анатольевна Сулова – кандидат геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, д. 1

Ринар Мавлетович Гилаев – инженер кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, д. 1

Егор Сергеевич Шелков – аспирант кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, д. 1

Андрей Александрович Книппер – инженер кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, д. 1

Статья поступила в редакцию 19.03.2019;

Принята к публикации 25.04.2019; Опубликована 20.05.2019

IN ENGLISH

Bazhenov horizon of Siberia (Tithonian – Lower Berriasian): tectonic and hydrodynamic conditions of sedimentation

A.N. Stafeev, A.V. Stoupakova, A.A. Suslova, R.M. Gilaev, E.S. Shelkov, A.A. Knipper

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

**Corresponding author: Aleksandr N. Stafeev, e-mail: anstafeev@rambler.ru*

Abstract. The new model of the sedimentation of the Bazhenov Formation, on which black shale accumulated on relative elevation – a shallow-marine hilly plateau, agrees well with the results of a general paleogeographic analysis of the Bazhenov horizon of Siberia. In addition to the favorable conditions for the accumulation and fossilization of organic matter, the most important conditions for the formation of a unique Bazhenov suite are the multiplicity of nutrient sources, their constant flow, and the capture of almost all the terrigenous material in the flow basins of the Ural-Khatanga strike-slip. Judging by the presence of incisions and the distribution of facies in the system of strike-slip basins, a sea current from the Arctic Ocean operated on the territory of the Yenisei-Khatanga trough. Periodic changes of the Arctic runoff were probably synchronous episodes of tectonic activation in the divergent shear zone. Rising sea levels led to flooding of the hilly-lake South-Taimyr coastal basin and increasing the flow

of sedimentary material from it. During the transgressions, nutrients were removed from flooded plains of South Taimyr. At the same time, the transgressions “locked” the flow from the Vilyui alluvial-lake basin. During regressions, on the contrary, the runoff of sedimentary material and biophilic elements from Vilyui sharply increased.

Keywords: Siberia, Bazhenov horizon, black shale, tectonics, hydrodynamics, sea currents, upwelling, sedimentation

Recommended citation: Stafeev A.N., Stoupakova A.V., Suslova A.A., Gilaev R.M., Shelkov E.S., Knipper A.A. (2019). Bazhenov horizon of Siberia (Tithonian-Lower Berriasian): tectonic and hydrodynamic conditions of sedimentation. *Georesursy = Georesources*, 21(2), pp. 117-128. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2019.2.117-128>

References

- Afanasenkov A.P., Nikishin A.M., Unger A.V., Bordunov S.I., Lugovaya O.V., Chekichev A.A., Yakovishina E.V. (2016). The tectonics and stages of the geological history of the Yenisei-Khatanga Basin and the conjugate Taimyr Orogen. *Geotectonics*, 2, pp. 23-42. <https://doi.org/10.1134/S0016852116020023>
- Braduchan Yu.V., Golbert A.V., Gurari F.G., Zakharov V.A., Bulynnikova S.P., Klimova I.G., Mesezhnikov M.S., Vyachkileva N.P., Kozlova G.P., Lebedev A.I., Nalnyaeva T.I., Turbina A.S. (1986). Bazhenovskiy gorizont Zapadnoy Sibiri (stratigrafiya, paleogeografiya, ekosistema, neftenosnost') [Bazhenov Horizon of Western Siberia (stratigraphy, paleogeography, ecosystem, oil content)]. Novosibirsk: Nauka, 160 p. (In Russ.)
- Gavrilov Yu.O., Shcherbinina E.A., Golovanova O.V., Pokrovskiy B.G. (2013). The late Cenomanian paleoecological event (OAE 2) in the eastern Caucasus basin of Northern Peri-Tethys. *Lithology and Mineral Resources*, 6, pp. 457-488. <https://doi.org/10.1134/S0024490213060047>
- Devyatov V.P., Nikitenko B.L., Shurygin B.N. (2011). Paleogeography of Siberia in the Jurassic period at the stages of major reconstructions. *Novosti paleontologii i stratigrafii* (Prilozhenie k zhurnalu «Geologiya i geofizika») [News of paleontology and stratigraphy, vol. 16-17, suppl. to the Journal «Russian Geology and Geophysics»], pp. 87-101. (In Russ.)
- Eder V.G., Zamiraylova A.G., Zanin Yu.N., Zhigul'skiy I.A. (2015a). Features of the lithological composition of the main types of sections of the Bazhenov formation. *Geologiya nefii i gaza = Geology of Oil and Gas*, 6, pp. 96-106. (In Russ.)
- Eder V.G., Zamiraylova A.G., Zanin Yu.N., Khabarov E.M., Yan P.A. (2015b). Features of the formation of the Bazhenov suite during the transition from the Jurassic to the Cretaceous in the central part of Western Siberia. *Litosfera = Lithosphere*, 3, pp. 17-32. (In Russ.)
- Hallam A., Bradshaw M.J. (1979). Bituminous shales and oolitic ironstones as indicators of transgressions and regressions. *J. Geol. Sci.*, 136, pt. 2, pp. 157-164. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.136.2.0157>
- Haq B.U., Hardenbol J., Vail P.R. (1988). Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level changes. Sea-level changes: an integrated approach. *Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists. Spec. Publ.* Oklahoma, Tulsa, 42, pp. 11-108. <https://doi.org/10.2110/pec.88.01.0071>
- Korobova N.I., Makarova O.M., Kalmykov G.A., Petrakova N.N., Yurchenko A.Yu., Sharafutdinov V.F., Korost S.R., Kalabin V.V. (2015). The main types of sections of the oil-bearing Bazhenov formation in the north-east of the Surgut arch. *Moscow University Geology Bulletin*, 5, pp. 54-61. (In Russ.) <https://doi.org/10.3103/S0145875215050063>
- Kuzmichev A.B., Zakharov V.A., Danukalova M.K. (2009). New data on the stratigraphy and depositional environment for Upper Jurassic and Lower Cretaceous deposits of the Stolbovoi Island (New Siberian Islands). *Stratigr. Geol. korr.*, 17(4), pp. 396-414. <https://doi.org/10.1134/S0869593809040042>
- Mitchell A.Kh.G., Reding Kh.G. (1990). Osadkonakoplenie i tektonika. Obstanovki osadkonakopleniya i fatsii [Sedimentation and tectonics. Sedimentation and facies conditions]. Ed. Kh. Reding. Vol. 2. Moscow: Mir, pp. 227-283. (In Russ.)
- Nikitenko B.L. (2009). Stratigrafiya, paleobiogeografiya i biofatsii yury Sibiri po mikrofaune (foraminifery i ostrakody) [Stratigraphy, paleobiogeography and biofacies of the Siberian Jurassic by microfauna (foraminifera and ostracods)]. Novosibirsk: Parallel, 680 p. (In Russ.)
- Nikitenko B.L., Shurygin B.N., Knyazev V.G., Meledina S.V., Dzyuba O.S., Lebedeva N.K., Peshchevitskaya E.B., Glinskikh L.A., Goryacheva A.A., Khafaeva S.N. (2013). Jurassic and cretaceous stratigraphy of the Anabar area (Arctic Siberia, Laptev sea coast) and the boreal zonal standard. *Geologiya i geofizika = Russian Geology and Geophysics*, 54(8), pp. 1047-1082. (In Russ.) <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2013.07.005>
- Panchenko I.V., Balushkina N.S., Baraboshkin E.Yu., Vishnevskaya V.S., Kalmykov G.A., Shurekova O.V. (2015). Complexes of paleobiota in Abalak-Bazhenov deposits in the central part of Western Siberia. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*, 10(2), pp. 1-29. (In Russ.) http://dx.doi.org/10.17353/2070-5379/24_2015
- Parfenov L.M., Kuzmin M.I. (2001). Tektonika i geodinamika territorii Respubliki Sakha (Yakutiya) [Tectonics and geodynamics of the Sakha Republic (Yakutia)]. Moscow: MAIK «Nauka/Interperiodika», 571 p. (In Russ.)
- Resheniya 3-go Mezhdovedstvennogo regional'nogo stratigraficheskogo soveshchaniya po mezozoyu i kaynozoyu Sredney Sibiri [Decisions of the 3rd Interdepart. Regional Stratigraphic Meeting on the Mesozoic and Cenozoic of Central Siberia]. (1981). Novosibirsk: SNIIGGiMS, 91 p. (In Russ.)
- Rogov M.A., Berzon E.I., Shneyder G.V., Trikolidi F.A. (2017). New data on stratigraphy of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous of the r. Kheta upper flow (Khatanga depression). *Yurskaya sistema Rossii: problemy stratigrafii i paleogeografii. VII Vseros. sov.* [VII Meet.: Jurassic system of Russia: problems of stratigraphy and paleogeography]. Moscow: GIN RAN, pp. 183-187. (In Russ.)
- Stafeev A.N., Stupakova A.V., Suslova A.A., Gilaev R.M. (2017). Conditions of sedimentation and paleogeographic zoning of the Bazhenov horizon (Tithon-Lower Berrias) in West Siberia. *Georesursy = Georesources*, Special Issue, pp. 134-143. (In Russ.) <http://doi.org/10.18599/grs.19.14>
- Stupakova A.V., Stafeev A.N., Suslova A.A., Gilaev R.M. (2015). Paleogeographical conditions of the West Siberian Basin in the Tithon-Early Berrias. *Moscow University Geology Bulletin*, 6, pp. 10-19. (In Russ.)
- Shurygin B.N., Dzyuba O.S. (2015). The Jurassic/Cretaceous boundary in Northern Siberia and boreal-tethyan correlation of the boundary beds. *Geologiya i geofizika = Russian Geology and Geophysics*, 56(4), pp. 830-844. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.1016/j.rgg.2015.03.013>
- Shchepetova E.V., Panchenko I.V., Baraboshkin E.Yu. (2015). "Fish" tempestites in carbon deposits of the Bazhenov horizon and paleobathymetry of the Bazhenov sea in Western Siberia. *Yurskaya sistema Rossii: problemy stratigrafii i paleogeografii. VI Vseros. sov.* [VI Allruss. Meet.: Jurassic system of Russia: problems of stratigraphy and paleogeography]. Makhachkala: ALEF, pp. 320-324. (In Russ.)
- Yudovich Ya.E., Ketris M.P. (1988). Geokhimiya chernykh slantsev [Geochemistry of black shales]. Leningrad: Nauka, 272 p. (In Russ.)
- Yan P.A. (2009). Conditions of formation of the bat-Upper Jurassic deposits and causes of evolution of the West Siberian basin. *Yurskaya sistema Rossii: problemy stratigrafii i paleogeografii. III Vseros. sov.* [III Allruss. Meet.: Jurassic system of Russia: problems of stratigraphy and paleogeography]. Saratov: Tsentr Nauka, p. 268-270. (In Russ.)
- Zakharov V.A. (2016). Glubiny paleobasseynov i podkhody k ikh rekonstruktsii. Paleontologiya, stratigrafiya, astrobiologiya [Depths of paleobasins and approaches to their reconstruction. Paleontology, stratigraphy, astrobiology]. Moscow: PIN RAN, pp. 208-228. (In Russ.)
- Zakharov V.A. (2006). Formation conditions of the Volga-Berrias high-carbon Bazhenov formation of Western Siberia according to paleoecology. *Evolutsiya biosfery i bioraznobraziya* [Evolution of the biosphere and biodiversity]. Moscow: Tovarish. nauch. izd. KMK, pp. 552-568. (In Russ.)
- Zakharov V.A., Rogov M.A. (2014). Stratigraphic and paleogeographic background of oil and gas exploration in the Upper Jurassic-Lower Cretaceous sedimentary strata of the marine genesis of the Laptev Sea framing. *Arktika: ekologiya i ekonomika = Arctic: Ecology and Economy*, 4(16), pp. 38-47. (In Russ.)
- Zakharov V.A., Rogov M.A., Bragin N.Yu. (2008). Mesozoic of the Russian Arctic: stratigraphy, biogeography, paleogeography, paleoclimate. *Vklad Rossii v mezhd. polyarnyy god 2007/08. Stroenie i istoriya razvitiya litosfery* [Russia's contribution to the int. polar year 2007/08. Structure and history of the lithosphere]. Moscow-St.Petersburg: Paulsen Ed., pp. 329-381. (In Russ.)

About the Authors

Aleksandr N. Stafeev – PhD (Geology and Mineralogy), Associate Professor of the Dynamic Geology Department, Lomonosov Moscow State University

1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation
Tel: +7 (495) 939 22 10, e-mail: anstafeev@rambler.ru

Antonina V. Stupakova – Director of the Advanced Petroleum Institute, DSc (Geology and Mineralogy), Professor, Head of the Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University

1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Anna A. Suslova – PhD (Geology and Mineralogy), Leading Researcher, Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University

1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Rinar M. Gilaev – Engineer of the Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University

1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Egor S. Shelkov – PhD student of the Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University

1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Andrey A. Knipper – Engineer of the Petroleum Geology Department, Lomonosov Moscow State University

1, Leninskie gory, Moscow, 119234, Russian Federation

Manuscript received 19 March 2019;

Accepted 25 April 2019; Published 20 May 2019