

УДК 552.522

**ХАРАКТЕРИСТИКА ЗОНЫ ПЕРЕХОДА ОТ КРОВЛИ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ  
К ПЕРЕКРЫВАЮЩИМ ОТЛОЖЕНИЯМ ПО ЛИТОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИМ  
И ПРОМЫСЛОВО-ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ В ЦЕНТРАЛЬНЫХ РАЙОНАХ  
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

*Эдер В.Г., Павлова М.В., Рыжкова С.В., Замирайлова А.Г.*

Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск

**E-mail: [edervg@ipgg.sbras.ru](mailto:edervg@ipgg.sbras.ru)**

В связи с постепенным переходом от кровли баженовской свиты к вышележащим отложениям, существуют проблемы установления ее верхней границы. Особенно эта проблема усугубляется при ее выделении по данным ГИС, при отсутствии кернового материала. При помощи комплексного анализа данных геохимии, литологии и ГИС определены особенности зоны перехода кровли баженовской свиты в породы подачимовской пачки, рассмотрены критерии выделения верхней границы свиты в центральных районах Западной Сибирского седиментационного бассейна, в пределах Хантейской гемиантеклизы и Мансийской синеклизы.

**Ключевые слова:** баженовская свита, верхняя юра-нижний мел, литология, геохимия, данные ГИС, верхняя граница

В последнее время существенно увеличилось количество работ, направленных на обобщение литологического строения, мощностей, распределения органического углерода ( $C_{org}$ ) и других характеристик баженовской свиты по всей площади Западно-Сибирского седиментационного бассейна (ЗСБ). Подобный анализ необходим при решении задач, возникающих при разработке такого сложного для добычи углеводородов «нетрадиционного» коллектора как баженовская свита. До сих пор существуют спорные моменты при выделении верхней и нижней границ свиты. Изучению зоны перехода абалакской в баженовскую свиту уделено большее внимание исследователей [1–4], чем верхней границе баженовской свиты с перекрывающими породами подачимовской пачки. Детального анализа вышеупомянутой зоны перехода авторами статьи в литературе не обнаружено.

Основной целью данного исследования являлось определение особенностей литологических, геохимических и геофизических характеристик и условий формирования зоны перехода баженовской свиты в породы подачимовской пачки, а также установление критериев выделения верхней границы баженовской свиты в центральных районах ЗСБ, на основе комплексного анализа данных геохимии, литологии и промыслово-геофизических исследований скважин (ГИС).

Отложения рассматриваемой зоны перехода накапливались в интересный в геологическом плане период – окончания обширной трансгрессии, развитой в поздневолжское-раннемеловое время в ЗСБ. Таким образом, детальный литологический анализ будет способствовать уточнению изменений условий осадконакопления в ЗСБ в раннем мелу в период перехода между трансгрессивным и регрессивным циклами. Также это исследование внесет вклад в понимание особенностей черносланцевого осадконакопления на завершающих стадиях. При выделении верхней границы баженовской свиты по данным ГИС ранее выдвигались различные критерии (по резкому увеличению зна-

чений удельных электрических сопротивлений (УЭС), по возрастанию радиоактивности и др.).

В качестве основных критериев установления верхней границы баженовской свиты в центральной части ЗСБ предыдущими авторами приводится резкое увеличение значений УЭС и гамма-каротажа по сравнению с вышележащими породами [5, 6]. Последние исследования показали, что этот критерий не всегда может быть взят за основу, так как верхняя граница свиты не всегда совпадает при сопоставлении данных ГИС и керна. В разных структурно-фациальных районах баженовская свита имеет особенности литологического строения и распределения органического вещества [7-9 и др.]. В связи с этим подобный комплексный анализ уточнения критериев выделения границ свиты целесообразно проводить в каждом районе отдельно, что будет способствовать уточнению условий формирования в зоне перехода баженовской свиты в вышележащие отложения, а также ее мощностей. Таким образом, настоящее исследование является лишь первым этапом подобного цикла работ.

В качестве объекта исследования выбрано 16 разрезов баженовской свиты и нижней части подачимовской пачки центральной части ЗСБ, расположенных в пределах Мансийской синеклизы и Хантейской гемиянтеклизы. Большинство изученных скважин характеризуются 100% выходом керна. В методику работ входило детальное литологическое описание керна, шлифов пород на микроскопе Olympus BX-59, изучение в сканирующем электронном микроскопе MIRA3 TESCAN с целью установления форм нахождения пирита, а также химические анализы пород: определение содержания основных породообразующих компонентов методом РФА, форм железа и серы методом мокрой химии, содержания органического углерода весовым полумикрометодом с помощью экспресс-анализатора (АН-7529) на углерод.

Породы изучаемых отложений были названы в соответствии с разработанной ранее классификацией [10]. Для каждого разреза с целью уточнения закономерностей вертикального распространения пирита, органического углерода, радиоактивных элементов (U, Th, K), а также изменения окислительно-восстановительного режима в диагенезе, были построены кривые распределения рассматриваемых компонентов, а также значений степени пиритизации железа ( $СП = \text{Fe}_{\text{пиритное}} / (\text{Fe}_{\text{пиритное}} + \text{Fe}_{\text{растворимое в HCl}})$ ) [11]. Далее результаты изучения керна сопоставлялись с данными ГИС. Для определения кровли свиты был проанализирован комплекс различных методов, включающий: электрический каротаж (зонды кажущегося сопротивления КС, индукционный ИК, ВИКИЗ, боковой каротаж БК, микрозонды МКЗ, потенциал самопроизвольной поляризации ПС), кавернометрию (КВ), акустический каротаж (АК), радиоактивный каротаж (гамма-каротаж ГК, спектральный ГК, нейтронный гамма-каротаж НГК, нейтронный каротаж по тепловым нейтронам НКТ). В ходе работы учитывались результаты типизации разрезов баженовской свиты, выполненные ранее разными исследователями для всей Западной Сибири либо для крупных участков ее территории [7, 9, 12-14]. Аномальные разрезы баженовской свиты не рассматривались. На первом этапе исследований проводилась увязка керн-ГИС на основе результатов гамма-спектрометрического каротажа. Поскольку такой вид геофизических исследований

проводился не во всех скважинах, для увязки керн с ГИС были учтены результаты гаммаспектрометрии образцов керн, которые сопоставлялись с данными ГК.

*Результаты:* При изучении зоны перехода баженовской свиты в отложения подачимовской пачки в пределах Хантейской гемиантеклизы фиксируется граница, характеризующая сменой темно-бурого микстита глинистого массивного в светло-серый микстит глинистый тонкослоистый. Граница резкая, горизонтальная. Изменение цвета в зоне перехода связано с резким падением содержания органического углерода в подачимовской пачке (2-3 %), по сравнению с породами баженовской свиты (7-15 %). Баженовская свита в кровле представлена в изучаемом районе микститами кероген-глинисто-кремнистыми и глинистыми с микропрослоями пирита. Породы темно-бурые, в керне массивные. Отмечаются прослой пирита толщиной 0,3-0,7 см. Микротекстура породы линзовидно-слоистая, обусловленная присутствием линз-прослоев керогенового состава, толщиной 0,02-0,1 мм, длиной от 0,4 до первых мм. Основная масса состоит из микрокристаллического кремнистого и глинистого материала бурого цвета глинистый материал преобладает.

Подачимовская пачка в подошве слагается микститами глинистыми. При изучении шлифов пород наблюдается линзовидно-слоистое распределение мелкого алевритового материала (толщина линзочек 0,03-0,05 редко до 0,3 мм, длина – 0,5-1 мм). В некоторых случаях наблюдается переслаивание микстита с бурыми линзами керогена (толщина 0,01-0,02 мм, длиной 0,1-0,5 мм) и микстита алевритистого без бурых линз. Толщина микропрослоев 1-4 мм. Некоторые из них выклиниваются. Наблюдается неровная субволнистая граница (размыта) между прослоями двух типов. Подобное распределение мелкого алевритового материала и упомянутые выше границы между микропрослоями различного состава описаны Вигналлом [15] для турбидитов низкой плотности и скорости. Таким образом, в зоне перехода в баженовской свите наблюдаются микротекстуры, характерные для фонового осаждения; в подачимовской пачке микротекстуры, свидетельствующие о привносе глинистого и мелкого алевритового материала турбидитными потоками низкой плотности и скорости, то есть об изменении гидродинамического режима. Изменение последнего, в свою очередь, повлияло на условия захоронения органического вещества, существенно ухудшив их во время накопления отложений подачимовской пачки. Что касается района Мансийской синеклизы, то граница между баженовской свитой и подачимовской пачкой не является здесь столь явной, как в Хантейской гемиантеклизе. Зона перехода между рассматриваемыми отложениями составляет в первой из вышеперечисленных несколько метров, что объясняется приуроченностью к более пониженным участкам рельефа.

Зона перехода баженовской свиты в подачимовскую пачку характеризуется изменением в породах содержания некоторых элементов и основных компонентов пород, таких как пирит, органическое вещество и глинистый материал. Содержание глинистого материала в породах кровли баженовской свиты составляет порядка 20 % в пределах Хантейской гемиантеклизы и 30 % в Мансийской синеклизе, в породах подачимовской пачки содержание этого компонента увеличивается до 40 %. Как было упомянуто ранее, заметно увеличивается доля мелкоалевритовой примеси (от 1-2 до 5-7 %).

При анализе распределения тория и калия в зоне перехода определяется заметный скачок в повышении содержания этих элементов. Как известно, эти элементы генетически связаны с глинистым материалом [16]. В зоне перехода рассматриваемых отложений наблюдается повышение содержания тория с 2-5 редко 8 в баженовской свите до значений более 9 в подачимовской пачке, калия – 0,2-1 до значений более 2 соответственно. Что касается особенностей распределения пирита, то в зоне перехода в обеих рассматриваемых толщах наблюдаются микропрослой пирита.

В случае с кровлей баженовской свиты повышенные содержания пирита, главным образом, связаны с повышенными концентрациями в породах органического углерода. В породах подачимовской пачки эта связь отсутствует, повышенные содержания пирита наблюдаются в породах с относительно низкими содержаниями органического углерода (менее 2 %). Подобные факты установления высоких содержаний пирита в низкоуглеродистых осадках были ранее описаны О.Ю. Гавриловым [17] и связываются с процессами миграции сульфидсодержащих растворов на стадии диагенеза и осаждении их на границах окислительной и восстановительной обстановки в осадке. Таким образом, сантиметровая зона пиритизации в низкоуглеродистых породах подачимовской пачки, упомянутая ранее И.В. Панченко с соавторами [4], служит своеобразным репером смены ред-окс обстановок – признаком существования геохимического барьера в осадке. Изменение последних, как было упомянуто выше, было вызвано сменой гидродинамического режима в районе исследования. Согласно анализу значений степени пиритизации железа, условия формирования порода кровли баженовской свиты были высоковосстановительными, пород подошвы подачимовской пачки – переходными между окислительными и восстановительными. Последнее подтверждает существование ред-окс барьера на границе рассматриваемых отложений.

Кровлю баженовской свиты принято проводить по значениям сигналов более 20 Ом\*м на методах электрометрии, поскольку породы баженовской свиты характеризуются высокими значениями удельного электрического сопротивления (УЭС). При этом на диаграммах гама-каротажа значения радиоактивности достигают значений 15-20 мР/ч и более, выше кровли этой высокоомной толщи. Сопоставление данных керн и ГИС показывает, что кровлю баженовских пород – микститов глинистых либо микститов следует проводить по значениям радиоактивности более 15-20 мР/ч. Мы считаем, что высокие значения радиоактивности связаны с увеличением количества Th, K, и U в баженовских породах, по сравнению с подачимовской толщей. На показаниях электрометрии на интервале этих пород наблюдается снижение УЭС до 4-10 Ом\*м; такие низкие значения обусловлены как наличием связанной воды, так и пиритом. Вниз по разрезу от границы – кровли баженовской свиты значения сигналов ГК и методов электрометрии колоколообразно возрастают.

### **ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ:**

1. Анализ литологических и геохимических характеристик верхней границы баженовской свиты показал, что в районе Хантейской гемиянтеклизы она является более

резкой: наблюдается изменение цвета пород, обусловленное существенным снижением содержания  $C_{орг}$ , увеличение содержания мелкой алевритовой примеси с 1-2 % до 5-7 % и глинистого материала (с 20 до 40 %), соответственно увеличение содержания калия и тория, появление микротекстур характерных для дистальных затухающих турбидитных потоков малой плотности и скорости, резкое снижение значений степени пиритизации железа, соответствующих переходным обстановкам между окислительными и восстановительными условиями. Верхняя граница баженовской свиты отмечена зоной пиритизации, образованной в результате осаждения пирита из сульфидсодержащих растворов на границе смены окислительно-восстановительных условий в осадке. В Мансийской синеклизе не наблюдается резкой смены в зоне перехода, между вышеописанными отложениями с заметно различающимися литологическими и геохимическими характеристиками, однако существует переходная зона мощностью несколько метров.

2. При выделении верхней границы баженовской свиты по ГИС в первую очередь следует обращать внимание на радиоактивность, а не на методы сопротивлений. В этом случае из разреза не будут исключены микститы глинистые кровельной части баженовской свиты, характеризующиеся повышенной радиоактивностью. На сигналах ГК граница выделяется по кровле колоколообразного пика с амплитудой более 15-20 мР/ч. Выше на несколько метров этого пика в некоторых скважинах может встречать еще один пик с такой же амплитудой, что связывается нами с миграцией  $C_{орг}$  из баженовской свиты.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Зубков М.Ю. Состав, строение и условия образования пород баженовской и абалакской свит центральной части Краснотенинского свода (Западная Сибирь) // Литология и полезные ископаемые, 2001, №1. С. 37–48.
2. Балущкина Н.С., Калмыков Г.А., Кирюхина Т.А., Коробова Н.И., Корост Д.В., Соболева Е.В., Ступакова А.В., Фадеева Н.П., Хамидуллин Р.А., Шарданова Т.А. Закономерности строения баженовского горизонта и верхов абалакской свиты в связи с перспективами добычи нефти / Геология нефти и газа. № 3. 2013. с. 48–61.
3. Юрченко А.Ю., Балущкина Н.С., Калмыков Г.А., Хамидуллин Р.А., Коробова Н.И., Блинова В.Н. Строение и генезис известняков на границе абалакской и баженовской свит в центральной части Западно-Сибирского бассейна / Вестник МГУ. Серия Геологическая. Геология. 2015. С. 62–68.
4. Панченко И.В. Обоснование границ абалакско-баженовского комплекса на основании исследований новых керновых данных/ Геомодель–2015. Геленджик. 7-10 сентября. 2015.
5. Хабаров В.В., Нелепченко О.М., Волков Е.Н. и др. Уран, калий и торий в битуминозных породах баженовской свиты Западной Сибири // Советская геология. М.: Недра, 1980. С. 94–105.
6. Баженовский горизонт Западной Сибири (стратиграфия, палеогеография, экосистема, нефтеносность). Брэдучан Ю.В., Гурари Ф.Г., Захаров В.А. и др. Новосибирск: Наука, 1986. – 217 с.
7. Эдер В.Г. Некоторые типы разрезов верхнеюрских баженовской и георгиевской свит Обь-Иртышского междуречья // Геология и геофизика, 2006, № 6 (46). С. 746–754.
8. Эдер В.Г., Замирайлова А.Г., Занин Ю.Н., Ян П.А., Хабаров Е.М. Особенности формирования баженовской свиты на границе юры и мела в центральной части Западной Сибири/ Литосфера, № 4, 2015а, С. 17–32.

9. Эдер В.Г., Замирайлова А.Г., Занин Ю.Н., Жигульский И.А. Особенности литологического состава основных типов разрезов баженовской свиты // Геология нефти и газа, № 6, 2015б, С. 96-106.
  10. Конторович А.Э., Ян П.А., Замирайлова А.Г., Костырева Е.А., Эдер В.Г. Классификация пород баженовской свиты. Геология и геофизика, № 11. 2016. С. 2034–2043.
  11. Raiswell R., Buckley F., Berner R.A., Anderson T.F. Degree of pyritization of iron as a paleoenvironmental indicator of bottom-water oxygenation. J. Sediment. Petrol. 58(5), 1988. 812–819.
  12. Ушатинский И.Н. Литология и перспективы нефтеносности юрско-неокомских битуминозных отложений Западной Сибири // Советская геология, 1981, №2. С. 11–12.
  13. Гайдебурова Е.А. Типы разрезов доманикитов Западной Сибири // Доманикиты Сибири и их роль в нефтегазоносности. Сборник научных трудов // СНИИГиМС, 1982. С. 23-32.
  14. Полякова И.Д., Кроль Л.А., Перозио Г.Н и др. Литолого-геохимическая классификация разрезов и седиментационная модель баженовской свиты // Геология и геофизика, 2002, № 3. С. 240–251.
  15. Wignall P.V. Black Shales. Clarendon Press: Oxford, 1994. – 127 p.
  16. Смыслов А.А. Уран и торий в земной коре. Л.: Недра, 1974. 231 с.
  17. Гаврилов Ю.О. Диагенетическая миграция сульфидов в отложениях различных обстановок седиментации / Литология и полезные ископаемые. № 2 - 2010. – С. 133–150.
- 



**Эдер Вика Георгиевна.** Кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории седиментологии, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука СО РАН, г. Новосибирск.



**Павлова Мария Александровна.** Кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник лаборатории седиментологии, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука СО РАН, г. Новосибирск.



**Замирайлова Альвина Григорьевна.** Кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории седиментологии, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука СО РАН, г. Новосибирск.



**Рыжкова Светлана Владимировна.** Кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории геологии нефти и газа Западной Сибири, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука СО РАН, г. Новосибирск.