



**ПРОБЛЕМЫ
НЕФТЕНОСНОСТИ
БАЖЕНОВСКОЙ
СВИТЫ
ЗАПАДНОЙ
СИБИРИ**



МОСКВА 1986

Особое внимание уделено геолого-геофизическим исследованиям пород баженовской свиты. Рассматриваются новые данные по использованию способа построения сейсмических разрезов при изучении баженовской свиты, дается геолого-геофизическая характеристика отложений в зоне контакта баженовской свиты с абалакской. Проведено математическое моделирование волновых сейсмических полей и их сопоставление с экспериментальными данными, выполнен динамический анализ сейсмической записи. Выявлены особенности сейсмоакустических моделей и сейсмических полей, соответствующих продуктивным и сухим отложениям баженовской свиты, что имеет большое значение при прогнозе нефтегазоносности пород баженовской свиты.

На основе проведенных исследований определены геологические, литолого-геохимические и литолого-фациальные критерии промышленной нефтеносности баженовской свиты, с учетом которых выделены перспективные на нефть зоны и локальные участки.

УДК 553.981(571.12)

М.Ю. Зубков, В.П. Сонич,
О.Г. Зарипов (СибНИИНП)

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ЛИТОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ НЕФТЕНОСНОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Перспективы промышленной нефтеносности баженовской свиты Западной Сибири изучают многие исследователи (Гурари Ф.Г., 1979, 1984; Елисеев В.Г., Нестеров И.И., 1978; Зарипов О.Г., Сонич В.П., Зубков М.Ю., 1982; Клубова Т.Т., Климушина Л.П., 1979; Крылов Н.А., Корцев Б.В., Козлова М.И., 1978; Нестеров И.И., 1980; Скобобогатов В.А., Краснов С.Г., 1984 и др.). Однако из-за отсутствия единого представления о типе коллектора и условиях его формирования, малой информативности материалов геофизического исследования нет единого мнения об оценке перспектив нефтеносности баженовской свиты.

С этой целью были проведены детальные работы по установлению типа коллектора и природы его образования, проанализированы результаты опробования скважин. Особое внимание было уделено изучению постседиментационных преобразований, способствующих созданию и сохранению емкости в породах баженовской свиты при их формировании.

Результаты испытания скважин более чем на 50 площадях, где получены притоки нефти или нефтепроявления из баженовской свиты, показали, что зачастую пласты баженовской свиты испытываются совместно с проницаемыми нефтесодержащими породами тюменской и васюганской свит или ачимовской пачки. На притоки нефти из других объектов указывает также то, что на значительном количестве площадей из скважин получена вода с нефтью или нефтяной пленкой. Однако содержание подвижной воды в коллекторах баженовской свиты невозможно из-за фобного состояния пород, особенностей строения коллекто-

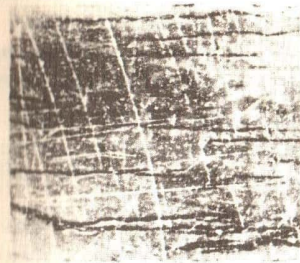
ров и наличия АВПД, указывающего на отсутствие связи нефтяных резервуаров с водоносными комплексами. Экономически рентабельные притоки нефти выявлены пока только на месторождении Большой Салым.

Необычность приуроченности притоков нефти к преимущественно глинистым и кремнисто-глинистым породам вызвала множество толкований о типе коллекторов в баженовской свите. Однако по мнению большинства исследователей, в том числе и авторов, проницаемость баженовского коллектора трещинная. Эта точка зрения до сих пор носила в основном гипотетический характер, так как не имела достаточно реального доказательства керновым материалом. Предполагалось, что при отборе керна выносятся наиболее плотные и массивные разности пород баженовской свиты, не являющиеся коллекторами, а коллектор — рыхлая листоватая порода легко разрушается при бурении и на поверхность выносится в виде шлама.

В последние годы на Салымском месторождении пробурено большое число эксплуатационных и разведочных скважин с высоким отбором керна (более 80%). Кроме изучения вещественного состава и физических свойств пород, визуально исследовались пришлифованные образцы керна, смоченные с поверхности растворителем (ацетоном). Свободное проникновение растворителя в трещины и полости позволило "проявить" всю сложную систему проницаемой пустотности. Этим способом изучено более 600 штупфов из семи эксплуатационных и пяти разведочных скважин.

Проведенными исследованиями в породах баженовской свиты Салымского месторождения выделено три морфологических типа коллекторов: трещинно-поровый, трещинный, трещинно-кавернозный (рис. 1). Показано, что основная масса микротрещин и пустот связана с микрослоистыми существенно глинистыми и карбонатно-кремнистыми разностями пород свиты с высокой степенью неоднородности. Обычно такие проницаемые интервалы составляют 7-15% от всего отобранного керна.

Трещинно-поровый тип коллектора приурочен к микрослоистым существенно глинистым породам, где густота микротрещин определяется толщиной микропрослоев, измеряемых от десятых долей до 1-1,5 мм (см. рис. 1а). Проводниками нефти являются трещины, которые дренируют



а



б



в



г

Рис. 1. Типы коллекторов в баженовской свите: а — трещинно-поровый, б — трещинный, в, г — трещинно-кавернозный

матричные поры межтрещинных обломков и примыкающих к ним пород. Несложные расчеты показывают, что мощность зон дренирования трещинной нефтенасыщенной матрицы при ее нефтепроницаемости $p \cdot 10^{-19} - 10^{-21} \text{ м}^2$ в процессе разработки на естественном режиме не превысит нескольких сантиметров.

Второй тип коллекторов наиболее широко распространен в массивных существенно карбонатных породах баженовской свиты, которые отличаются значительной неоднородностью, обусловленной высокой концентрацией карбонатных микростяжений неправильной формы размером от нескольких миллиметров до двух-трех сантиметров. Густота трещин зависит от микростяжений. При содержании в породе карбонатных микростяжений менее 50% от площади образца наблюда-

ются только редкие, в основном горизонтальные трещины, располагающиеся на контакте карбонатных стяжений с вмещающей органо-кремнисто-глинистой породой. В этом случае данные трещиноватые образования являются как бы переходными от первого ко второму типу коллекторов. Карбонатные разности из-за невысокого содержания углеводородов и низкой нефтепроницаемости ($K_{пр} < 10^{-21} \text{ м}^2$) практически не способны восполнять отбираемую из трещин нефть в процессе разработки. В то же время нефтенасыщенные породы могут частично отдавать нефть в трещины.

При содержании в породе карбонатных микростяжений более 50% от площади образца наблюдается густая сеть взаимопересекающихся микротрещин вертикального и горизонтального направлений, разбивающих породу на прямоугольные удлиненные блоки размером 0,5–1,5 и 1–2,5 см перпендикулярно и параллельно наслоению соответственно (см. рис. 16). В этом случае основной массой, вмещающей породы, служит карбонатный материал, практически не обладающий матричной емкостью, а потому не способный восполнять извлекаемую из трещин нефть.

Трещинно-кавернозный тип коллекторов встречается в основном в нижней части разреза на контакте баженовской и абалакской свит. Этот тип коллектора связан с высокой литологической микронеоднородностью пород. Выделяются различные формы и размеры от долей мм до нескольких см линз карбонатных и кремнистых стяжений, занимающих более 75% площади образца. Для них в большинстве случаев характерна значительная перемятость и "брекчиевидность" (см. рис. 1в,г). Многочисленные взаимопересекающиеся трещины часто заполнены карбонатным веществом – кальцитом. В керне некоторых скважин стенки полостей (каверн) и раскрытых трещин заполнены кристалликами (щетками) прозрачного кварца или доломита.

На основании проведенного анализа особенностей геологического строения, выделения типов коллекторов и детальных исследований вещественного состава и вторичного минералообразования в породах баженовской свиты механизм образования коллекторов можно представить следующим образом. На стадиях седименто- и диагенеза закладывались главным образом текстурно-структурные осо-

бенности пород баженовской свиты, определяющие их способность преобразовываться в коллектор. Формирование последнего начинается на стадии катагенеза, при вступлении образований баженовской свиты в главную фазу нефтеобразования (ГФН). Основным процессом при формировании коллектора является авторазрыв породы в результате превышения количества генерируемых битумоидов над исходным объемом керогена и как следствие – резкого повышения порового давления в центрах генерации. В текстурированных породах, где слоистость четко видна на фоне расположенных параллельно слоистости тончайших (доли мм) удлиненных линзочек органического вещества (ОВ), этот процесс проявляется более наглядно. В таких породах линзочки ОВ в большинстве случаев изолированы тонкоотмученным микропористым ($r_{пор\text{ ср}} = 40\text{ \AA}$)

глинисто-кремнистым материалом, насыщенным первоначально поровой водой. При образовании битумоидов в центре генерации (линзочке ОВ) возникает высокое поровое давление АВПоД, которое определяется капиллярными силами на границе поровая вода и вновь образованные битумоиды (УВ). При превышении давления в центрах генерации над поровым в окружающих породах матрицы на величину, превышающую капиллярные силы, поровая вода вытесняется образовавшимися битумоидами, т.е. поры матрицы начинают пропитываться углеводородами. Если же создавшееся давление в центрах генерации превышает горное, то по ослабленным направлениям происходит автомикроразрыв пород (в основном это элементы слойчатости и границы литологической неоднородности). Многочисленные автомикроразрывы создавали густую сеть трещин преимущественно горизонтального направления, т.е. формировались трещинно-поровые коллекторы.

Образование коллекторов второго типа так же как и первого в основном обязано повышению давления в очагах генерации и как следствие авторазрыва пород по ослабленным направлениям – микротрещиноватости, возникшей в хрупких неоднородных карбонатно-кремнистых породах в результате неравномерного уплотнения и, возможно, тектонических напряжений.

Третий, трещинно-кавернозный тип коллектора приурочен к существенно карбонатным или кремнистым

образованиям с высокой степенью неоднородности. Формирование его происходило путем дробления породы по ослабленным направлениям в результате массивованного авторазрыва на границе гидрофобных и гидрофильных отложений баженовской и абалакской свит. Наличие коллекторов в этой зоне наблюдается только в существенно карбонатных или карбонатно-кремнистых породах баженовской свиты. Такой массивованный авторазрыв приводил не только к дроблению, но и перемещению отдельных мелких обломков относительно друг друга, в результате чего образовывались мелкие каверны и крупные трещины. Мощность зоны дробления или распространения зеркал скольжения в баженовской свите обычно не превышает 2 м. В породах абалакской свиты зеркала скольжения полностью исчезают на глубине 2-3 м от ее кровли. Эта граница распространения зеркал скольжения контролируется развитием конкреционного горизонта, являющимся дополнительным флюидоупором для углеводородов и выжимаемой из баженовской свиты поровой воды.

Приведенные данные позволяют считать, что основным необходимым условием образования коллекторов в баженовской свите является АВПоД на глубинах до 1,5-2,5 км (на больших глубинах для всех типов пород, кроме карбонатных разностей, поровое давление в центре генерации УВ, из-за недостаточной величины капиллярных сил на границе поровая вода - УВ, всегда будет меньше горного). Для образования АВПоД необходимо сочетание следующих факторов: а) достаточно высокое содержание ОВ; б) высокая степень его метаморфизма, т.е. повышенные пластовые температуры; в) надежная изоляция свиты от выше- и нижезалегающих проницаемых толщ (тонкопористое строение пород глинистых экранов со средним радиусом пор менее 40 Å). Вне зависимости друг от друга указанные факторы не контролируют образование АВПоД, а значит и коллектора в отложениях баженовской свиты.

Таким образом, для оценки перспектив баженовской свиты необходимо рассмотреть развитие названных выше факторов на всей площади ее распространения. Так как основным фактором, определяющим образование выделенных типов коллекторов, является объем генерирующих битумоидов на единицу объема пород, вводим комплексный параметр, связывающий среднюю пористость в гли-

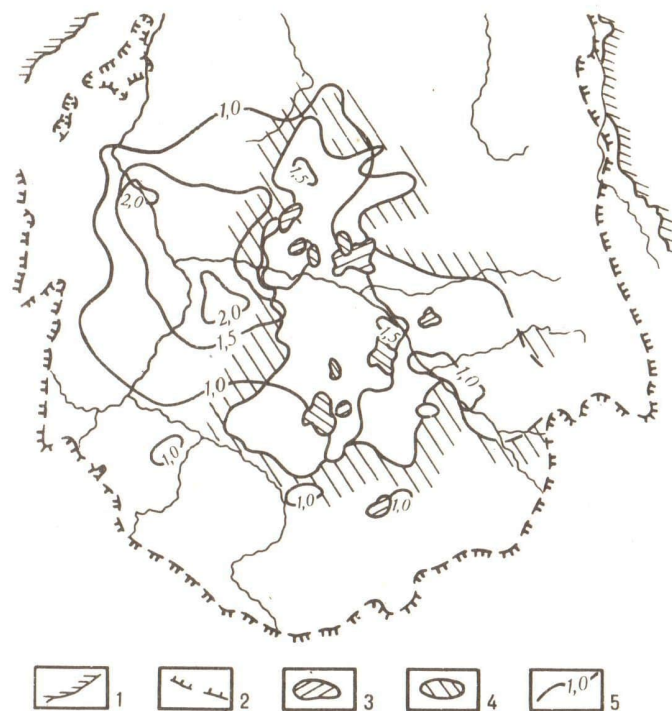


Рис. 2. Схема изменения критических значений мощностей подстилающих и перекрывающих баженовскую свиту флюидоупоров и параметра С на территории Западной Сибири

Граница: 1 - палеозойского обрамления, 2 - распространения отложений волжско-берриасского возраста. Площади: 3 - с мощностью перекрывающих баженовскую свиту флюидоупоров менее 5 м, 4 - с мощностью подстилающих баженовскую свиту флюидоупоров более 5 м; 5 - изолинии параметра С

нистых отложениях, наблюдаемую в интервале глубин 2,5-3 км (около 10%), и объем генерируемых баженовской свитой битумоидов. Для этого используется полученная термогравиметрическим анализом (Зубков М.Ю., Прямоносова И.А., 1984) образцов из баженовской свиты связь между современной пластовой температурой и степенью превращения (К) исходного ОВ (ОВ_{исх}) в битумоиды:

$$K = 0,6 - \exp(-0,0328T + 1,64). \quad (1)$$

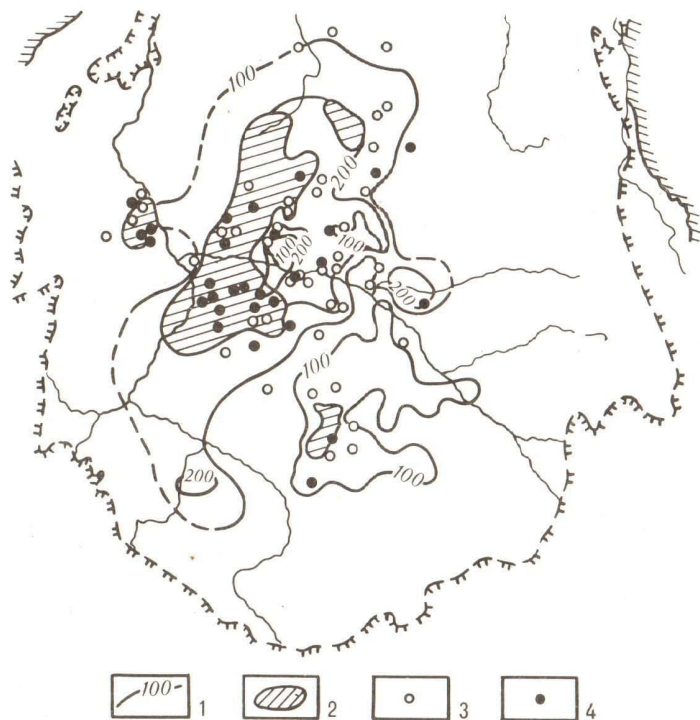


Рис. 3. Схема изменения критических значений КС и перспективы нефтеносности баженовской свиты
 1 - изоомы кажущегося сопротивления (КС), Ом·м; 2 - перспективные территории; 3 - сухие скважины; 4 - нефтепроявления и месторождения нефти в баженовской свите. Остальные условные обозначения см. на рис. 2

Полагая, что большая часть возникающей за счет $OV_{исх}$ вторичной емкости исчезает вследствие уплотнения осадка, и принимая плотность образующихся в баженовской свите битумоидов равной 0,8, получаем соотношение (С) между объемом образовавшихся битумоидов и наблюдаемой для этих глубин пористостью, равной примерно 10%:

$$C = \frac{3,5 \cdot OV_{исх} \cdot 0,6 - \exp(-0,0328T + 1,64)}{0,18 \cdot OV_{исх} + 10} \quad (2)$$

При значении параметра С больше единицы объем генерируемых свитой битумоидов превысит принятый объем пор и возникнут условия, необходимые для автонефтеобразования и 100% нефтенасыщенности пор. На основе уравнения 2 построена схема изменения параметра С по площади распространения свиты (рис. 2), согласно которой к перспективным отнесены территории, где величина С больше единицы.

Остальные критерии использовались ранее другими исследователями, это - мощности флюидоупоров, подстилающих и перекрывающих баженовскую свиту, и кажущееся электрическое сопротивление пород (КС), зависящее главным образом от насыщенности порового пространства битумоидами. За критическую мощность флюидоупоров принимается значение более 5 м (см. рис. 2), а граничным значением КС - величина, равная 200 Ом·м, что примерно соответствует более 70% нефтенасыщенности пород (рис. 3).

На основании перечисленных критериев, данных испытания скважин, наличия микрослоистых пород (по керну) и содержания в разрезе существенно карбонатных прослоев (по ГИС) выделены наиболее перспективные зоны в породах баженовской свиты (см. рис. 3). Перспективные на нефть территории охватывают Салымский свод с сопредельными площадями и частично Красноленинский и Каймысовский своды. В целом площадь перспективных земель составляет около 10% от всей территории, занимаемой баженовской свитой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гурари Ф.Г. Об условиях накопления и нефтеносности баженовской свиты Западной Сибири. - Новосибирск: СНИИГИМС, 1979, с. 153-160.

Гурари Ф.Г. Региональный прогноз промышленных скоплений углеводородов в доманикитах. - Геол. нефти и газа, 1984, № 2, с. 1-5.

Елисеев В.Г., Нестеров И.И. Перспективы нефтеносности глинистых отложений баженовской свиты. - Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1978, с. 155-157.

Зарипов О.Г., Сонич В.П., Зубков М.Ю. Региональная перспективность отложений баженовской свиты Западной Сибири. - В кн.: Исследования в области геологии и разработки нефтяных месторождений Западной Сибири. Тюмень: СибНИИИП, 1982, с. 132-144.

Зубков М.Ю., Прямоносова И.А. Исследование битуминозных отложений баженовской свиты термическими методами. - В кн.: Интенсификация добычи нефти на новом этапе освоения месторождений Западной Сибири. Тюмень: СибНИИИП, 1984, с. 23-25.

Клубова Т.Т., Климушина Л.П. Коллекторы баженовской свиты Западной Сибири. Условия образования и нефтеносность. - В кн.: Геология, стратиграфия и полезные ископаемые Сибири. Томск: ТГУ, 1979, с. 164-187.

Крылов Н.А., Корнев Б.В., Козлова М.И. Особенности размещения залежей нефти баженовской свиты в районах Среднего Приобья. - В кн.: Закономерности формирования и размещения нефтяных и газовых месторождений. М.: ИГиРГИ, 1978, с. 44-55.

Нестеров И.И. Нефтеносность битуминозных глин баженовской свиты Западной Сибири. - Сов. геол., 1980, № 11, с. 3-10.

Скоробогатов В.А., Краснов С.Г. Некоторые критерии перспектив нефтеносности баженовской свиты Западной Сибири. - Геол. нефти и газа, 1984, № 3, с. 15-19.

УДК 563.12:551.762(571.12)

В.И. Белкин (СибНИИИП)

ФАЦИАЛЬНЫЕ ТИПЫ ПОРОД БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ ЗАПАДНОГО ПРИОБЬЯ

На основе анализа и обобщения материалов по литолого-фациальному составу и изменчивости пород автором составлена схема фациального развития региона в баженовское время (рис. 1). С этой целью использованы детальные описания керн многих разведочных и эксплуатационных скважин Салымского, Среднебалыкского и Асомкинского месторождений, а также результаты лабораторных определений по 147 скважинам и каротажные материалы по более чем 350 скважинам Салымской, Верхнесалымской, Нижнесалымской, Среднесалымской, Восточно-Салымской, Верхнешапшинской, Нижнешапшинской, Каренской, Удачной, Киевской, Правдинской, Горшковской, Туманной, Среднебалыкской, Усть-Балыкской, Вачимской, Согорской, Малобалыкской, Быстринской, Мамонтовской, Солкинской, Западно-Сургутской, Майской, Яун-Лорской, Омбинской, Асомкинской, Лянторской, Топат-Яхинской, Чупальской площадей.

Фациальный состав и размещение пород во многом являются ключом к пониманию локализации коллекторов и нефтяных залежей в отложениях баженовской свиты.

Как известно, баженовская свита представляет собой уникальный объект в разрезе продуктивной юрско-нижнемеловой толщи Западной Сибири, лишь в верхнемеловом интервале отмечается далеко не полный ее литологический аналог (кузнецовская свита).

Важнейшим отличием баженовской свиты являются не только типы пород по сравнению с отложениями других подразделений мезозоя Западно-Сибирской плиты, но и их