

## СОСТАВ, СТРОЕНИЕ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ БАЖЕ- НОВСКОЙ СВИТЫ ТЕРРИТОРИИ СРЕДНЕГО ПРИОБЬЯ

В статье рассматриваются закономерности пространственного распространения высокопродуктивных зон баженовской свиты. Показана тесная связь продуктивности с литологической неоднородностью свиты и системами флексурно-разломных зон.

По мере снижения нефтедобычи из крупных месторождений, содержащих залежи относительно простого строения, все острее обозначается проблема освоения трудноизвлекаемых запасов, сосредоточенных в месторождениях сложного строения. К объектам такого типа относятся отложения баженовской свиты («бс»).

Отложения баженовской свиты стратиграфически приурочены к границе волжского яруса верхней юры и берриасского яруса нижнего мела. Площадь ее распространения в пределах Западно-Сибирской провинции превышает 1 млн. км<sup>2</sup>. Толщина отложений в центральной части Западно-Сибирского бассейна составляет 20 – 40 м, ближе к окраинам увеличивается до 80 м. По периферии бассейна отложения «бс» фациально замещаются сероцветными песчано-глинистыми толщами, мощность которых достигает нескольких сотен метров. В центральной части бассейна выявлены зоны с аномальным разрезом «бс», в которых в основании свиты выделяется дополнительная, песчано-глинистая пачка толщиной 60 – 70 м, не имеющая стратиграфических аналогов за пределами этих зон.

Залежи нефти в отложениях «бс» не имеют подошвенных и краевых вод, не контролируются положительными структурными формами и характеризуются АВПД (Добрынин, Мартынов, 1980; Желтов и др., 1984; Зарипов и др., 1980; Мормышев, Завьялец, 1985; Свищев и др., 1974). По мере накопления и обработки фактического материала и увеличения числа «сухих» и низкопродуктивных скважин встал вопрос о выявлении закономерностей в распространении зон высокой продуктивности.

Детальный анализ состава пород баженовской свиты указывает на значительную латеральную и вертикальную изменчивость ее литологического состава. На рассматриваемой территории баженовская свита представлена породами различного цвета от светло-серых оттенков плотных разностей известняков до черного цвета пород обогащенных органикой. Для пород характерен устойчивый запах нефти. Породы баженовской свиты в основном представлены разностями, обладающими тонкой горизонтальной слоистостью, но в разрезе также присутствуют относительно массивные карбонатные и силикатные разности.

Породы баженовской свиты отличаются многокомпонентностью, что часто не позволяет однозначно отнести их к какому-либо из известных таксономических подразделений. В составе почти всех разностей в различных сочетаниях участвуют: глинистые минералы, аутигенный кварц, опал, карбонаты, пирит, обломочный материал. Содержание органического вещества в породах достигает 20% (Брадучан и др., 1986; Лопатин и др., 1997; Метлова, Чухрова, 1985).

Различные количественные и пространственные соотношения указанных компонентов определяют текстурно-

структурные особенности и состав пород баженовской свиты. Для анализа особенностей строения и состава породы баженовской свиты разделены на 4 группы: карбонатную, кремнистую, кероген-глинистую и смешанную.

Карбонатные породы представлены относительно чистыми известняками, их глинистыми и кремнистыми разновидностями. Относительно чистые известняки, для которых характерны низкое содержание ОВ, глинистой фракции и других компонентов, а также низкие значения естественной радиоактивности, сложены мелкими микрокомковатыми и ступковыми обособлениями, по-видимому, водородослевого генезиса. В кремнистых известняках содержание кремнезема может достигать 30%, представленного остатками радиолярий и продуктами их перекристаллизации. Граноморфная структура на стадии осадконакопления породы определяла их высокую первичную пористость и проницаемость. Однако уже на стадии раннего диагенеза большая часть межформенного пространства была заполнена диагенетическим спаритовым кальцитом. Наиболее крупные пустоты по-видимому оставались открытыми достаточно долгое время и впоследствии были заполнены керогеном. Часть из них остается открытой до настоящего времени.

Кремнистые породы представлены относительно чистыми силицитами, силицитами с высоким содержанием органического вещества, глинистыми силицитами и силицитами известковистыми. Среди относительно чистых силицитов, в которых кварц биогенного происхождения составляет до 80%, выделяются относительно слабо преобразованные радиоляриты и разности, обогащенные диагенетическим кварцем, образовавшимся в результате деструкции раковин радиолярий и последующего переотложения кремнезема. В силицитах с высоким содержанием ОВ микрокристаллический кварц равномерно распределен в породе, доля его может достигать 70%. Нередко в породах сохраняются раковины радиолярий, выполненные кварцем, халцедоном, реже  $\alpha$ -тридимитом и  $\alpha$ -кристобалитом. В известковых силицитах карбонатный материал представлен неясными стяжениями или кальцитизированными радиоляриями. Такие породы наиболее типичны для переходных разностей между относительно чистыми карбонатными разностями и силицитами (кровельные, подошвенные части пластов с высокой радиоактивностью).

Кероген-глинистые породы представлены аргиллитами известковистыми, кремнистыми и обогащенными органическим веществом. В кремнистых аргиллитах минералы кремнезема представлены кварцем, халцедоном, реже  $\alpha$ -тридимитом и  $\alpha$ -кристобалитом, выполняющими раковины радиолярий и прослойками микрокристаллического кварца. В известковистых аргиллитах карбонаты представлены преимущественно кальцитом, слагающим каль-

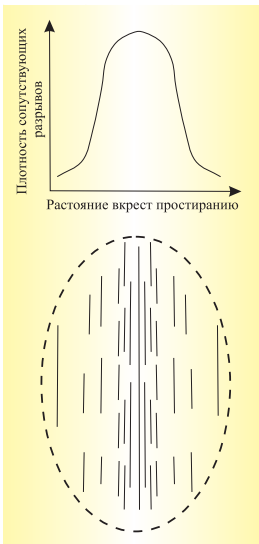


Рис. 1. Зона влияния разломной зоны вкострости.

основные минералы представлены в равных пропорциях; их характерной особенностью является тонкая слоистость и микролинзовидность строения. Как правило, в таких породах прослеживается тенденция к разделению на кероген-глинистые и кремнистые или кремнисто-карбонатные микропрослои.

Из вторичных процессов, затронувших породы, баженовской свиты, широко проявлены процессы растворения и перераспределения карбоната кальция и кремнезема. В частности, нередко полностью растворены раковины бухид и сохранены только их многочисленные отпечатки. Существенные изменения условий седиментации за время накопления «бс» (6 – 10 млн. лет) выражены в отчетливой цикличности отложений. В разрезе выделяются три циклита, начинающиеся карбонатными или кремнистыми породами и заканчивающиеся кероген-глинистыми. Отмечается относительная выдержанность толщин циклитов по площади, несмотря на латеральную изменчивость состава пород, что свидетельствует об отсутствии существенных перерывов осадконакопления и стратиграфических несогласий.

Тектонические факторы играли существенную роль на всем протяжении истории осадконакопления, особенно на ранних стадиях, когда разломно-блоковые дислокации определяли конфигурацию областей прогибания и воздымания, что отражено в сокращении мощностей нижних циклитов на отдельных участках рассматриваемого региона. Накопление баженовской свиты отвечало, по-видимому, не только максимальной трансгрессии, но и относительной стабилизации тектонического режима. Новая тектоническая активизация сопровождалась регрессией морского бассейна, соответствующей времени отложения нижних горизонтов терригенных меловых отложений.

Особенности пространственного распределения продуктивности баженовской свиты связаны с тем, что в ее разрезе отсутствуют ареально распространенные пласты, обладающие высокой открытой емкостью. Специфика слагающих разрез свиты глинисто-кремнисто-карбонатных пород определяет «нетрадиционность» коллекторов, среди которых преобладают трещинные и трещинно-кавернозные разности. При уплотнении осадков из-за наличия большого количества глинистых минералов в баженовской сви-

тигизированные радиолярии, раковины бухид и иноцератов. В аргиллитах, обогащенных ОВ, часто встречающихся в основании и кровельной части баженовской свиты, естественная радиоактивность снижается до 15 мкр/ч, часто присутствует алевритовая примесь.

Помимо основных типов, можно выделить породы, в которых

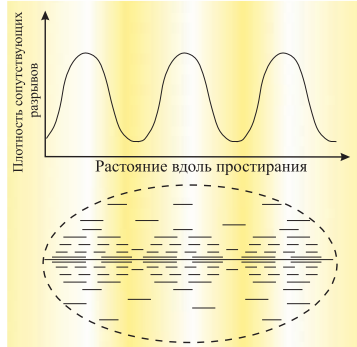


Рис. 2. Зона влияния разломной зоны по простиранию.

те, ограничивающих вертикальную миграцию в выше и ниже лежащие коллектора, образовывались зоны АВПД. В этих условиях практически неоспорима связь емкостных параметров пород со степенью их тектонической нарушенности. Эта связь определяет пространственную ограниченность участков повышенной продуктивности, их локализацию в линейных приразломных зонах.

На основе комплексного анализа гравимагнитных, сейсмогеологических, космогеологических и геоморфологических данных, а также данных бурения и результатов структурных геолого-геофизических построений, разработан ряд критериев, позволяющих выделять и проследить дизъюнктивные нарушения (флексурно разломные зоны).

Для моделирования разломных структур целесообразно рассматривать собственно разломную зону в совокупности с обрамляющими ее трещинным и разрывным оперением. В инженерной геологии используется термин «зона динамического влияния» разрыва или разлома, под которым понимается часть окружающего разлом во всех трех измерениях пространства, на котором проявляются остаточные (пластические или разрывные) и упругие следы деформаций, вызванные формированием разлома или подвижками по нему. При картографическом отображении разлом изображается линией, которая соответствует максимуму приразломных изменений (Рис. 1) (Несмеянов, 2004).

По простиранию динамическая зона разлома также неоднородна, наблюдается периодическое изменение ширины зоны влияния. Как правило, расширение зоны влияния магистрального разлома проявляется сгущением крупных разрывов оперения. Очевидно, что ширина влияния разломной зоны зависит от вещественного состава

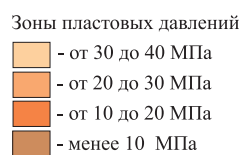
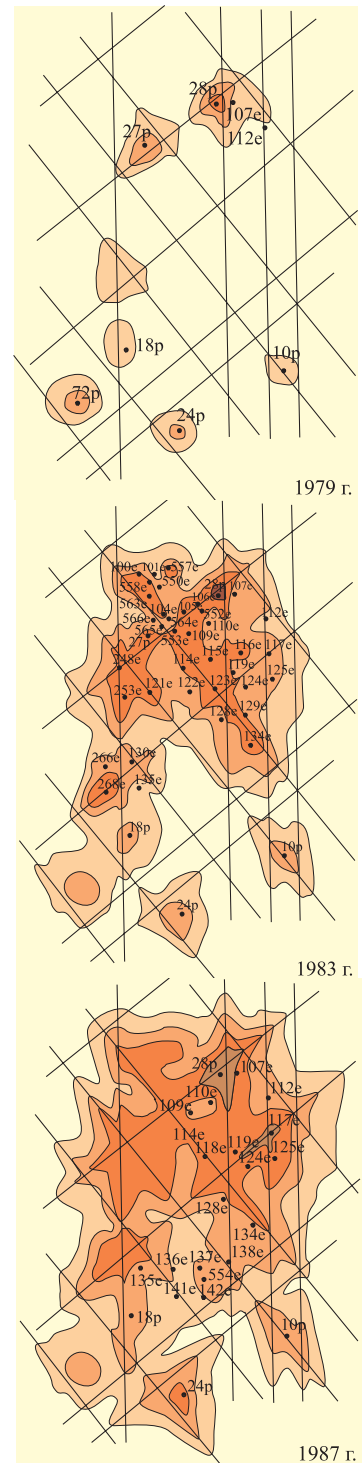


Рис. 3. Схема распределения пластового давления Лемпикского участка 1979, 1983, 1987 гг.



пород и их физических свойств (Рис. 2) (Несмеянов, 2004).

Анализ связи начальных максимальных дебитов скважин от их удаленности от осей флексурно-разломных зон показал, что количество и степень раскрытости трещин, их протяженность хотя и не находятся в строгой зависимости, но несомненно зависят от удаленности от оси флексурно-разломной зоны. Таким образом, тектонический фактор является одним из основных, контролирующих распределение зон с различной продуктивностью. Именно тектоническая трещиноватость может обеспечить формирование высокопроницаемых коллекторов в существенно глинистых и первично плотных карбонатно-кремнистых породах. При этом важная роль принадлежит как палео- так и современному геодинамическому состоянию недр, обеспечивающему раскрытие или, напротив, сжатие микротрещин.

Рассматриваемую территорию можно условно разделить на три области. К первой относятся зоны пересечения осей крупных флексурно-разломных зон, к второй – их линейные участки, к третьей – блоки, ограниченные флексурно-разломными зонами.

Установлено, что высокопродуктивные скважины располагаются в непосредственной близости от пересечения осей крупных флексурно-разломных зон. Менее продуктивные скважины связаны с линейными участками рассматриваемых зон, и скважины, обладающие низким или нулевым продуктивным потенциалом, связаны с внутриблоковыми областями.

Для подтверждения данной точки зрения проанализирована история разработки Лемпинского участка. На начальном этапе разработки падение пластового давления носит очаговый характер в связи с небольшим количеством скважин и относительно небольшой накопленной добычей (Рис. 3а). Далее с увеличением количества добывающих скважин падение давления формирует вытянутые зоны, направление которых совпадает с выделенными осями флексурно-разломных зон, что говорит о повышенной проницаемости вдоль их осей (Рис. 3б). И наконец, в ходе увеличения накопленной добычи узкие зоны падения давления расширяются и начинают носить площадной характер, что говорит о вовлечении в разработку относительно низкопроницаемых внутриблоковых участков (Рис. 3в).

В пределах всех зон выделяются участки, в которых встречаются скважины с низкими дебитами, что отражает неоднородность в распространении зон повышенной продуктивности вдоль оси нарушения. Это подтверждается приуроченностью высокодебитных скважин к приузловым участкам пересечения разломов. Установленная эмпирически ширина выделенных продуктивных зон меняется в пределах 0,5 – 4 км, в приузловых участках предполагается их некоторое расширение.

Анализ связи распределения продуктивности с литолого-фациальной зональностью баженовской свиты показывает вторичность этого фактора в локальном плане, поскольку выделенные зоны имеют значительно большие площади, чем намечающиеся участки высокой продуктивности.

Основные объемы нефти баженовского коллектора, по всей видимости, сосредоточены в низкопроницаемой и низкопористой матрице, которая содержит запасы углеводородов, вовлекаемые в дренирование только спустя некоторое время с начала разработки.

Роль дренирующей системы играют субгоризонтальные лито- и катагенетические и субвертикальные и наклон-

ные тектонические трещины. Модель баженовского резервуара можно представить в виде низкопроницаемых блоков, рассеченных системой трещин определенной ориентировки со своими значениями густоты и раскрытия.

Микрослоистые осадки, обогащенные органическим веществом, в процессе диагенеза преобразовывались в тонкоплитчатые разности. На границах с резким изменением литологического состава происходило образование субгоризонтальной микротрещиноватости (Рис. 4). Такой тип трещиноватости носит площадной характер, густота трещин тем выше, чем выше количество микрослоев и чем напряженнее знакопеременные тектонические напряжения.

Даже малоамплитудные смещения блоков по разломам приводили к нарушению сплошности пород. Формируемые зоны разуплотнения приводили к образованию локальной субвертикальной и наклонной трещиноватости. В узловых зонах пересечения флексурно-разломных зон их влияние накладывалось, и могли создаваться области с еще большей плотностью раскрытых трещин. Породы, обогащенные глинистой и органической составляющей, благодаря своей пластичности подвержены такому типу трещиноватости в гораздо меньшей степени, чем породы относительно монолитные (силициты и известняки).

Благодаря процессу тектонического трещинообразования, увеличивается объем пустотного пространства. В условиях высоких температур и давлений генерация углеводородов приводит к постепенному размыканию субгоризонтальных микротрещин лито-диагенетического характера и образованию единой открытой системы трещиноватости смешанного типа. На этом этапе формируется единая высокопроницаемая трещиноватая система, заполненная нефтью и обладающая АВПД.

Бурение скважин в различных зонах приводит к различным результатам. При вскрытии пласта в зоне с высоким содержанием открытой тектонической трещиноватости наблюдаются высокие дебиты, если же скважина попадает в зону с отсутствием тектонической трещиноватости, наблюдается отсутствие или низкие значения притоков. Опыт эксплуатации скважин сложнопостроенных трещиноватых коллекторах свидетельствует о том, что даже при подборе оптимальной депрессии через какой-то промежуток времени наблюдаются пульсации давления. Это объясняется тем, что со временем в процесс фильтрации флюида из низкопроницаемой матрицы через трещиноватость к скважине вовлекаются все новые участки пласта, обладающие различными фильтрационными свойствами, что в конечном итоге приводит к несоответствию выбранной ранее оптимальной депрессии фильтрационным свойствам, характеризующим весь дренируемый участок пласта.

При высоких депрессиях на пласт проявляются эффекты упругого, а затем и хрупкого смыкания субгоризонтальной литодиагенетической трещиноватости и изоляции отдельных участков пласта от скважины, что приводит к снижению дебитов. Субвертикальные трещины тектонического характера, благодаря вторичной минерализации внутри трещин (Рис. 5) и относительно высокой раскрытости не способны смыкаться, однако область дренирования ими ограничена.

Таким образом, для обеспечения стабильной добычи и достижения высоких значений накопленной добычи необходимо размещать скважины в непосредственной близости от узлов пересечения или осевых частей крупных флексурно-разломных зон.



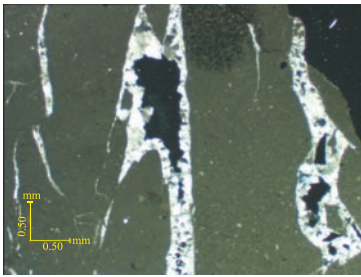


Рис. 4. Субвертикальные трещины в плотных известняках со следами вторичных процессов.

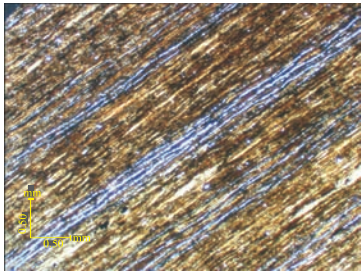


Рис. 5. Субгоризонтальная микротрещиноватость, развивающаяся параллельно напластованию на границах микрослоев с различным минералогическим составом.

Несмотря на возможность получения больших дебитов в начале эксплуатации, следует вести добычу на умеренных депрессиях. Это позволит вовлечь в дренирование удаленные участки пласта и не даст произойти необратимым изменениям в строении субгоризонтальных трещин, играющих роль проводника из низкопроницаемой матрицы в широко открытые трещины субвертикальной ориентировки тектонического характера.

Газовый фактор также влияет на разработку. Падение пластового давления ниже давления насыщения  $P_n$  приводит к выделению газа непосредственно в низкопористой матрице, что вначале помогает выделению нефти в трещиноватую высокопроницаемую систему, но затем газ отсекает путь жидким углеводородам, т.к. гидродинамическое сопротивление у них значительно больше, чем у газа.

### Литература

Брадучан Ю.В., Гурари Ф.Г., Захаров В.А. и др. *Баженовский горизонт Западной Сибири (стратиграфия, палеогеография, экосистема, нефтеносность)*. Новосибирск: Наука. 1986.

Добрынин В.М., Мартынов В.Г. Модель и основные параметры пластового резервуара баженовской свиты Салымского месторождения. *Нефтеносность баженовской свиты Западной Сибири*. М.: ИГиРГИ. 1980. 26-47.

Желтов Ю.В., Малофеев Г.Е., Толстов Л.А. и др. Обоснование особенностей строения и продуктивности баженовской свиты Салымского месторождения по данным работы скважин. *Геология нефти и газа*. № 8. 1984. 1-6.

Зарипов О.Г., Сонич В.П., Юсупов К.С. Модель пласта Ю0 баженовской свиты. *Нефтеносность баженовской свиты Западной Сибири*. М.: ИГиРГИ. 1980. 57-67.

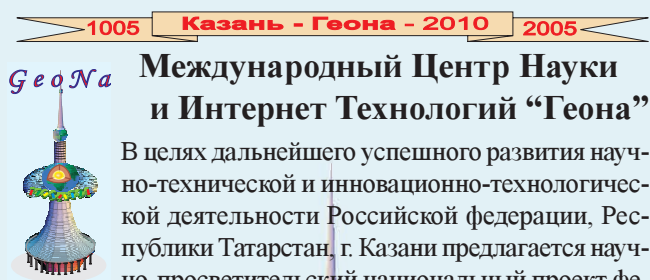
Лопатин Н.В., Емец Т.П., Симоненкова О.И., Галушкин Ю.И. Геохимические предпосылки поисков нефти и газа в глубоководных юрских и триасовых отложениях Западной Сибири. *Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений*. №4. 1997. 2-16.

Метлова Н.Ф., Чухрова В.Ф. Особенности состава и строения пород баженовской свиты Западной Сибири по данным рентгена и электронографии. *Литоология и породы-коллекторы нефтегазовых отложений СССР*. М.: ИГиРГИ. 1985.

Мормышев В.В., Завьялец А.Н. *Схема строения и обоснование режима разработки пласта Ю0 Салымского месторождения. Особенности подсчета запасов нефти в баженовских отложениях Западной Сибири*. Тюмень: СибНИИП. 1985.

Несмеянов С.А. *Инженерная геотектоника*. М.: Наука. 2004.

Свищев М.Ф., Садыков М.М. и др. Гидродинамические особенности продуктивных пластов баженовской свиты Салымского месторождения. *Тр. Гипротоменьнефтегаз*. №35. 1974. 161-171.



В целях дальнейшего успешного развития научно-технической и инновационно-технологической деятельности Российской Федерации, Республики Татарстан, г. Казани предлагается научно-просветительский национальный проект федерального масштаба – создание Международного Центра Науки и Интернет Технологий “Геона” (Geometry of Nature – “GeoNa” – мудрость, восторженность, гордость, величественность), включающий: оригинальной конструкции здание “Геона” – символ будущего Казани, конусообразное (“поверхность Лобачевского”), 59 этажей, высотой 215 м (со шпилем 302 м), современный комплекс конференц-залов с передовым техническим оборудованием (до 4 тыс. мест), Центр Интернет Технологий, Вычислительный центр, 3D Планетарий, обучающий комплекс “Физика-ленд”, активный музей естествознания, научно-просветительскую систему “Сферы Познания”, океанариум с пресноводным сегментом (5 млн. литров), ботанический и ландшафтный оазисы, бизнес-гостиницу – для проведения конгрессов, фундаментальных научных исследований, учебно-просветительских и рекреационно-туристических мероприятий на мировом организационном уровне.

Благодаря новейшим телекоммуникационным системам “Геона” станет не только гармоничным архитектурным ансамблем г. Казани, но и войдет в единое интегрированное информационно-образовательное пространство России. Он будет отличаться применением современных методов и концепций управления, инженерных технологий, использованием высококачественных материалов. Многофункциональный научный и офисно-рекреационный комплекс “Геона” призван стать одним из самых престижных и впечатляющих зданий Казани и одним из самых высоких зданий России.

Один из музеев центра «Путешествие к центру Земли» будет посвящен наукам о Земле, где будут представлены фундаментальные процессы внутри и на поверхности Земли: движение континентов и тектонических плит, вращение жидкого земного ядра и генерация магнитного поля, разрушительные землетрясения и извержения вулканов, цунами и торнадо, образование полезных ископаемых и палеонтология, образование планеты Земля.

Центр Интернет Технологий будет содержать мощный вычислительный центр, современную GRID-систему, 40-гигабитный канал связи для обработки, классификации, трехмерного визуального представления баз данных с временной разверткой на основе современных компьютерных комплексов 3D Vision World Systems.

В рамках проекта планируется проведение Международного научно-экономического форума “Геона” потенциальных инвесторов и спонсоров проекта (27 – 29 июня 2007г., Казань, Казанский госуниверситет, 200 участников), имеющий целью: создание международного научного оргкомитета центра, утверждение Устава центра, избрание исполнительных органов, образование управляющей компании.

**Контакт: Международное партнерство “Геона”**  
**web: <http://www.geona.ksu.ru> e-mail: [geona@ksu.ru](mailto:geona@ksu.ru)**