

Зубов М. С.

Министерство нефтяной промышленности
Главтюменнефтегаз
Сибирский научно-исследовательский институт нефтяной
промышленности (СибНИИП)

ИССЛЕДОВАНИЯ
В ОБЛАСТИ ГЕОЛОГИИ И РАЗРАБОТКИ
НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Тюмень
1982

3. Использование обобщенных зависимостей $P_{\Pi}(K_{\Pi})$ для группы пластов, имеющих близкую глубину залегания и возраст, не только возможно, но является необходимым условием достоверного определения относительного сопротивления.

4. К практическому использованию рекомендуется один из двух месторождений зависимости вида: $P_{\Pi} = I/K_{\Pi}^m$, где m по пластам А, БВ, БС, Ю равен соответственно 1,8; 1,95; 1,85; 1,8.

Литература

1. Леонтьев Е.И., Клишин А.И., Карнаухова Т.И. Районирование продуктивных пластов месторождений Западной Сибири по петрофизическим связям. Геология и разработка нефтяных и газовых месторождений Западной Сибири.—Труды ТИИ, 1981, вып.73, с 131-136.

2. Ильин В.М., Сонич В.П. Влияние термобарических условий залегания пород-коллекторов Среднего Приобья на достоверность подсчетных параметров.—М.: ВНИИОЭНГ, 1980, 56 с.

УДК 553.98 (571.1)

О.Г.Зарипов, В.П.Сонич, М.Ю.Зубков

РЕГИОНАЛЬНАЯ ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ОТЛОЖЕНИЙ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Значительная площадь распространения битуминозных отложений баженовской свиты, их высокая нефтенасыщенность, необычный тип коллектора, огромное общее содержание рассеянных жидких и газообразных углеводородов делают этот объект предметом пристального внимания геологических, нефтедобывающих и планирующих организаций страны [1, 2]. В это же самое время результаты поисково-разведочных работ указывают пока только на единичный характер распределения подвижных скоплений нефти в данных отложениях.

Проведенный анализ результатов испытания скважин более чем на 50 площадях, где по данным исследователей Главтюменьгеологии и ЗапсибНИГНИ получены притоки или нефтепроявления из отложений баженовской свиты, показывает, что на большей части площадей баженов-

ская свита испытана совместно с проницаемыми породами юры или мела. К некачественному испытанию нужно также отнести результаты, где получена вода с нефтью или с нефтяной пленкой, так как фоновое состояние пород свиты, отсутствие подвижной воды, высокое насыщение их углеводородами (УВ), низкая проницаемость матрицы исключают получение притока воды из изучаемых отложений.

В результате проведенной отбраковки сомнительных результатов испытания скважин к площадям, где получены притоки нефти, можно отнести Большой Салым, Ем-Етовскую, Пальяновскую и Мило-Балыкскую площади, а площади Декабрьская, Верхне-Ляминская, Мамонтовская и Муртановская требуют дополнительных исследований для доказательства нефтеносности (рис.1). Доказанные нефтепроявления получены только по площадям, расположенным в основном на территориях Салымского района и Красноленинского свода (см.рис.1).

Из всех открытых залежей промышленный интерес представляет только Салымская площадь. Перспективы данной залежи окончательно еще не выяснены. Оцениваемые различными исследователями извлекаемые запасы нефти разнятся в 10-20 раз.

Такой широкий диапазон оценки извлекаемых запасов, на наш взгляд, объясняется различием используемых методик, недостаточным изучением объекта, отсутствием единого представления о природе образования коллектора и модели залежи. В связи с этим в настоящей работе излагаются результаты обобщения и анализа имеющегося обширного фактического материала, позволившие раскрыть природу коллектора, построить наиболее вероятную модель пласта и выработать критерии выделения перспективных районов на территории развития битуминозных отложений баженовской свиты.

По вещественному составу и текстурно-структурным особенностям отложения свиты имеют неоднородное строение. Доминирующие глинистые битуминозные породы закономерно чередуются с маломощными прослоями и линзами карбонатных и кремнистых образований, а также содержат в себе неравномерно распределенные кремнистые и карбонатные псевдоморфозы, что вызывает часто затруднения в диагностике и правильном наименовании различных типов и разновидностей пород (табл.1). Собственно глинистые породы представлены массивными и микрослоистыми разновидностями.

Массивные глины — порода темно-серого, почти черного цвета, однородного строения, со слабо выраженной плитчатостью. Эти глины являются одной из самых распространенных пород в разрезе баженов-

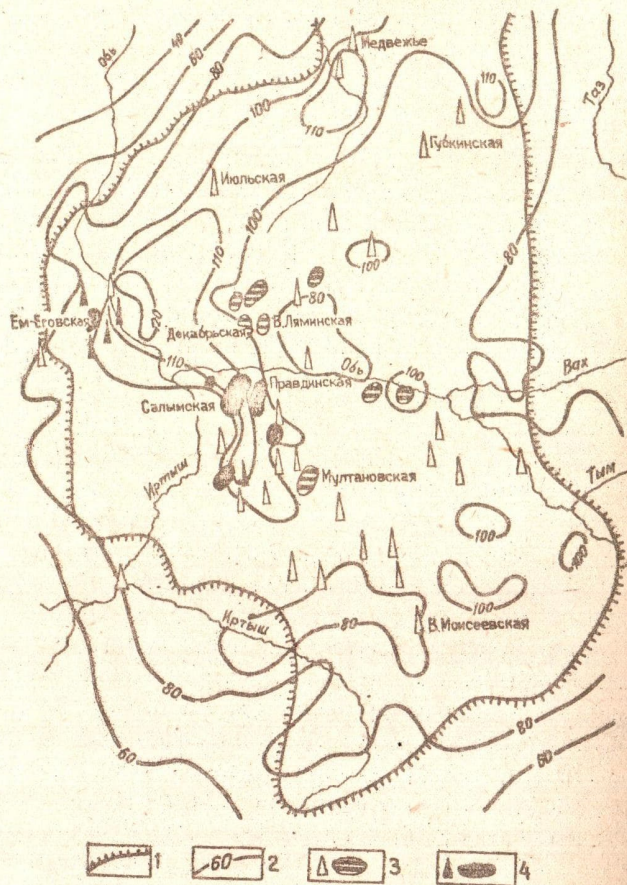


Рис. I. Карта нефтеносности отложений баженовской свиты. 1—граница распространения битуминозных глин баженовской свиты; 2—изотермы в отложениях баженовской свиты; 3—нефтепроявления или притоки нефти, полученные при совместном испытании баженовской свиты с другими продуктивными горизонтами; 4—доказанные нефтепроявления или притоки нефти из отложений баженовской свиты

Таблица I

Типы и разновидности пород баженовской свиты

Типы пород	Разновидности пород	Подвиды глин
Собственно глины	Массивные с однородной текстурой	Алевритистые (5-20%) крупнодисперсные
	Микрослоистые	Слабоалевритистые (5-10%) крупнодисперсные Полосчато-волнисто-слоистые крупнодисперсные Тонкоотмученные с оптически ориентированной микротекстурой
Глины кремнистые, обогащенные зоо-фитоморфозами халцедона (или радиоляриты)	Массивные Слоистые	
Глины известковистые и мергели		
Известняки	Пелитоморфные Кристаллические с реликтовой органической структурой	

ской свиты и характеризуются сравнительно высокой алевритистостью (5-20%) (табл. 2).

Глины микрослоистые, чаще тонкоотмученные, реже алевритистые, содержат до 5-7, редко до 10%, алевритовой примеси. Повышение алевритовой примеси в них отмечается на Нижневартовском, Александровском, Каймысовском, Северном сводах и на Медвежье-Ямбургском мегавале. Слоистость этих глин обусловлена чередованием тончайших глинистых линзовидных прослоек (0,01-0,5 мм) с такими же линзочками и прослойками ОВ.

Таблица 2

Соотношение различных типов пород баженовской свиты Среднего Приобья

Площадь	Породы, %					
	Глины			Радио- ляриты	Известко- вистые глины и мергели	Извест- няки
	алеври- тистые	массив- ные	микро- слоис- тые			
Салымская	6,0	68,0	13,0	-	13,0	-
Западно-Салымская	6,0	75,0	10,0	6,0	3,0	-
Верхне-Салымская	5,0	52,0	15,0	10,0	7,0	11,0
Мултановская	2,0	64,0	14,0	8,0	20,0	4,0
Путлунская	-	62,0	8,0	30,0	-	-
Правдинская	11,0	25,0	28,0	6,0	22,0	8,0
Мамонтовская	12,0	39,0	26,0	10,0	11,0	-
Кжно-Сургутская	-	24,0	69,0	-	-	7,0
Федоровская	13,0	43,0	15,0	11,0	11,0	-
Когольинская	-	60,0	30,0	-	-	10,0
Покамасовская	10,0	37,0	34,0	9,0	-	10,0
Михайская	41,0	6,0	41,0	4,0	8,0	2,0
Северо-Ватинская	66,0	-	10,0	24,0	-	-
Нижневартовская	29,0	-	34,0	8,0	29,0	-
Среднее по Большому Салыку	3,2	60,6	12,9	12,0	28,1	2,2
Среднее по Сургут- скому своду	12,0	40,0	35,0	6,0	8,0	8,0
Среднее по Нижне- вартовскому своду	37,0	11,0	29,0	11,0	9,0	2,0

Остальные типы пород: радиоляриты, глины известковистые, мергели и известняки - в разрезе баженовской свиты встречаются в основном в виде маломощных линз и прослоев с видимой мощностью в ней не скважин не более 40-50 см (см. табл. 2).

Сопоставление литологических разрезов по Салымскому месторождению показало, что разные типы и разновидности пород не могут быть коррелированы даже между соседними скважинами, отстоящими друг от друга на первые километры [9], что позволяет предполагать сложное линзовидное строение пласта K_0 , где линзы пород близкого литологического состава тяготеют к определенному интервалу пласта.

Преобладающими глинистыми минералами в породах свиты являются смешанослойные образования ряда гидрослюда-монтмориллонит и гидрослюда. Остальные глинистые минералы (хлорит, монтмориллонит и др.) присутствуют в виде примесей. Смешанослойные образования содержат различное число набухающих пакетов от 20 до 80%.

Глины баженовской свиты по степени преобразования находятся в зоне среднего катагенеза на стадии уплотненных глин [10]. Слабая же размокаемость глин объясняется фоновым состоянием поверхности частиц и цементацией хемогенным веществом.

В результате анализа всего объема исследований на Салымской и других площадях Западной Сибири выявлены следующие особенности строения и свойств пород баженовской свиты, отмечаемые и другими исследователями [1-12].

1. Высокое содержание органического вещества (7-14%), максимум которого приурочен к Сургутскому своду (рис. 2).

2. Достаточно широкое распространение глинистых пород с тонко-слоистой текстурой вследствие послойного распределения линзочек сапропелевого органического материала.

3. Аномально высокие пластовые давления (АВД) в залежах, где получены высокие дебиты нефти.

4. Приуроченность скважин с притоками нефти и с нефтепроявлениями к зонам повышенных температур (см. рис. 1).

5. Линзовидный характер распределения проницаемых зон в залежи Салымского месторождения, что подтверждают результаты гидропрослушивания, проведенного в 8 парах скважин.

6. Аномально высокие значения кажущегося электрического сопротивления, достигающего нескольких тысяч Ом, определяемое степенью насыщения пор УВ, что особенно характерно для территории центральной части Западно-Сибирской плиты (см. рис. 2).

7. Фоновое состояние глинистых пород свиты при их высоком насыщении УВ.

8. Низкие значения емкостных и, особенно, фильтрационных свойств пород.

9. Изменчивость коэффициента продуктивности. При снижении пластового давления в залежи на 10-15 МПа наблюдается тенденция к росту коэффициента продуктивности в результате дренирования призабойной зоны пласта, а при дальнейшем падении пластового давления к снижению.

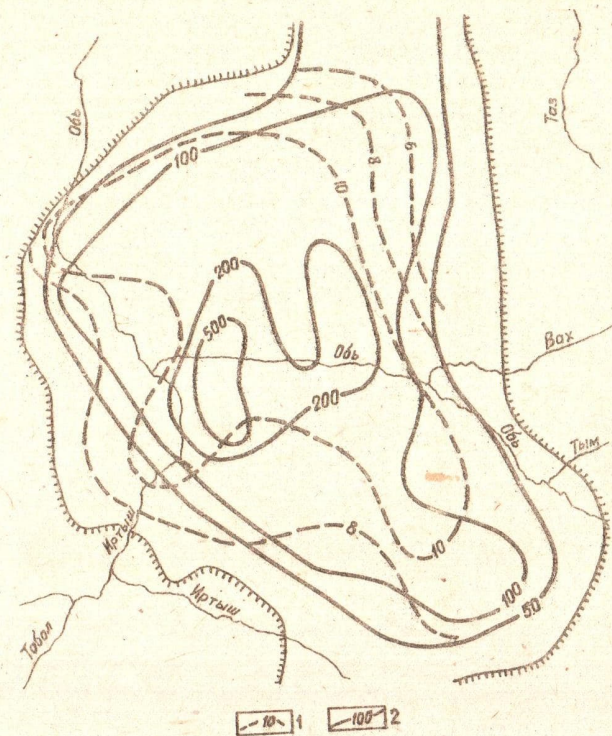


Рис.2. Карта содержания органического материала и кажущегося электрического сопротивления пород баженовской свиты. 1-линия равных содержаний $C_{орг}$; 2-линия равных кажущихся электрических сопротивлений

Ю. Соответствие поведения пласта Ю₀ Салымского месторождения в процессе испытаний и пробной эксплуатации порово-трещинному коллектору.

На основании выявленных особенностей строения и свойств пород, механизм образования коллектора в баженовской свите, на наш взгляд, представляется следующим образом:

Генерация УВ в зоне глинной фазы нефтеобразования (ГФН) в глинистых породах баженовской свиты сопровождалась резким увеличением

порового давления и возникновением anomalно высоких поровых давлений (АВПОД). Этому способствовало в основном проявление капиллярных сил в поровых каналах, заполненных первоначально водой. Последнее было тем выше, чем большие воздействия оказывали противодействующие движению УВ капиллярные силы, зависящие от радиуса поровых каналов.

Радиус поровых каналов в тонкоотмученных микрослоистых глинах свиты в интервале глубин от 1000 до 3000 м изменяется в среднем от 50 до 200 Å соответственно, а в массивных алевролитистых глинах - от 800 до 200 Å [12]. При таких размерах поровых каналов, согласно общеизвестной формуле $P_K = \frac{2\sigma \cos\alpha}{r}$, величина капиллярного давления для тонкоотмученных глин для глубин 1000 и 3000 м составит в среднем соответственно 12 и 25 МПа, а для алевролитистых глин чаще всего лишь 10 и 25 атм. АВПОД в центрах генерации УВ может превышать горное давление только в тонкоотмученных глинах до глубины 2200 м, а для других же глинистых пород с большими размерами поровых каналов АВПОД будет на всех глубинах меньше горного давления (рис.3).

При превышении давления углеводородов над поровым, т.е. (первоначально пластовым гидростатическим) на величину, превышающую капиллярное давление, происходило вытеснение поровой воды нефтью, т.е. начиналась пропитка глин углеводородами. Если же создавшееся поровое давление в очагах генерации превышало горное давление, то по ослабленным направлениям происходило образование автомикроразрывов пород. Подобные условия могли возникнуть в основном только в тонкоотмученных глинах, особенно в микрослоистых их разностях. Слоистая текстура глин при малых радиусах поровых каналов способствовала образованию автомикроразрывов, главным образом, по элементам слоистости. Авторазрыв пород мог происходить не только в линзах органического вещества под воздействием АВПОД, но и на границе отложения баженовской свиты с экранирующими глинистыми породами при условии, если размер поровых каналов в последних был способен сдерживать напор генерирующихся УВ и создать в баженовской свите пластовое давление, превышающее горное. Зона дробления пород при таком авторазрыве может составлять десятки сантиметров, возможно, даже и метры. Данное предположение подтверждается наличием раздробленных интервалов пород в кровле или подошве баженовской свиты, выделяемые как по керну, так и по результатам бурения (повышенные скорости, понижение раствора и др.).

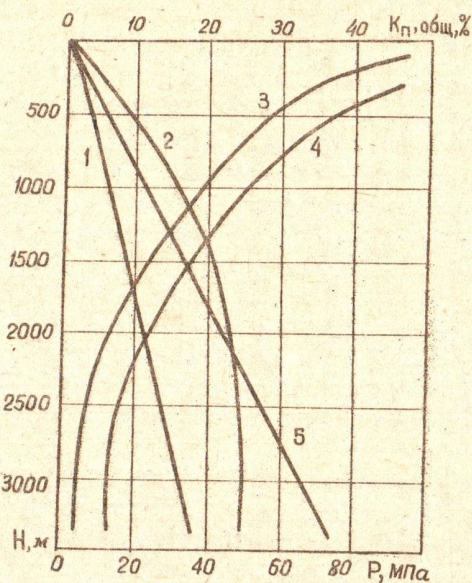


Рис.3. Изменения свойств пород баженовской свиты и ее аналогов от глубины залегания. 1-максимально возможные значения АВЮД в сильно алевроитистых глинах; 2-то же в тонкоотмученных глинах; 3,4-значения общей пористости соответственно в максимально уплотненных тонкоотмученных и сильноалевроитистых глинах; 5-изменение горного давления

Используя данные из работы [13], можно определить количество образовавшихся битумоидов в отложениях баженовской свиты от оурогольной до газовой стадии катагенеза. Принимая средние значения общей пористости за 10%, получим, что стопроцентная нефтенасыщенность пород будет достигаться в их разновидностях с содержанием исходного органического вещества около 14%. При более высоких концентрациях органического вещества объем генерируемой нефти превысит объем существующих пор. В этом случае произойдет нефтеразрыв пород или прекращение генерации углеводородов вследствие резкого повышения давл-

ния (принцип Ле-Шателье). Следует отметить, что в расчетах мы не учитывали образующиеся наряду с углеводородами такие газы, как CO_2 , CO , H_2 , N_2 и воду, поэтому критические значения исходного органического вещества окажутся несколько ниже 14%.

Трещиноватость пород баженовской свиты в какой-то мере могла обуславливаться неоднородностью строения и как следствие неравномерным уплотнением различных типов пород. Последнее способствовало возникновению механических напряжений на границах прилегающих линз разного состава и, следовательно, с разными прочностными свойствами, что вызывало растрескивание пород в этих участках. Вполне естественно, что породы с прочным скелетом (известняки, радиоляриты) могли принять на себя часть нагрузки, обусловленной горным давлением вышележащих пород, и создавать участки, благоприятные для развития разуплотненных, а, возможно, и трещиноватых пород.

Приведенные данные позволяют предполагать, что основными необходимыми условиями для образования коллектора в отложениях баженовской свиты является возникновение АВЦД на ранней стадии захоронения осадка на глубине 1,5-2,0 км, требующее для своего образования благоприятного сочетания таких факторов, как достаточно высокое содержание ОВ; высокая степень его метаморфизма; наличие в разрезе тонкоотмученных микрослоистых глин; надежная изоляция свиты от проницаемых толщ; термодинамические условия, способствующие интенсификации нефтегазообразования (повышенные значения температуры и давления); относительно малые размеры поровых каналов (10-30 \AA). Вне зависимости друг от друга указанные факторы не контролируют возникновение и сохранение залежей нефти в баженовской свите.

Рассмотрение районов проявления стдельных факторов, определяющих возникновение и сохранение коллекторов в баженовской свите, позволило их разделить на региональные и локальные.

К региональным факторам относятся: содержание ОВ, степень его метаморфизма и нефтенасыщенность (минимально необходимое содержание УВ).

Локальными факторами являются: наличие в разрезе тонкоотмученных слоистых глин; изоляция свиты от проницаемых пород; термодинамические условия, способствующие интенсификации нефтеобразования (температура выше 100 $^{\circ}\text{C}$, а горное давление выше 30 МПа).

Изложенный вероятный механизм образования коллектора, модель пласта Ю₀, а также проведенный анализ границ развития факторов, контролирующих образование и сохранение залежей нефти в отложениях бажено-

новской свиты, достаточно ясно объясняют особенности распределения коллекторов и залежей на отдельных площадях и на всей территории низменности. При этом территории, где наблюдается совпадение всех перечисленных факторов, можно уверенно отнести к перспективным. Выделенная нами перспективная зона охватывает Салымский район, Красноленинский свод и, возможно, центральные части Ханты-Мансийской и Надымской впадин (рис.4).

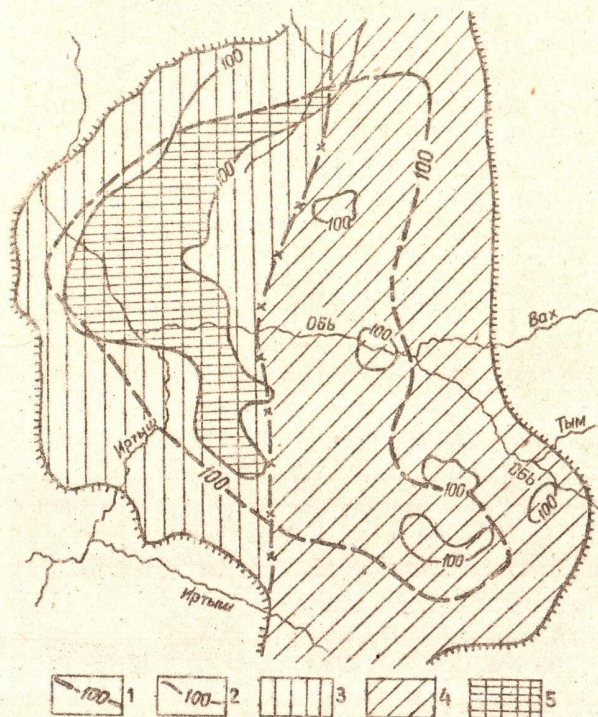


Рис.4. Карта критериев нефтеносности отложений баженовской свиты. 1-линия кажущегося электрического сопротивления более 100 Ом; 2-изотерма более 100°C; 3-зона экранирования отложений свиты непроницаемыми глинистыми породами; 4 - зона развития контакта отложений свиты с проницаемыми песчано-алевритовыми породами; 5-зона высокой перспективности отложений баженовской свиты

Таким образом, по приведенным критериям оценки перспектив площадь возможного обнаружения промышленных скоплений нефти в отложениях баженовской свиты составляет только 7-10% от территории развития ее сильно битуминозных пород. Однако при этом не исключается полностью возможность получения нефтепроявлений и на неперспективных землях, где в узких границах будут соблюдаться необходимые условия для образования коллектора, но они будут носить в основном локальный характер.

Литература

1. Гурари Ф.Г. О залежах углеводородов в глинистых толщах. - Труды института геологии и геофизики АН СССР, Новосибирск, Недр, 1981, вып.313, с.105-116.
2. Гурари Ф.Г. Об условиях накопления и нефтеносности баженовской свиты. - Труды СНИИГТМСа, 1979, вып.271, с.153-160.
3. Клуцова Т.Т., Климушина Л.П. Коллекторы баженовской свиты Западной Сибири. Условия образования и нефтегазоносность. - В кн. Геология, стратиграфия и полезные ископаемые Сибири. Томск, 1979, с.164-187.
4. Крылов Н.А., Корнев Б.В., Козлова М.И. Особенности размещения залежей нефти баженовской свиты в районах Среднего Приобья. - В сб.: Закономерности формирования и размещения нефтяных и газовых месторождений. Труды ИГиРГИ, М., 1978, вып.16, с.44-55.
5. Микуленко К.И. Перспективы нефтегазоносности отложений баженовской свиты центральных и южных районов Западно-Сибирской платформы. - Труды СНИИГТМСа, М., 1974, вып.194, с.37-41.
6. Новоков Г.Р., Салманов Ф.К., Тянь А.В. Перспективы открытия крупных залежей нефти в трещиноватых аргиллитах баженовской свиты. Нефть и газ Тюмени, 1970, № 7, с.1-3.
7. Трофимук А.А., Каргодин Ю.Н. Баженовская свита - уникальный природный резервуар нефти. - Геология нефти и газа, 1981, № 4, с.23-33.
8. Халимов Э.М., Мелик-Пашаев В.С. О поисках промышленных скоплений нефти в баженовской свите. - Геология нефти и газа, 1980, № 6, с.19.

9. Зарипов О.Г., Сонич В.П., Юсупов К.С. Модель пласта Ю₀ баженовской свиты. — Труды ИГиРГИ, Нефтеносность баженовской свиты Западной Сибири, 1980, с. 57-67.

10. Добрынин В.М., Мартинов В.Г. Коллекторы нефти в нефтематеринских глинистых толщах. — Геология нефти и газа, 1979, № 7, с. 36-43.

11. Зарипов О.Г., Нестеров И.И. Закономерности размещения коллекторов в глинистых отложениях баженовской свиты и ее возрастных аналогов в Западной Сибири. — Сов. геология, 1977, № 3, с. 19-25.

12. Быков Л.А., Каптелинин Н.Д., Сонич В.П., Юсупов К.С. Особенности строения коллекторов нефти пласта Ю₀ баженовской свиты. — Труды СибНИИП, Тюмень, 1978, вып. 12, с. 16-33.

13. Конторович А.Э., Нестеров И.И., Салманов Ф.К., Штильман К.А. Нефтяные и газовые месторождения Западной Сибири. — М.: Недра, 1971, 463 с.

УДК 553.983 (571.1)

М.Ю. Зубков, О.Г. Зарипов

К ГЕОХИМИИ ФОРМИРОВАНИЯ БИТУМИНОЗНЫХ ПОРОД БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ

Реконструкция геохимических условий осадконакопления и диагнеза осадков баженовской свиты (волжский ярус-берриас), кроме теоретического, представляет определенный практический интерес, так как способствует пониманию закономерностей становления нефтематеринской породы и в какой-то мере особенностей пространственного распределения скоплений углеводородов (УВ).

Индикаторами геохимической обстановки осадкообразования и диагнеза верхнеюрских битуминозных отложений служит целый ряд аутигенных образований, в особенности минералы железа, урана, кремнистые и карбонатные новообразования.

Битуминизация преимущественно глинистые отложения баженовской свиты, по мнению большинства исследователей [1] образовались в относительно спокойной тектонической обстановке, в эпиконтинентальном водоеме с некомпенсацией прогибания дна. Волжский палеобассейн имел низменные заболоченные берега, с континента приносились в основном продукты глубокого химического выветривания (кремнезем и карбонаты) и терригенная взвесь пелитовой размерности. Влажающие в морской бас-

сейн континентальные воды характеризовались высоким содержанием растворенного гумусового органического вещества (ОВ), послужившего продуктом питания развивающегося в морском бассейне планктона [2].

Недокомпенсация бассейна осадконакопления, отсутствие активного перемещения и, следовательно, аэрация воды способствовали возникновению в придонных водах халистатических частей волжско-берриасского моря обстановки сероводородного заражения, благоприятной, по данным исследователей [3] для захоронения ОВ в слабофоссилизированном виде.

Возникновению обстановки сероводородного заражения способствовало пышное развитие сульфатредуцирующих микроорганизмов (СРМ), которые селились в иловых осадках, особенно на участках, сильно обогащенных органическим веществом.

Жизнедеятельность СРМ [4] сопровождается выделением сероводорода, углекислоты и спиртов, которые при взаимодействии с морской водой понижают pH среды до кислой. Окислительно-восстановительный потенциал при этом понижается до 0,4 и ниже. Подобная обстановка является весьма благоприятной для растворения твердых карбонатных компонентов осадка (включая и карбонатные раковины) и садки ранее растворенного кремнезема. Образовавшийся сероводород при этом восстанавливает окисные соединения железа и марганца до сульфидных и способствует возникновению глобулярного пирита вблизи органических включений в раковинах радиолярий в остатках ихтиофауны и других организмов.

Одновременно с СРМ в иловых водах обычно присутствуют и метанообразующие микроорганизмы (МОМ). Подобный симбиоз названных микроорганизмов вполне объясним, так как продукты жизнедеятельности СРМ (углекислота, спирты) служат питательной средой для МОМ и содержание этих компонентов предопределяет интенсивность развития последних. По этой причине развитие СРМ всегда будет опережать и отчасти обуславливать активность МОМ.

МОМ, как уже упоминалось, потребляя углекислоту и спирты, обуславливают повышение pH среды. Щелочная среда, как известно, способствует осаждению карбонатов из иловых растворов и растворению кремнезема иловых осадков, а также раковин кремнистых микроорганизмов.

Отсюда следует, что преимущественное развитие в осадках того или иного вида рассмотренных микроорганизмов приведет к мозаичному распределению в интерстициях pH и Eh условий и, следовательно, к различиям в интенсивности и характере аутигенного минералообразования в различных участках породы.