

**ПРОГНОЗ ЗОН ГЕНЕРАЦИИ ЖИДКИХ И ГАЗООБРАЗНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ
В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ВИЛЮЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ
(НА ПРИМЕРЕ СВЕРХГЛУБОКОЙ СКВАЖИНЫ СРЕДНЕВИЛЮЙСКАЯ-27)**

Александр Николаевич Фомин

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, доктор геолого-минералогических наук, зав. лабораторией геохимии нефти и газа, тел. (383)330-93-26, e-mail: FominAN@ipgg.sbras.ru

Кирилл Васильевич Долженко

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, младший научный сотрудник, тел. (913)012-70-96, e-mail: DolzhenkoKV@ipgg.sbras.ru

Василий Николаевич Меленевский

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, тел. (383)335-64-25, e-mail: MelenevskyVN@ipgg.sbras.ru

Исследовано рассеянное органическое вещество верхнепалеозойских отложений в сверхглубокой скважине Средневилюйская-27: содержание органического углерода в породах; отражательная способность витринита; пиролитические характеристики органического вещества (H_I , T_{max}). По этим материалам уточнены градации катагенеза и глубинные границы зон генерации углеводородов.

Ключевые слова: содержание органического углерода, катагенез, пиролитические характеристики, Вилюйская синеклиза, перспективы нефтегазоносности.

**PREDICTION OF LIQUID AND GASEOUS HYDROCARBONS GENERATION
AREAS IN THE CENTRAL PART OF VILUY SYNECLISE
(THROUGH THE EXAMPLE OF SREDNEVILYUISKAYA-27 SUPERDEEP WELL)**

Alexander N. Fomin

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Koptuyug Prospect 3, Doctor of Science, Head of the Laboratory of oil and gas geochemistry, tel. (383)330-93-26, e-mail: FominAN@ipgg.sbras.ru

Kirill V. Dolzhenko

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Koptuyug Prospect 3, Junior Research Scientist, tel. (913)012-70-96, e-mail: DolzhenkoKV@ipgg.sbras.ru

Vasiliy N. Melenevsky

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Koptuyug Prospect 3, Ph. D., Senior Research Scientist, tel. (383)335-64-25, e-mail: MelenevskyVN@ipgg.sbras.ru

Dispersed organic matter of Upper Paleozoic sediments from Srednevilyuiskaya-27 superdeep well is investigated: organic carbon content in the rocks; vitrinite reflectance; pyrolytic characteris-

tics of organic matter (HI, T_{max}). Katagenesis gradation and deep zones of hydrocarbon generation borders were elaborated with this data.

Key words: organic carbon content, katagenesis, pyrolytic characteristics, Viluy syncline, petroleum potential.

В связи со сравнительно хорошей изученностью верхней части осадочного чехла Вилу́йской синеклизы весьма актуальны поиски залежей углеводородов (УВ) в его глубоких горизонтах. Для изучения геологического строения и оценки перспектив нефтегазоносности глубокопогруженных толщ этого района в 1984-1986 гг. была пробурена самая глубокая на тот момент в Сибири скв. Средневилу́йская-27, вскрывшая мощный разрез перми и остановленная в каменноугольных отложениях на глубине 6519 м [3]. В конце 1980-х годов были опубликованы первые результаты исследования рассеянного органического вещества (ОВ) верхнепалеозойских отложений Вилу́йской синеклизы на больших глубинах [1, 2, 4, 6]: содержание органического углерода в породах; отражательная способность витринита и границы катагенетических зон; коэффициент битуминозности; характер генерации и деструкции углеводородов с ростом катагенеза; генетическая природа ОВ.

В настоящей работе на более обширном материале (70 образцов керна из скв. Средневилу́йская-27) показано распределение органического углерода ($C_{\text{орг}}$) в различных литологических типах пород и изменение пиролитических характеристик ОВ (S_1 , S_2 , HI, T_{max}) вниз по разрезу для каждой из свит в интервале глубин 3370-6458 м, уточнены границы градаций катагенеза по отражательной способности витринита (R_{vt}^0).

Для рассмотрения геохимических критериев органического вещества исследуемого разреза необходимо прежде всего знать содержание органического углерода в породах. Распределение этого параметра в верхнепалеозойских толщах достаточно неравномерно по разрезу, но в целом выдержано по литологическим типам пород. В отложениях верхнего карбона – нижней перми установлены следующие средние содержания $C_{\text{орг}}$: аргиллиты (2,0 %), алевроаргиллиты (1,37 %) и песчаники (0,15 %). Близкие значения получены и для верхней перми: аргиллиты (2,27 %), алевролиты (2,0 %), алевроаргиллиты (1,9 %) и песчаники (0,2 %).

Рассмотрим теперь содержания органического углерода для каждой толщи (свиты) в скв. Средневилу́йская-27. В кюндейской толще отмечаются довольно высокие значения $C_{\text{орг}}$ (среднее – 2,68 %, минимальное – 0,84 %, максимальное – 3,9 %), поскольку почти все образцы приурочены к ее глинистой части. Харый-асская толща – среднее значение $C_{\text{орг}}$ равно 1,6 % (вариации 0,45-3,44 %). Наибольшие содержания отмечаются в ее середине, где, судя по литологической колонке, преобладают глинистые разности, а низкие значения $C_{\text{орг}}$ приурочены к песчаникам. В хому́стахской толще среднее содержание $C_{\text{орг}}$ равно 1,56 % (вариации 1,15-1,88 %). Следует отметить, что из толщи мощностью порядка 400 м исследованы всего 4 образца, поэтому достоверно судить о содержании

$C_{орг}$ в породах свиты сложно, поскольку в наиболее глинистой ее части пробы не удалось отобрать. Судя по материалам ГИС, мощности глинистых пластов довольно значительные (в них обычно значения $C_{орг}$ высокие). В кубалангдинской толще среднее содержание $C_{орг}$ составляет 3,05 %, но оно может быть только вероятностной, поскольку подсчитано по 3-м образцам из верхних горизонтов (значения 6,51, 1,44 и 1,22 %). В харбалахской толще концентрации $C_{орг}$ варьируют в пределах 0,16-2,22 % (среднее 1,65 %). Минимальное содержание установлено в песчанике. Отмечается выдержанность параметра (в средней части толщи $C_{орг}$ порядка 2,0 %, в нижней – 1,5 %), связанная с изменением литологического состава. Чочосская свита – среднее значение $C_{орг}$ 1,6 % (0,6-3,0 %). Наблюдается снижение содержания ОВ от ее верхней части (1,5-3,0 %) к подошве (~1,0 %), обусловленное, судя по литологической колонке, последовательной сменой состава пород. В юнкюрской толще из-за преобладания песчаников концентрации $C_{орг}$ довольно низкие (среднее 0,5 %, вариации 0,1-1,4 %). Юрэнская толща – среднее значение $C_{орг}$ 1,4 % (0,1-2,5 %), но эти данные получены всего по 4 образцам.

При оценке перспектив нефтегазоносности седиментационных бассейнов и выяснении условий образования и сохранения залежей углеводородов важное значение имеет оценка уровня катагенеза ОВ во вмещающих толщах. Для этого по отражательной способности витринита уточнены на более обширном материале выделенные ранее [1, 2, 4, 6] границы возможной нефтегазоносности верхнепалеозойских отложений Вилюйской синеклизы (на примере сверхглубокой скв. Средневилюйская-27) – рисунок. В кюндейской толще отражательная способность витринита (R_{vt}^0) составляет 1,03-1,05 % (середина градации МК₂). Это переходная стадия генерации, на которой прекращается формирование жидких углеводородов и начинается генерация жирного газа. В харыйаской толще R_{vt}^0 изменяется от 1,05 до 1,32 % (середина градации МК₂ – середина МК₃¹). Оценка степени преобразованности ОВ хомустахской толщи носит вероятностный характер, так как имеется только два замера отражательной способности витринита в кровле толщи (1,42 и 1,37 %, градация МК₃¹). Но учитывая тот факт, что в кровле нижележащей толщи R_{vt}^0 равна 1,51 %, уровень зрелости органического вещества хомустахской толщи также не превышает МК₃¹. Оценка преобразованности кубалангдинской толщи проводится аналогично вышележащей, так как здесь имеются только два одинаковых по значению замера R_{vt}^0 в кровле толщи (1,51 %, конец градации МК₃¹). Учитывая, что в кровле нижележащей толщи R_{vt}^0 равен 2,21 %, то ОВ кубалангдинской толщи соответствует грациям МК₃² – АК₁. В харбалахской толще отражательная способность витринита изменяется от 2,21 до 3,36 % (середина АК₁ – конец АК₂). Начиная с чочосской свиты и до нижних горизонтов юрэнской отражательная способность витринита составляет 3,78-4,8 %, что соответствует градации АК₃. Эти толщи объединены в одну группу, так как в отложениях с $R_{vt}^0 > 3,5$ % отсутствуют скопления углеводородов.

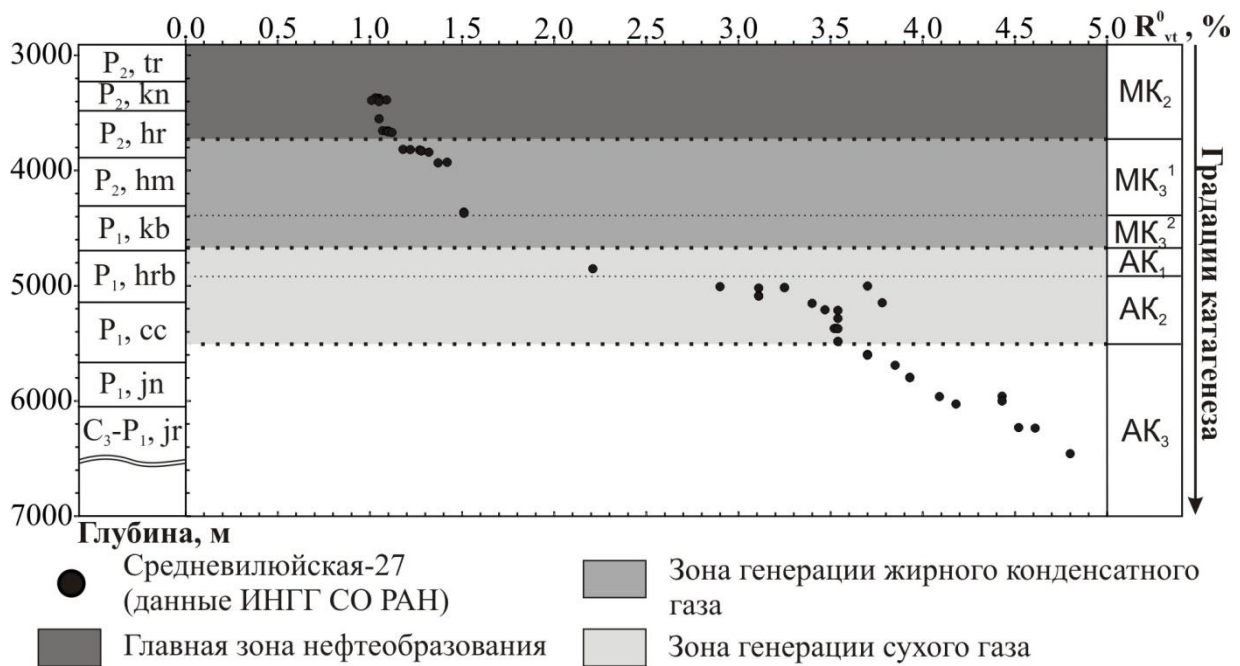


Рис. Изменение отражательной способности витринита (R_{vt}^0) с глубиной в верхнепалеозойских отложениях скв. Средневилюйская-27

В работе использованы также пиролитические данные: водородный индекс (НИ) для оценки нефтегенерационного потенциала органического вещества и температура максимальной скорости выделения углеводородов (T_{max}) для диагностики уровня его зрелости. В кюндейской, харыйасской, хомустахской, кубалангдинской, харбалахской толщах остаточный генерационный потенциал (НИ) изменяется в пределах 50-200 мгУВ/гС_{орг} и характеризует исходное ОВ как террагенное. Из сравнения показателя НИ со стадиями катагенеза по R_{vt}^0 видно, что относительно высокий остаточный генерационный потенциал приурочен к толщам с уровнем зрелости ОВ градаций МК₂-МК₃¹. Для нижележащих толщ (чочосская, юнкюрская, юрэнская) НИ приближается к нулю. С ростом катагенеза постепенно увеличиваются значения T_{max} . Сравнение этого параметра с R_{vt}^0 показало высокую степень корреляции между ними, т. е. по T_{max} также можно достаточно надежно проводить диагностику уровня зрелости ОВ.

По пиролитическим характеристикам дана полуколичественная оценка генерационного потенциала посредством «генетического потенциала» (S_1+S_2 , кг/т), предложенного Тиссо Б. и Вельте Д. [5]. К толщам, ОВ которых еще способно к генерации УВ, отнесены кюндейская, харыйасская, хомустахская, кубалангдинская, харбалахская (табл.), слагающие разрез верхнепалеозойских отложений в скв. Средневилюйская-27 до глубины 5148 м.

Судя по показанным выше данным (R_{vt}^0 , НИ), органическое вещество кюндейской, харыйасской, хомустахской, кубалангдинской и харбалахской толщ на глубинах 3370-4853 м способно к генерации углеводородов. Остаточный генерационный потенциал здесь изменяется в пределах 50-200 мгУВ/гС_{орг} и характеризует исходное ОВ как террагенное. Нижнюю границу главной зоны нефте-

образования можно предположить на глубине порядка 3,6 км (R_{vt}^0 -1,1 %, среднее НІ на зону 150 мгУВ/гС_{орг}) в кровле харыйасской толщи, а глубинной зоны газогенерации – 4,9 км (R_{vt}^0 -2,5 %, НІ в среднем 60 мгУВ/гС_{орг} на зону) в кровле харбалахской толщи.

Таблица

Генетический потенциал в исследуемых толщах

Толща	"Генетический потенциал"	Категория по "генетическому потенциалу"
P ₂ , kn, кюндейская	(3,1-7,7)/ 4,5	умеренный потенциал
P ₂ , hr, харыйасская	(0,3-5,2)/ 2	умеренный потенциал
P ₂ , hm, хомустахская	(0,8-1,2)/ 1,1	небольшой газовый потенциал
P ₁ , kb, кубалангдинская	(0,4-4,3)/ 1,7	умеренный потенциал
P ₁ , hrb, харбалахская	(0,1-0,2)/ 0,2	минимальный потенциал
P ₁ , cc, чочосская	<0,16	нет
P ₁ , jn, юнкюрская	<0,12	нет
C ₃ -P ₁ , jr, юрэнская	<0,13	нет

Примечание: в числителе вариации значений, в знаменателе – среднее.

В нижележащих отложениях генерационный потенциал практически исчерпан (НІ порядка 10 мгУВ/гС_{орг} на весь интервал). Судя по изотопному составу органического углерода ($\delta^{13}C$ -21,8-26,9 ‰), верхнепалеозойские толщи содержат террагенное (гумусовое) органическое вещество, способное генерировать преимущественно газообразные УВ. К тому же при таком довольно высоком катагенезе (градации МК₂-АК₂) в этих отложениях могли сохраниться в основном скопления газа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бодунов Е.И., Зуева И.Н., Каширцев В.А., Уткина Н.А., и др. Преобразование органического вещества пермских и каменноугольных отложений Вилюйской синеклизы на больших глубинах // Нефтегазоносность и вопросы освоения месторождений нефти и газа Якутии. - Якутск: ЯНЦ СО АН СССР, 1990. - С. 58-69.
2. Конторович А.Э., Полякова И.Д., Колганова М.М., Соболева Е.И. Превращения органического вещества в мезо- и апокатагенезе // Советская геология. - 1988. - №7. - С. 26-36.
3. Нефтегазоносные бассейны и регионы Сибири: Лено-Вилюйский бассейн / Под ред. А.Э. Конторовича. - Новосибирск, 1994. - 107 с.
4. Перозио Г.Н., Полякова И.Д., Богородская Л.И., Соболева Е.И. Закономерности катагенеза органического вещества и вмещающих пород // Геология и геофизика. - 1981. - № 9. - С. 11-16.
5. Тиссо Б., Вельте Д. Образование и распространение нефти. - М.: Мир, 1981. - С 411-415.
6. Фролов В.И., Сяндюков Ш.А., Бакин В.Е. О катагенезе органического вещества глубоких горизонтов центральной части Вилюйской синеклизы // Доклады АН СССР. Сер. геол. - 1987. - Т. 297. - № 2. - С. 442-444.

© А. Н. Фомин, К. В. Долженко, В. Н. Меленевский, 2016