

АНАЛИЗ ВЫРАБОТКИ НИЗКОПРОДУКТИВНЫХ ЗАПАСОВ НЕФТИ ГОРИЗОНТА ВИКИНГ (ЗАПАДНАЯ КАНАДА) ГОРИЗОНТАЛЬНЫМИ СКВАЖИНАМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГРП

Т.Б. Баишев

Райдер Скотт – Канада, Калгари, Канада

E-mail: timour_baichev@ryderscott.com

Добыча нефти из горизонта Викинг в провинции Саскатчеван ведется с 50-х годов прошлого века. Развитие технологии горизонтального бурения в сочетании с гидроразрывом пласта вдохнуло новую жизнь в эксплуатацию этого горизонта. На примере нескольких месторождений показаны сравнительные результаты разработки горизонта Викинг вертикальными и горизонтальными скважинами. Бурение горизонтальных скважин позволило нарастить добычу нефти в тех зонах горизонта, которые считались ранее преимущественно газонасыщенными, а также в зонах нагнетания воды вертикальными скважинами с целью поддержания пластового давления. Уплотнение системы размещения скважин в сочетании с удлинением горизонтального ствола также положительно сказалось на выработке запасов нефти из горизонта Викинг.

Ключевые слова: горизонт Викинг, горизонтальные скважины, провинция Саскатчеван

DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.19.3.5>

Для цитирования: Баишев Т.Б. Анализ выработки низкопродуктивных запасов нефти горизонта Викинг (западная Канада) горизонтальными скважинами с применением ГРП. *Георесурсы*. 2017. Т. 19. № 3. Ч. 1. С. 182-185. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.19.3.5>

Горизонт Викинг распространяется от восточной части центральной Альберты до запада центральной части Саскатчевана и в наибольшей части сконцентрирован в районе месторождений Dodsland и Kindersley в провинции Саскатчеван и месторождений Halkirk-Provost в провинции Альберта. По оценкам канадских экспертов запасы нефти в этом горизонте составляют от 3-4 до 6 миллиардов баррелей нефти. Добыча нефти из этого горизонта была начата в начале 50-х годов прошлого века, однако получила «второе дыхание» с развитием технологии горизонтального бурения в сочетании с многостадийным гидроразрывом пласта.

Этот горизонт, который фактически расположен на большей части территории Саскатчевана, состоит из переслаивающихся мелкозернистых песчаников, алевролитов и аргиллитов разделенных двумя прослоями глин. Верхний слой имеет в среднем толщину от 2 до 3 метров, тогда как нижний слой – от 3 до 9 метров.

Отличительными аспектами геологического строения горизонта являются следующие факторы:

Сложность определения коэффициента песчаности по результатам каротажных исследований вследствие характеристик горных пород; существующие в настоящее время геофизические методы не позволяют надежно выделить продуктивные интервалы.

Горизонт представляет собой чередование параллельно – слоистого (размером в несколько сантиметров) и биотурбированного нефтеносного песчаника и переслаивающихся плотных аргиллитов.

Пористость горизонта изменяется в пределах 15-20%, проницаемость варьируется в пределах 20-80 мкм² (по данным традиционного анализа зерна), плотность нефти составляет около 36 градусов АПИ (845 кг/м³).

Особенности строения продуктивного горизонта

в пределах каждого месторождения являются главным фактором результативности горизонтального бурения и применяемых методов воздействия на пласт.

Как отмечалось выше, впервые добыча нефти из горизонта Викинг началась в 1950х годах и ее добыча вертикальными скважинами преимущественно из верхнего слоя продолжается с тех пор. Бурение горизонтальных скважин в сочетании с многостадийным ГРП вдохнули новую жизнь в эксплуатацию этого горизонта так как нижний слой стал экономически более привлекательным. В районе месторождений Dodsland и Prairiedale горизонт Викинг залегает на относительно небольшой глубине – менее 800 метров – что сокращает затраты на бурение, однако низкое пластовое давление с другой стороны ограничивает добычу.

По состоянию на середину 2017 года на горизонт Викинг было пробурено более 35,000 нефтяных скважин из которых примерно 27,800 скважин являются вертикальными или наклонно-направленными а остальные примерно 7,500 являются горизонтальными. Более половины всех скважин (около 20,000) было пробурено в провинции Альберта и оставшиеся чуть более 15,000 скважин – в провинции Саскатчеван. Однако если говорить о горизонтальных скважинах, то ситуация существенно меняется – почти 80% всех скважин (около 5,800) пробурено на месторождениях, расположенных в пределах провинции Саскатчеван. Основным фактором, определявшим такое развитие, было то, что как отмечалось ранее, глубина залегания горизонта в пределах этой провинции составляет менее 800 метров, что заметно снижает капитальные расходы на бурение и освоение скважин.

В таблице 1 показаны основные параметры и показатели добычи по всем анализируемым месторождениям. Стоит отметить, что общее количество горизонтальных

Параметры	Ед. Измерения	Месторождение			
		Dodsland	Kerrobot	Prairiedale	Plato North
Начало добычи	год	1957	1981	1984	1978
Общее количество скважин	Шт.	4,314	1,807	1,318	876
В том числе вертикальных скважин	Шт.	3,060	1,179	1,147	333
В том числе горизонтальных скважин	Шт.	1,254	628	171	543
Общее количество добывающих скважин	Шт.	3,815	1,657	1,318	850
В том числе вертикальных скважин	Шт.	2,597	1,032	1,147	318
В том числе горизонтальных скважин	Шт.	1,218	625	171	532
Общее количество нагнетательных скважин	Шт.	499	150	-	26
В том числе вертикальных скважин	Шт.	463	147	-	15
В том числе горизонтальных скважин	Шт.	36	3	-	11
Начальные запасы нефти	Млн. баррелей	424.55	238.52	565.24	171.62
Накопленная добыча нефти	Млн. баррелей	113.49	28.99	11.60	18.39
В том числе из вертикальных скважин	Млн. баррелей	88.90	20.24	10.13	7.88
В том числе из горизонтальных скважин	Млн. баррелей	24.64	8.74	1.47	10.51
Средняя глубина залегания	Фут	2,201	2,343	2,438	2,313
Площадь месторождения	Акр	61,171	41,247	35,966	19,042
Средняя толщина горизонта	Фут	8.01	6.50	17.78	8.63
Средняя пористость	%	22.40	23.00	23.00	23.00
Плотность нефти	АПИ	36.60	36.60	31.10	32.10
Текущий коэффициент нефтеизвлечения	%	26.7%	12.2%	2.1%	10.7%
В том числе за счет вертикальных скважин	%	20.9%	8.5%	1.8%	4.6%
В том числе за счет горизонтальных скважин	%	5.8%	3.7%	0.3%	6.1%
Плотность сетки скважин	Акр/скв.	14.2	22.8	27.3	21.7
В том числе вертикальных скважин	Акр/скв.	20.0	35.0	31.4	57.2
В том числе горизонтальных скважин	Акр/скв.	48.8	65.7	210.3	35.1

Табл. 1

скважин пробуренных на этих месторождениях, составляет около 45% от всех пробуренных в провинции Саскатчеван на горизонт Викинг горизонтальных скважин.

В пределах каждого из рассмотренных месторождений были выделены несколько участков, которые представляют собой сложившиеся характерные системы размещения скважин, как вертикальных, так и горизонтальных, что позволило выделить некоторые типичные особенности поведения скважин и выработки запасов в пределах этих участков.

Месторождение Dodsland

Это одно из первых месторождений, где началась добыча нефти из горизонта Викинг и одновременно это наиболее крупное месторождение на этот горизонт. Первая скважина была пробурена в декабре 1957 года и в течение последующих 30 лет из нее было добыто чуть более 30 тысяч баррелей нефти. Всего на дату анализа на месторождении пробурено свыше 4,300 скважин, включая более 3,000 вертикальных и 1,250 горизонтальных. На некоторых участках месторождения реализована закачка воды в пласт с целью поддержания пластового давления – и в том числе закачка воды начата в ряд горизонтальных скважин. На рисунке 1 в качестве иллюстрации представлена схема расположения вертикальных и горизонтальных скважин в пределах участка 1.

Динамика накопленной добычи нефти из одной типовой скважины представлена на рисунке ниже

на примере выбранных двух участков, один из которых расположен в центральной части месторождения и насчитывает примерно одинаковое количество вертикальных и горизонтальных скважин (Участок 1). Второй участок расположен ближе к южной границе залежи и результаты эксплуатации вертикальных скважин в его пределах заметно хуже, чем у скважин первого участка. Вместе с тем для обоих участков результаты сравнительного анализа (Рис. 2) указывают на существенно лучшие показатели эксплуатации горизонтальных скважин по сравнению с

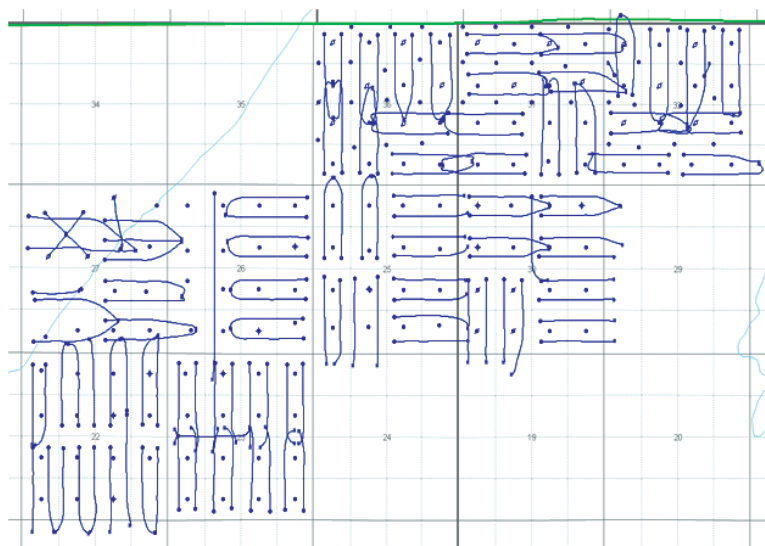


Рис. 1. Схема расположения вертикальных и горизонтальных скважин в пределах участка 1

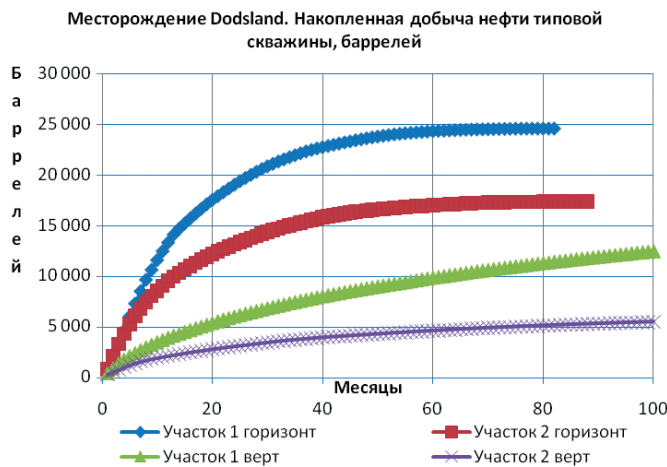


Рис. 2

вертикальными, и суммарная накопленная добыча нефти за сопоставимые отрезки времени выше в 2.5-3 раза.

Месторождение Kerrobert

Первая скважина на этом месторождении вступила в эксплуатацию в мае 1962 года и за три года своей эксплуатации добыла чуть более 4,500 баррелей нефти. Активное освоение месторождения началось в первой половине 80-х годов и к настоящему времени пробурено свыше 1,800 скважин из которых чуть менее 1,200 вертикальных и более 600 – горизонтальных. Для целей настоящего анализа было выбрано два участка в пределах месторождения, один из которых (Участок 1) разбурен только вертикальными скважинами и в его пределах отсутствует закачка воды. В границах второго участка помимо вертикальных скважин пробурены также горизонтальные скважины и, кроме, того реализована закачка воды в пласт для поддержания пластового давления. На рисунке 3 представлены графики зависимости накопленной добычи нефти из типовой вертикальной и горизонтальной скважины на каждом из выделенных участков.

Как можно видеть из графика, закачка воды в пределах второго участка несколько улучшила динамику добычи нефти из типовой вертикальной скважины, тем не менее профиль добычи горизонтальной скважины существенно превышает добычу из вертикальных скважин на обоих

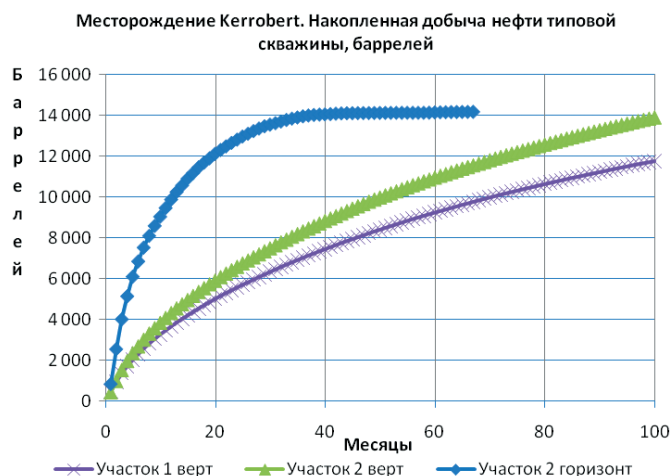


Рис. 3. Графики зависимости накопленной добычи нефти из типовой вертикальной и горизонтальной скважины на каждом из выделенных участков

участках. Имеющиеся данные не позволяют однозначно оценить степень влияния начавшейся недавно закачки воды в пласт на эффективность добычи нефти из горизонтальных скважин.

Месторождение Prairiedale

Эксплуатация этого месторождения началась позднее всех среди рассматриваемых в настоящей работе – в середине 80-х годов – и к настоящему времени пробурено свыше 1,300 скважин из которых около 1,150 вертикальных и более 150 горизонтальных. Доля горизонтальных скважин как видно из этих данных наименьшая среди всех остальных месторождений. Были выбраны три участка в пределах месторождения, два из которых, расположенных в северной и южной зонах месторождения, разбурены как вертикальными так и горизонтальными скважинами, тогда как третий, расположенный между двумя предыдущими, разбурен только вертикальными скважинами. Еще одной отличительной чертой является тот факт, что закачка воды в пределах месторождения не начата до настоящего времени. На рисунке 4 представлены графики зависимости накопленной добычи нефти из типовой вертикальной и горизонтальной скважины на каждом из выделенных участков.

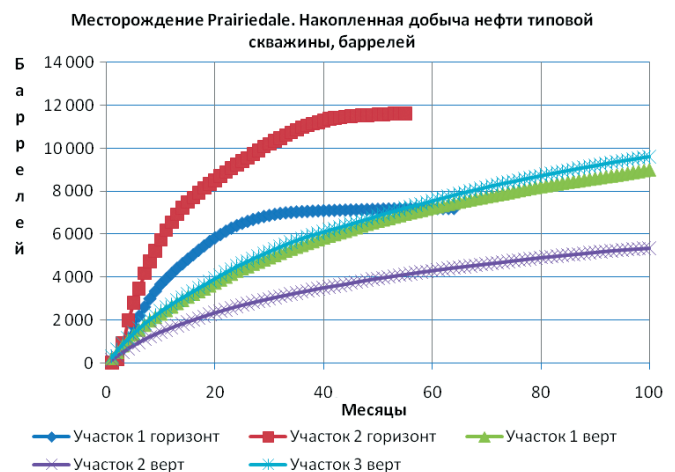


Рис. 4. Графики зависимости накопленной добычи нефти из типовой вертикальной и горизонтальной скважины на каждом из выделенных участков

Динамика добычи из этих скважин наглядно иллюстрирует приведенный ранее тезис о том, что основным фактором результативности горизонтального бурения (как впрочем и вертикального) и применяемых методов воздействия на пласт в пределах горизонта Викинг, является особенность строения пласта в пределах анализируемой зоны.

Месторождение Plato North

Первые скважины на этом месторождении были пробурены в конце 70-х годов однако активное разбуривание северо-западной части месторождения началось в первой половине 80-х годов и в течение 1982-1986 гг. был пробурен фактически весь фонд вертикальных скважин. Попытки бурения вертикальных скважин в юго-восточном направлении в пределах месторождения не принесли заметных результатов. С учетом этого было выбрано два

представительных участка в пределах месторождения, один из которых разбурен как вертикальными, так и горизонтальными скважинами (Участок 1) и он охватывает северо-западную часть. Второй участок расположен в юго-восточной части; бурение вертикальных скважин (всего было пробурено 7 скважин) не принесло заметных результатов однако бурение горизонтальных скважин в пределах этого участка позволило достичь заметно более высоких результатов. Как и для рассмотренных выше других месторождений, на рисунке 5 представлены графики зависимости накопленной добычи нефти из типовой вертикальной и горизонтальной скважины на каждом из выделенных участков.

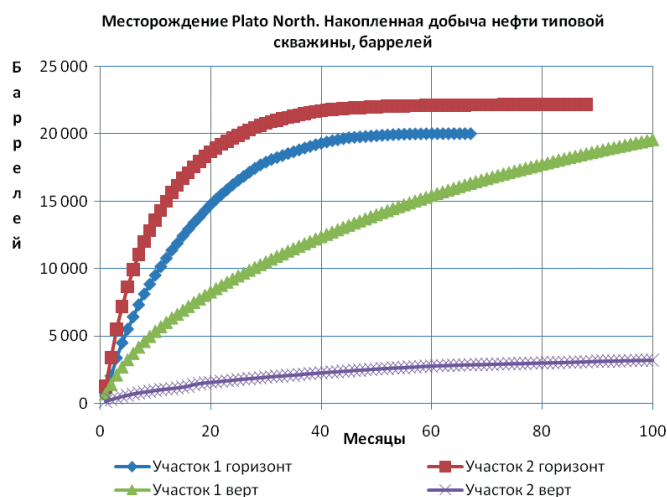


Рис. 5. Графики зависимости накопленной добычи нефти из типовой вертикальной и горизонтальной скважины на каждом из выделенных участков

Как можно видеть из этих данных, бурение горизонтальных скважин на Участке 2 позволило в 7-8 раз увеличить извлекаемый объем нефти на одну скважину.

В заключение можно еще раз отметить, что развитие технологии бурения горизонтальных скважин в сочетании с многостадийным ГРП позволило ввести в активное освоение и добычу ранее считавшиеся малопродуктивными участки и зоны развития горизонта Викинг в пределах провинции Саскатчеван.

Бурение горизонтальных скважин позволило нарастить добычу нефти в тех зонах горизонта, которые считались ранее преимущественно газонасыщенными, а также в зонах нагнетания воды вертикальными скважинами с целью поддержания пластового давления. Уплотнение системы размещения скважин (расстояние между горизонтальными скважинами до 200 метров) в сочетании с удлинением горизонтального ствола (до 1,500 метров) также положительно сказалось на выработке запасов нефти из горизонта Викинг.

Сведения об авторе

Тимур Булатович Баишев – кандидат тех. наук, член Ассоциации профессиональных инженеров и специалистов в области геологии провинции Альберта; вице-президент, Райдер Скотт – Канада

Suite 600, 1015 4th Street S.W., Calgary, Alberta T2R 1J4, Canada

E-mail: timour_baichev@ryderscott.com

Тел: +1 403 705-1029

Статья поступила в редакцию 04.07.2017;

Принята к публикации 27.07.2017; Опубликовано 30.08.2017

IN ENGLISH

Unconventional Oil Reserves Development in the Viking Play (Western Canada) Using Horizontal Wells and Hydraulic Fracturing

T.B. Baishev

Ryder Scott – Canada, Calgary, Canada

Abstract. Oil production from the Viking play in Saskatchewan province started in the 1950s and continues since that time. Horizontal drilling and multistage fracturing have caused resurgence in development of this play. Based on the production data from several fields, the comparative results of the Viking play development using vertical and horizontal wells are presented. Horizontal wells drilling made it possible to increase oil production in those formation zones that were previously considered predominantly gas-saturated, as well as in the zones affected by water injection using vertical wells in order to maintain reservoir pressure. Infill drilling combined with longer lateral completion length also positively affected the development of oil reserves from the Viking play.

Keywords: Viking play, horizontal wells, Saskatchewan province.

For citation: Baishev T.B. Unconventional Oil Reserves Development in the Viking Play (Western Canada) Using Horizontal Wells and Hydraulic Fracturing. *Georesursy = Georesources*. 2017. V. 19. No. 3. Part 1. Pp. 182-185. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.19.3.5>

About the Author

Timur B. Baishev – PhD in Engineering, Vice President, Ryder Scott – Canada

Suite 600, 1015 4th Street S.W., Calgary, Alberta T2R 1J4, Canada

E-mail: timour_baichev@ryderscott.com

Tel: +1 403 705-1029

Manuscript received 4 July 2017;

Accepted 27 July 2017;

Published 30 August 2017