

doi:10.25689/NP.2019.4.287-299

УДК 622.276.1/4:622.243.24

**ВАРИАНТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО И
МНОГОЗАБОЙНОГО БУРЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ ОТЛОЖЕНИЙ
БАШКИРСКОГО ЯРУСА**

¹Яраханова Д.Г., ²Шакиров А.Н.

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет

²Академия наук Республики Татарстан

**HORIZONTAL AND MULTILATERAL DRILLING TO IMPROVE
EFFICIENCY OF OIL PRODUCTION FROM BASHKIRIAN DEPOSITS**

¹Yarakhanova D.G., ²Shakirov A.N.

¹Kazan Federal University

²Academy of Sciences of Tatarstan

E-mail: dilyara.yar@mail.ru, sh_albert@bk.ru

Аннотация. В настоящее время разработка месторождений горизонтальными скважинами производится хаотично. В данном исследовании рассмотрена эффективность разбуривания отложений башкирского яруса с применением горизонтальных технологий.

Целью данной работы является проведение оптимизации размещения горизонтальных скважин. На примере небольшой залежи в карбонатных отложениях башкирского яруса одного из месторождений Республики Татарстан. Предложены варианты расположения сеток скважин для разбуривания. Для выявления наиболее эффективных вариантов разбуривания произведён расчёт расположения сеток скважин с последующим их сравнением и анализом. Из предложенных десяти вариантов сеток скважин по результатам анализа и исследований выделены два наиболее эффективных для разбуривания и продолжения эффективной разработки.

Полученные результаты предлагаются для модернизации и систематизации разбуривания месторождений горизонтальными скважинами. Переход от хаотичного беспорядочного разбуривания к системному процессу бурения горизонтальных скважин может быть задействован для повышения эффективности разработки месторождений, что является большим резервом в нефтедобыче.

Ключевые слова: горизонтальные скважины, хаотичное бурение, беспорядочное разбуривание, системное размещение горизонтальных скважин, варианты разработки, эффективность разработки месторождения.

Abstract. Today, reservoirs are produced by horizontal wells in a non-systematic manner. This paper discusses the efficiency of horizontal drilling in the Bashkirian deposits.

The objective is to optimize horizontal well spacing in Bashkirian carbonate reservoirs in Tatarstan. Several well spacing patterns have been proposed. Well patterns have been analyzed and compared with each other to identify the most efficient field development scenario. Two well patterns have been identified as the most efficient among the ten proposed variants.

The results obtained are suggested to be used for improvement and systemization of reservoir development by horizontal wells. Transition from uncoordinated to systematic horizontal drilling can improve field development efficiency and increase oil production.

Key words: horizontal wells, uncoordinated drilling, systematic well placement, development scenarios, field development efficiency

Введение

В настоящее время горизонтальное бурение применяется в основном для разработки залежей нефти в неоднородных, малопродуктивных карбонатных коллекторах на начальной стадии разработки. Карбонатные отложения разбуриваются всевозможными вариантами расположения горизонтальных и многозабойных скважин. В данной работе рассмотрены варианты разбуривания залежей башкирского яруса и предложены оптимальные из них.

Цель

Задать варианты расположения сеток скважин для разбуривания карбонатных отложений. Рассчитать, сравнить и выявить какой из рассматриваемых вариантов разбуривания отложений башкирского яруса горизонтальными и многозабойными скважинами является наиболее эффективным. Провести анализ результатов расчётов рассматриваемых вариантов и дать соответствующие рекомендации.

Методика

Эффективность горизонтальных скважин оценивается в основном увеличением текущих отборов нефти по сравнению с обычными вертикальными скважинами и реже увеличением КИН.

Для корректного определения экономической эффективности системы разработки с применением горизонтальных скважин необходимо её сравнивать с системой вертикальных скважин, учитывая, что горизонтальная скважина уменьшает бурение вертикальных скважин на 1 - 2 скважины [1].

Накопленный опыт бурения горизонтальных скважин позволяет утверждать, что в большинстве случаев для повышения эффективности бурения горизонтальных скважин необходимо создавать системы разработки с применением горизонтальных скважин, а не ограничиваться бурением одиночных горизонтальных или многозабойных скважин. В этом случае мы получим синергетический эффект от бурения горизонтальных скважин.

Однако в большинстве случаев фактически при проектировании и реализации бурения горизонтальных скважин отмечается несистемный подход [2-7].

В рамках данной работы рассмотрены карбонатные отложения башкирского яруса среднего карбона в пределах одной небольшой залежи. Залежь относится к массивному типу. Этаж нефтеносности равен 41,1 метра, эффективная нефтенасыщенная толщина равна 17-26 метра. Карбонатные коллекторы по данным исследования кернового материала относятся к коллекторам порового - трещинного типа. На сегодняшний день залежь вскрыта 19 скважинами, 6 из них вертикальные, 13 - горизонтальные (в том числе многозабойные). При испытании башкирских отложений в скважине первооткрывательнице получен приток

нефти дебитом 3,6-5,6 т/сут в интервалах минус 962,0-990,1 м, 967,1-984,1 м.

Выделяется и рассматривается один эксплуатационный объект: башкирский.

Существующий вариант с текущей сеткой скважин разбурен наклонно-направленными, горизонтальными и многозабойными скважинами.

На объекте произведён расчёт десяти вариантов разработки эксплуатируемых своей сеткой скважин.

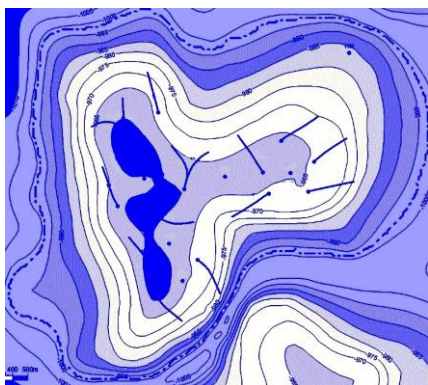
Расчетные варианты разработки со схемами расположения скважин приведены в табл. 1:

- 1) базовая модель (вариант № 1);
- 2) базовая модель с вертикальными скважинами (вариант № 2);
- 3) модель с сеткой горизонтальных скважин 150х150 м (вариант № 3);
- 4) модель с сеткой горизонтальных скважин 200х200 м (вариант № 4);
- 5) базовая модель с уплотненной сеткой скважин (вариант № 5);
- 6) базовая модель с экспресс уплотнённой сеткой скважин (вариант № 6);
- 7) модель с сеткой вертикальных скважин 150х150 м (вариант № 7);
- 8) модель с уплотнением базовой сетки горизонтальными скважинами образующими четырёхугольный элемент (вариант № 8);
- 9) модель расположения горизонтальных скважин образующая четырёхугольный элемент (вариант № 9);
- 10) модель расположения горизонтальных скважин образующая шестигранник (вариант № 10).

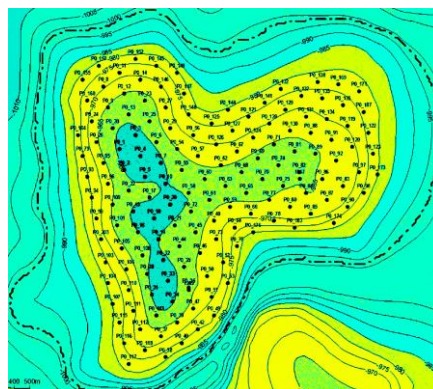
Предусмотрено применение поддержания пластового давления (ППД) и обработка призабойных зон (ОПЗ). Расчёт прекращался при максимальной обводнённости 98 %.

Наиболее эффективными оказались четвёртый и пятый варианты разработки.

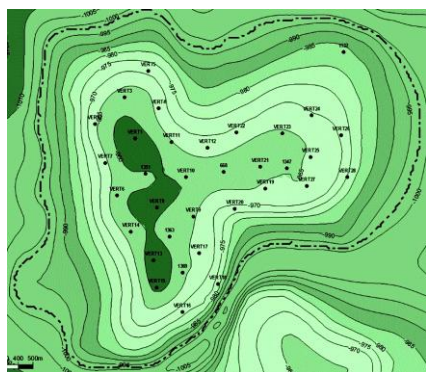
Варианты разработки со схемами расположения скважин



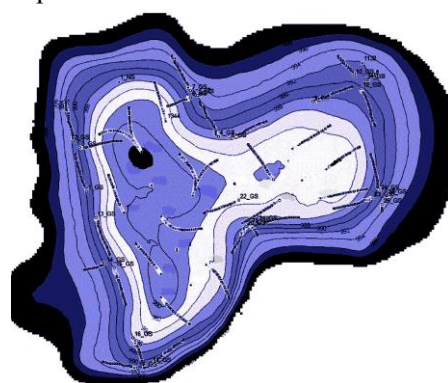
№ 1 - Базовый



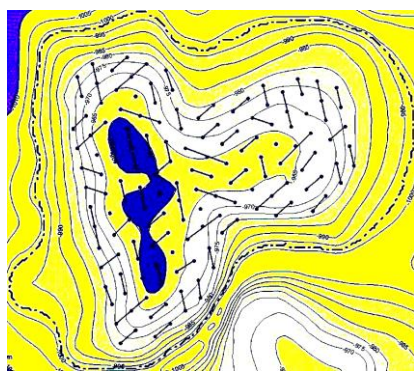
№ 7 - Вертикальные скважины с сеткой 150*150



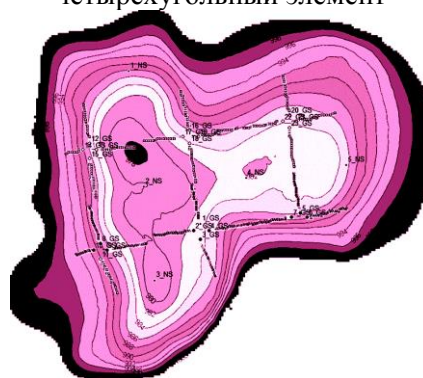
№ 2 - Базовый с вертикальными скважинами



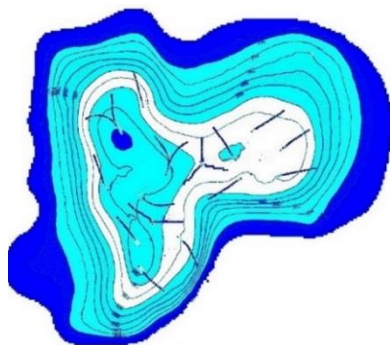
№ 8 - Уплотнение существующей сетки горизонтальными скважинами образующими четырёхугольный элемент



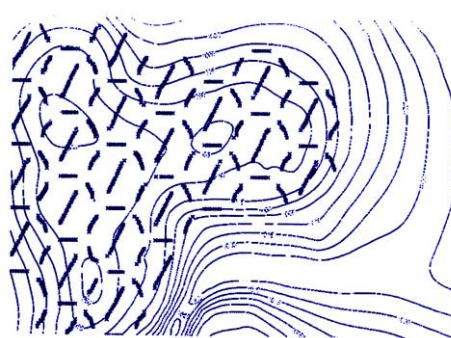
№ 3 - Горизонтальные скважины с сеткой 150*150



№ 9 - Схема расположения горизонтальных скважин образующая четырёхугольный элемент



№ 6 - Экспресс уплотнение базовой сетки скважин



№ 10 - Шестигранная сетка горизонтальных скважин

Четвёртый вариант – прогнозируемая модель предусматривающая разбуривание поднятия горизонтальными скважинами с сеткой 200*200 м. (Рис. 1). Предусматривает применение методов увеличения нефтеотдачи пласта (МУН): технология ОПЗ и циклическая закачка воды. Общий фонд скважин на период окончания эксплуатационного бурения – 40 скважин, в том числе 27 - добывающих, 13 – нагнетательных.

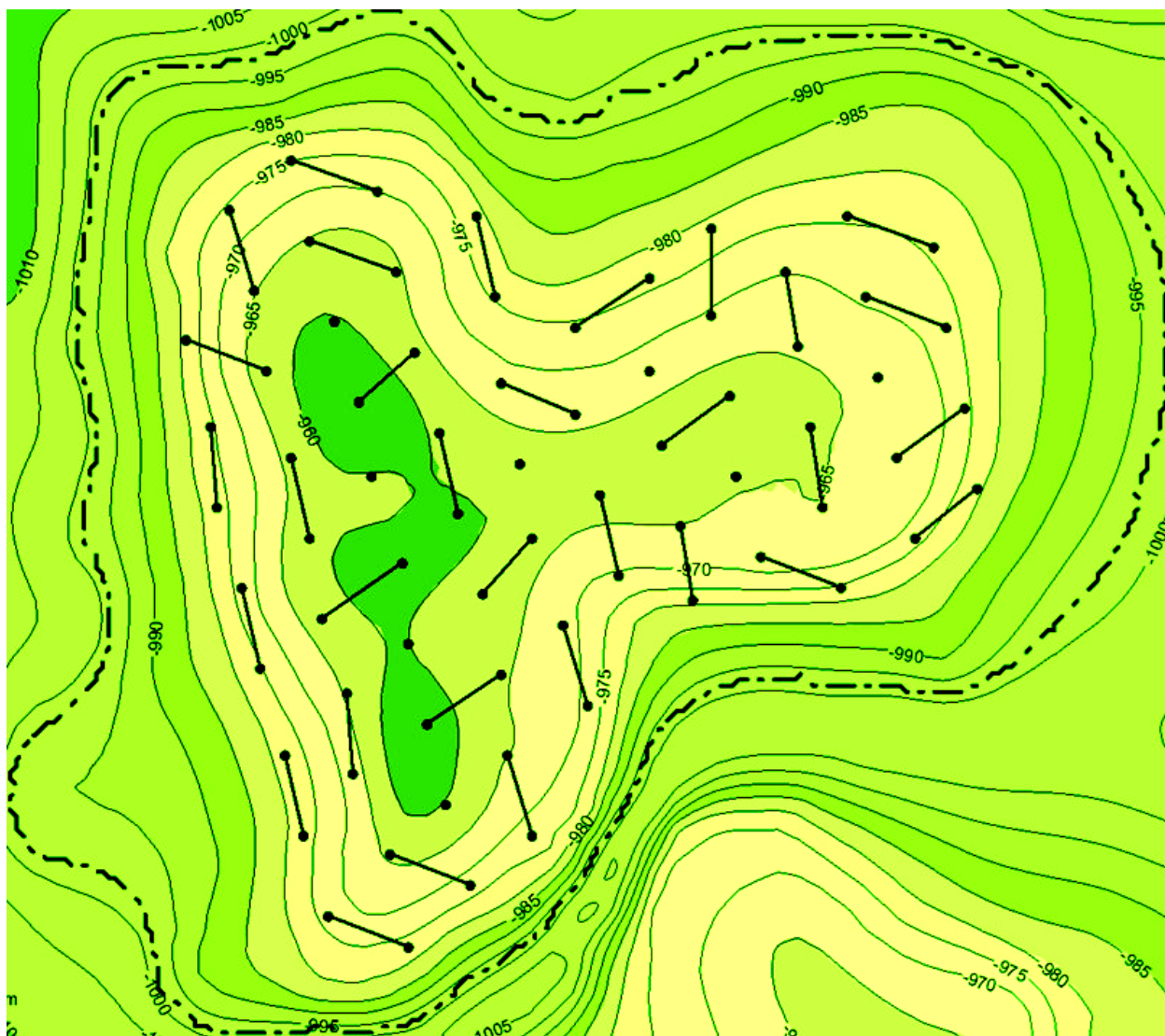


Рис. 1. Четвёртый вариант (горизонтальная сетка скважин 200*200м)

Накопленная добыча по нефти на 01.01.2100 - 961 тыс.т.

Достигаемый КИН – 0,127 д.ед, Кохв. – 0,65, плотность сетки скважин (ПСС) по модели/по площади – 11,7/7,5 Га/скв.

Пятый вариант – прогнозируемая существующая модель с уплотнением текущей сетки скважин (Рис. 2). Предусматривает также

Таблица 2

Результаты расчётов 4 и 5 вариантов разработки

Вариант	Фонд скважин: доб/ нагн	Накопленная нефть на 2100 Г., тыс.т	Накопленная вода на 2100 Г., тыс.т	Накопленная закачка воды на 2100 Г., тыс.т	КИН на 2100 Г., д.ед.	Год окончания расчета	Обводненность на 01.01.2100, %	Средний дебит на весь период разработки, м ³ /сут	Коэффициент. Охвата (по модели), д.ед.	Плотность сетки: по модели/ по площади, га/скв.	Средний накопленный. объем доб. нефти на одну скв. на 2100 Г., тыс.т	Рентабельный срок разработки	Накопленная нефть за рентабельный срок разработки, тыс.т	Индекс доходности
4	27/13 Σ=40	960	19406	20225	0,124	2100	98	1,02	0.60	11,7/7,5	32,90			
4 + ОПЗ	27/13 Σ=40	961	19941	20716	0,127	2083	98	1,26	0,65	11,7/7,5	33,23	51	892	1,11
5	28/12 Σ=40	1064	17219	18047	0,142	2100	97	1,43	0,58	17,4/10,5	48,57			
5 + ОПЗ	28/12 Σ=40	1065	17894	18769	0,145	2100	97	1,47	0,61	17,4/10,5	49,83	68	982	1,14

Из рассматриваемых вариантов пятый вариант отличается наибольшей эффективностью технологических показателей для разбуривания и отличается выгодными экономическими показателями при общем количестве скважин равном 40, что представлено в табл. 3 и показано на рис. 3.

Таблица 3

Экономические показатели 5 варианта разработки

№	Экономические показатели	Вариант №5
1	Срок окупаемости капитальных затрат	7
2	Проектный срок разработки составит	86
	- за этот период предполагается добыть, тыс.т	1065
3	Рентабельный срок	68
	- в течение этого срока отбор нефти составит, тыс.т	982
4	Дисконтированный поток наличности (NPV) при коэффициенте дисконтирования 15% за проектный срок разработки положительный, млн. руб.	355
5	Доход государства за проектный срок, млн. руб.	4949
	- величина эксплуатационных затрат за этот период, млн.руб.	11246

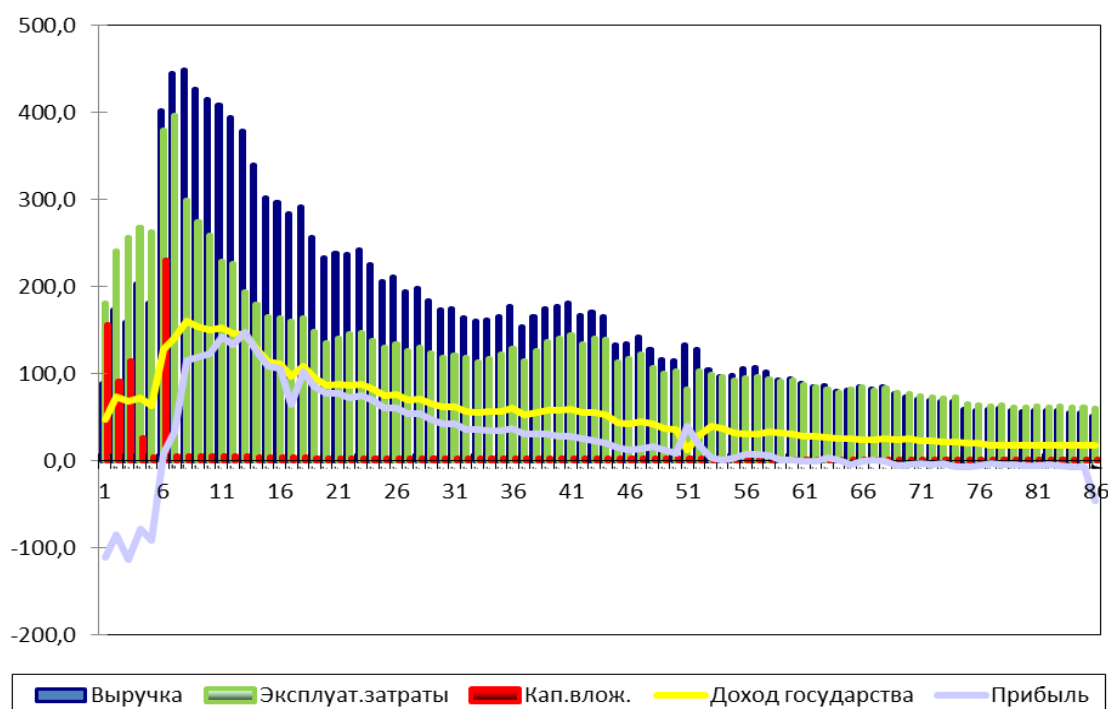


Рис. 3. Основные экономические показатели пятого варианта разработки рассматриваемого месторождения

Выводы

1. В результате анализа и проведённых исследований по системе заводнения и плотностям сетки скважин на одной из залежей месторождения карбонатных коллекторов с высоковязкими нефтями Республики Татарстан были получены различные результаты: показателей разработки, по накопленной добыче нефти, проектному коэффициенту нефтеизвлечения, плотности сетки скважин и другие.
2. Из десяти вариантов были выделены два, которые выгодно отличаются положительными значениями основных показателей разработки это четвёртый и пятый варианты.
3. Из них реализация пятого варианта дает лучшие технологические и экономические показатели разработки при одинаковом количестве скважин.
4. При разбуривании новых аналогичных залежей, как основополагающий рекомендуется четвёртый вариант, предусматривающий разбуривание поднятия горизонтальными скважинами с сеткой 200*200 м., применение ОПЗ, циклическое заводнение и соотношение нагнетательных и добывающих скважин один к двум.
5. При разработке аналогичных залежей с высоковязкими нефтями и низкими фильтрационно-ёмкостными свойствами рекомендуется системный подход бурения горизонтальных и многозабойных скважин, при этом необходим тщательный контроль за балансом закачки и отбора.
6. Упорядоченное разбуривание залежи горизонтальными скважинами даёт синергетический эффект, то есть происходит возрастание эффективности разработки и эксплуатации в результате интеграции нефтеизвлечения с одновременным слиянием отдельных фрагментов в единую систему разработки месторождения за счёт так называемого системного эффекта.

Список литературы

1. Муслимов Р.Х. Нефтеотдача: прошлое, настоящее, будущее (оптимизация добычи, максимизация КИН): учебное пособие. – Казань: Изд-во «Фэн» Академии наук РТ, 2014. – 750 с.
2. Разработка нефтяных месторождений горизонтальными скважинами: опыт и достижения / Р.Х. Муслимов, Ю.А. Волков, Л.Г. Карпова, В.В. Тюрин, Д.Г. Яраханова. - Казань: Изд-во «Плутон». - 2017. - 450 с., 12 с. цв. илл.
3. Яраханова Д.Г. Решение проблем поздней стадии разработки с помощью горизонтальных скважин / Д.Г. Яраханова // Инновации в разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений: материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения В.Д. Шашина. – Казань: Изд-во «Ихлас», 2016. – Т.2 – с. 249-251.
4. Яраханова Д.Г. О развитии горизонтальных технологий // Горизонтальные скважины и ГРП в повышении эффективности разработки нефтяных месторождений: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной основателю горизонтального бурения А.М. Григоряну. Казань, изд-во «Слово», 2017. – с. 305-307.
5. Яраханова Д.Г. О целесообразности применения горизонтальных технологий нефтеизвлечения с учётом геолого-технологических условий / Д.Г. Яраханова // Нефтяное хозяйство. – 2015. - № 6. – с. 68-71.
6. Яраханова Д.Г. Управление выработкой запасов нефти, дренируемых горизонтальными скважинами / Д.Г. Яраханова // Нефтяное хозяйство. – 2015. - № 4. – с. 56-58.
7. Yarakhanova D.G. The feasibility of drilling horizontal wells / D.G. Yarakhanova // 1st EAGE Scientific Workshop on Horizontal Wells: Problems and Prospects: Conference Paper; European Association of Geoscientists and Engineers, EAGE. Code 121355-Moscow; Russian Federation; 20 October 2015 through 21 October 2015. Pages 1–4.

References

1. R.Kh. Muslimov Nefteotdacha: proshloe, nastoyashchee, budushchee (optimizatsiya dobychi, maksimizatsiya KIN) [Oil recovery: past, present, future (production optimization, enhanced oil recovery)]. Kazan, Fen, Academy of Sciences of Tatarstan, 2014, 750 p (in Russian)
2. R.Kh. Muslimov, U.A. Volkov, L.G. Karpova, V.V. Tyurin, D.G. Yarakhanova Razrabotka neftyanyh mestorozhdenij gorizontal'nyimi skvazhinami: opyt i dostizheniya [Oil field development by horizontal wells: experience and advances]. Kazan, Pluton, 2017, 450 p (in Russian)
3. D.G. Yarakhanova Reshenie problem pozdnej stadii razrabotki s pomoshch'yu gorizontal'nyh skvazhin [Solutions for mature filed development using horizontal wells].: Proceedings of the International research-to-practice conference "Innovations in oil and gas field exploration and development". Kazan, Ikhlal, 2016, V.2, pp.249-251 (in Russian)

4. D.G. Yarakhanova O razvitii gorizontal'nyh tekhnologij [On advances in horizontal drilling technologies]. Proceedings of the International research-to-practice conference "Horizontal wells and hydraulic fracturing to improve efficiency of oil field development". Kazan, Slovo, 2017, pp.305-307 (in Russian)
5. D.G. Yarakhanova O celesoobraznosti primeneniya gorizontal'nyh tekhnologij nefteizvlecheniya s uchyotom geologo-tekhnologicheskikh uslovij [Viability of horizontal drilling technologies in terms of geologic and engineering conditions]. Neftyanoye Khozyaistvo, 2015, No.6, pp. 68-71 (in Russian)
6. D.G. Yarakhanova Upravlenie vyrabotkoj zapasov nefti, dreniruemyh gorizontal'nymi skvazhinami [Management of oil reserves recovery using horizontal wells]. Neftyanoye Khozyaistvo, 2015, No.4, pp.56-58 (in Russian)
7. D.G. Yarakhanova The feasibility of drilling horizontal wells. 1st EAGE Scientific Workshop on Horizontal Wells: Problems and Prospects: Conference Paper; European Association of Geoscientists and Engineers, EAGE. Code 121355-Moscow, Russian Federation; 20 - 21 October 2015, pp. 1–4.

Сведения об авторах

Яраханова Диляра Газымовна, кандидат технических наук, доцент, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация

E-mail: dilyara.yar@mail.ru

Шакиров Альберт Наилович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий центром естественно-научных исследований Академии наук Республики Татарстан, г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация

E-mail: sh_albert@bk.ru

Authors

Yarakhanova D.G., PhD, Associate Professor, Kazan Federal University, Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation

E-mail: dilyara.yar@mail.ru

Shakirov A.N., Dr.Sc (Geology and Mineralogy), Professor, Head of Scientific Research Center, Academy of Sciences of Tatarstan, Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation

E-mail: sh_albert@bk.ru

Яраханова Диляра Газымовна
420008, Российская Федерация, Республика Татарстан
г. Казань, ул. Кремлевская, 18
Тел. +7 (952) 033 40 17
E-mail: dilyara.yar@mail.ru