

Добыча первичных природных ресурсов

DOI: 10.34828/UdSU.2024.25.33.009

УДК 622.243.24(470.51)(045)

И.О. Глухачев, С.Ю. Борхович, В.Р. Драчук

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО БУРЕНИЯ

Аннотация. Одной из ключевых задач нефтедобычи является наиболее полное извлечение нефти из продуктивных пластов. Промысловый опыт показывает, и в среднем мировая тенденция такова, что на дневную поверхность извлекается не более 20-50% запасов нефти, тех, что относятся к извлекаемым. Остальные запасы, что представляют собой более половины от начальных, теряются в недрах безвозвратно, и в конечном итоге, их относят к категории захороненных. Множество месторождений имеют продолжительные сроки эксплуатации, поэтому находятся на завершающих этапах разработки. На таких месторождениях применяют различные методы воздействия на пласт с целью повышения нефтеотдачи (физические, химические, физико-химические), поскольку на данном этапе крайне важно восстановить и поддержать продуктивность месторождений. Так, применение горизонтального и разветленно-горизонтального бурения (по типу «рыбья кость» или «fishbone») является очень перспективным методом при формировании системы разработки на завершающей стадии. В данной статье рассматривается перспектива развития горизонтального бурения, и проводится сопоставление дебитов горизонтальных и вертикальных скважин Лиственского нефтяного месторождения, на основе чего делается вывод о преимуществах горизонтального бурения.

Ключевые слова: нефтедобыча, горизонтальное бурение, разветленно-горизонтальное бурение, эффективность, дебит.

Для цитирования: Глухачев И.О., Борхович С.Ю., Драчук В.Р. Эффективность и перспективы развития технологии горизонтального бурения // Управление техносферой: электрон. журнал, 2024. Т.7. Вып. 1. URL: <https://technosphere-ing.ru> С. 116–124. DOI: 10.34828/UdSU.2024.25.33.009.

Актуальность

Последнее десятилетие современные технологии в области горизонтального бурения активно продвинулись вперед как в практике, так и в технологии [5]. На производстве нефтяные компании стали внедрять горизонтальные окончания большой протяженностью, в результате чего возросли дебиты, увеличилось время безводной эксплуатации скважин, снизились депрессии в пласте, разреждалась сетка скважин [6].

Известно, что нефть претерпевает фильтрацию в течение десятилетий через мельчайшие поры, мигрирует при этом процессе от периферии к забою скважины. В ходе миграции и фильтрации сквозь поровое пространство горной породы нефть встречает на своем пути преграды в виде тектонических и литологических экранов, застойных зон, «языков» воды, прорвавшихся и разрезавших нефтяное поле. Кстати, из-за наличия «языков» воды происходит потеря запасов нефти, в результате чего в пластах оседает «остаточная» нефть [1]. При бурении вертикальных и наклонно-направленных скважин велик риск вскрытия подошвенной воды продуктивного пласта, однако, при разбуривании горизонтальных скважин их направляют выше подошвенной воды в продуктивном горизонте [2]. В случае режимов с неподвижными контурами принимается равномерная сетка скважин, выбирается схема, согласно которой будут размещены скважины. Для этого задаются численные ряды и расстояние между скважинами для каждого заданного ряда. Далее рассматриваются возможные варианты разработки представленной залежи. Разбуривание залежи горизонтальными скважинами снижает затраты по эксплуатации месторождения, поскольку существенно упрощает систему разработки [3, 4].

Используя формулы Джоши (1) и Дюпюи (2) для расчета дебитов горизонтальных и вертикальных скважин соответственно, рассчитаем и

сопоставим показатели дебитов по жидкости на турнейском объекте разработки Лиственского нефтяного месторождения.

$$Q_{\text{жг}} = \frac{K_h h \Delta P}{\mu b \left\{ \ln \left(\frac{a + \sqrt{a^2 - [L/2]^2}}{L/2} \right) + \frac{\beta h}{L} \ln \frac{\beta h}{[\beta + 1] r_c} \right\}} \quad (1)$$

где, $a = \frac{L}{2} \left[0,5 + \left(\frac{2R_k}{L} \right)^4 \right]^{0,5}$, $\beta = \sqrt{\frac{K_h}{K_v}}$

μ – вязкость жидкости, сП; R_k – радиус контура питания, м; r_c – радиус ствола скважины, м; b – объемный коэффициент; L – длина горизонтального ствола, м; ΔP – депрессия, атм. K_h – горизонтальная проницаемость; K_v – вертикальная проницаемость; h – толщина пласта, м; $Q_{\text{ж}}$ – дебит жидкости, м³/сут.

$$Q_{\text{жв}} = \frac{2\pi K h \Delta P}{\mu \ln \frac{R_k}{r_c}} \quad (2)$$

В качестве расчетных использовали следующие показатели: $\mu=40,29$ сП; $R_k=250$ м; $r_c=0,06$ м; $b=1,325$; $L=200$ м; $\Delta P=8,2$ мПа. Результат произведенных расчетов показал превышение дебитов по жидкости на горизонтальных скважинах в среднем в 4 раза.

Таблица 1

Соотнесение дебитов по жидкости вертикальных и горизонтальных скважин турнейского объекта Лиственского месторождения

	K_h , мД	K_v , мД	h , м	$P_{\text{пл}}$, мПа	$P_{\text{заб}}$, мПа	$Q_{\text{жг}}$	$Q_{\text{жв}}$	$Q_{\text{жг}}/Q_{\text{жв}}$
Скв.1	12	12	6,7	15,1	7,0	118	42	2,8
Скв.2	23	23	6,7	15,1	7,0	139,4	29	4,8
Скв.3	13	13	6,7	15,1	7,0	108,7	35	3,1
Скв.4	9,5	9,5	6,7	15,1	7,0	36,9	9	4,1
Скв.5	14	14	6,7	15,1	7,0	27,4	7	3,9

Для качественного и успешного проведения горизонтального и разветвленно-направленного бурения необходимо разработать эффективную технологию бурения, учитывающую гидродинамические исследования нефтяных залежей, состояние горных пород, особенности буровых растворов и технические средства для разбуривания горизонтальных и разветвленно-направленных скважин [2,4].

По причине высокого уровня конкуренции на нефтяном рынке в настоящий момент нефтяные компании борются за снижение себестоимости добычи нефти, что несомненно требует улучшения дренажных способностей вмещающих пород-коллекторов. В данном случае эффективным может быть применение разветвленно-горизонтального бурения или бурения по современной технологии «рыбья кость» или «fishbone». Технология инновационная, впервые данная траектория (рыбьего скелета) была применена на Восточно-Мессояхском месторождении в 2016 г. на 8 добывающих скважинах, где присутствовал газонефтяной контакт, высокая неоднородность и низкая проницаемость породы-коллектора [7].

Технология Fishbone (рис.1) представляет более экологичную альтернативу технологии гидравлического разрыва пласта, поскольку снижается риск загрязнения грунтовых вод технологической жидкостью (соляная кислота HCl), и, соответственно, уменьшается объем работ по утилизации загрязнений.

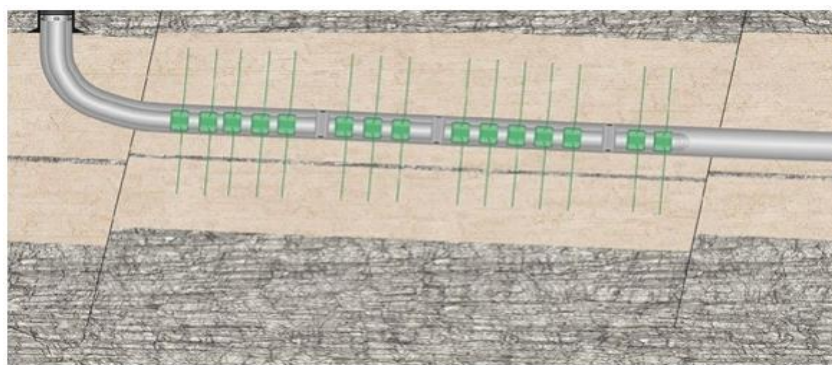


Рис. 1. Схема размещения скважины «Fishbon»

Опыт зарубежных компаний показывает прирост добычи до 8,5 раз. По мере наработки опыта, усовершенствования техники и технологии область применения технологии будет расширяться (будет применяться на месторождениях с плотными коллекторами, на месторождениях высоковязкой нефти и пр.) [5].

ПАО «Удмуртнефть» им. В.И. Кудинова считается одним из отраслевых полигонов по испытанию и внедрению принципиально новых высокоэффективных методов разработки месторождений нефти с высокой и повышенной вязкостью (трудноизвлекаемые запасы), не имеющих аналогов в мировой практике.

Так, компания ПАО «Удмуртнефть» им. В.И. Кудинова благодаря применению передовых методов бурения по технологии «Fishbone» в 2 раза увеличила продуктивность горизонтальной скважины, пробуренной на Чутырско-Киенгопском месторождении. В настоящее время прорабатывается вопрос о тиражировании данной технологии на предприятии [8].

Выводы

В статье рассмотрены горизонтальные и разветвленно-направленные скважины (разбуренные по технологии «Fishbone»). Приведены преимущества и представлены условия успешного разбуривания данных скважин. Проведено сопоставление дебитов горизонтальных и вертикальных скважин Лиственского нефтяного месторождения, на основе чего делается вывод о преимуществах горизонтального бурения. Показано, что дебиты жидкости горизонтальных скважин больше дебитов жидкости вертикальных скважин в 3,7 раза. ПАО «Удмуртнефть» им. В.И. Кудинова считается одним из отраслевых полигонов по испытанию и внедрению принципиально новых высокоэффективных методов, например, технологии «Fishbone». Благодаря технологии «Fishbone» в 2 раза

увеличилась продуктивность горизонтальной скважины, пробуренной на Чутырско-Киенгопском месторождении. Также промысловый опыт зарубежных компаний показывает, что по технологии «Fishbone» можно получить прирост добычи до 8,5 раз, чем при обычном разбуривании горизонтальных скважин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Минева О.К., Минев В.С. Преимущества технологии строительства многоствольных высокотехнологичных скважин типа «рыбья кость». // Геология, география и глобальная энергия 2017. №2(65). С.77–83.
2. Обиход А.П. Обоснование учета влияния горизонтальных скважин на фактическую плотность сетки по залежи Текст // Нефтепромысловое дело. 2010. №10. С. 40–42.
3. Билянский К. В. Борьба с обводнением скважин // Молодой ученый. 2020. № 7 (297). С. 16 – 18.
4. Бердин Т.Г. Проектирование разработки нефтегазовых месторождений системами горизонтальных скважин. М.: Недра. 2010. 100 с.
5. Строительство горизонтальных скважин / В.И. Кудинов, В.А. Савельев, Е.И. Богомольный, Р.Т. Шайхутдинов, М.М. Тимеркаев, Г.Р. Голубев М.: Издательство «Нефтяное хозяйство». 2007. 684 с.
6. Семешко К.В. Первый опыт применения технологии «Фишбон» на ВосточноМессояхском месторождении. // Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна (опыт, инновации). 2016. С. 30–31.
7. Официальный сайт ПАО «Удмуртнефть» им. В.И. Кудинова URL: <https://www.rosneft.ru/press/news/item/213427/> (дата обращения: 11.10.2023).
8. Лысенко В.Д. Разработка нефтяных месторождений. Эффективные методы. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр». 2009. 552 с.

Поступила в редакцию: 11.02.2024

Сведения об авторах*Глухачев Иван Олегович*

Магистрант, Институт нефти и газа им. М.С. Гуцериева, ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», 426034, ул. Университетская, 1, г. Ижевск, Россия.

E-mail:gluha4ev@yandex.ru

Борхович Сергей Юрьевич

к.т.н., доцент, зав. кафедрой разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, Институт нефти и газа им. М.С. Гуцериева, ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», 426034, ул. Университетская, 1, г. Ижевск, Россия.

E-mail:syborhovich@yandex.ru

Драчук Владимир Ростиславович

ст. преподаватель кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, Институт нефти и газа им. М.С. Гуцериева, ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», 426034, ул. Университетская, 1, г. Ижевск, Россия.

E-mail:doks64@bk.ru

I.O. Glukhachev, S.Yu. Borkhovich, V.R. Drachuk

EFFICIENCY AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF HORIZONTAL DRILLING TECHNOLOGY

Annotation. One of the key tasks of oil production is the most complete recovery of oil from reservoirs. The field experience shows (and the average world tendency is the same) that no more than 20-50% of oil reserves are extracted to the day surface. The rest of the reserves, which is more than half of the initial ones, are irretrievably lost in the subsoil and are finally categorized as buried. Many fields have long operating lives and are therefore in the final stages of development. At such fields various methods of stimulation of the reservoir to enhance oil recovery (physical, chemical, physicochemical) are applied, because at this stage it is extremely important to restore and maintain the productivity of the fields. Thus, the application of horizontal and branched-hole horizontal drilling (fishbone type) is a very promising method in the formation of the development system at the final stage. In this article the prospect of development of horizontal drilling is considered and the flow rates of horizontal and vertical wells of the Listvenskoye oil field are compared, on the basis of which the conclusion about the advantages of horizontal drilling is made

Keywords: oil production, horizontal drilling, horizontal branched-hole drilling, efficiency, flow rate.

For citation: Glukhachev I.O., Borkhovich S.Yu., Drachuk V.R. [Efficiency and prospects of development of horizontal drilling technology] *Upravlenie tekhnosferoi*, 2024, vol. 7, issue 1. (In Russ.). Available at: <https://technosphere-ing.ru/> pp. 116–124. DOI: 10.34828/UdSU.2024.25.33.009.

REFERENCES

1. Mineva O.K., Minev V.S. Preimushchestva tekhnologii stroitel'stva mnogostvol'nykh vysokotekhnologichnykh skvazhin tipa «ryb'ya kost'» [Advantages of the technology of construction of multi-barrel high-tech wells of the fish bone type]. *Geologiya, geografiya i global'naya ehnergiya* [Geology, geography and global energy]. 2017, no. 2(65), pp.77–83. (In Russ.).
2. Obikhod A.P. Obosnovanie ucheta vliyaniya gorizontal'nykh skvazhin na fakticheskuyu plotnost' setki po zalezhi Tekst [Justification for taking into account the influence of horizontal wells on the actual density of the grid by deposit Text]. *Neftepromyslovoe delo* [Oilfield business]. 2010, no.10, pp. 40–42. (In Russ.)
3. Bilyanskii K. V. Bor'ba s obvodneniem skvazhin [Struggle with well flooding]. *Molodoi uchenyi* [Young scientist]. 2020, no. 7 (297), pp. 16 – 18. (In Russ.).

4. Berdin T.G. *Proektirovanie razrabotki neftegazovykh mestorozhdenii sistemami gorizontal'nykh skvazhin*. [Designing the development of oil and gas fields with horizontal well systems]. M.: Nedra, 2010, 100 p. (In Russ.).
5. Kudinov V.I., Savel'ev V.A., Bogomol'nyi E.I., Shaikhutdinov R.T., Timerkaev M.M., Golubev G.R. *Stroitel'stvo gorizontal'nykh skvazhin* [Construction of horizontal wells]. Moscow: "Neftyanoe khozyaistvo " Publ., 2007, 684 p. (In Russ.).
6. Semeshko K.V. Pervyi opyt primeneniya tekhnologii «FishboN» na VostochnOMessoyakhskom mestorozhdenii [The first experience of using Fishbone technology at the Vostochnyessoyakhskoye field]. *Geologiya i neftegazonosnost' Zapadno-Sibirskogo megabasseina (opyt, innovatsii)* [Geology and oil and gas potential of the West Siberian megabasin (experience, innovations)]. 2016, pp. 30–31. (In Russ.).
7. *Ofitsial'nyi sait PAO «Udmurtneft'» im. V.I. Kudinova* [The official website of PJSC Udmurtneft named after V.I. Kudinov]. Available at <https://www.rosneft.ru/press/news/item/213427/> (accessed: 11.10.2023). (In Russ.).
8. Lysenko V.D. *Razrabotka neftyanykh mestorozhdenii. Ehffektivnye metody*. [Development of oil fields. Effective methods]. Moscow: OOO "Nedra-Biznestsentr", 2009. 552 p. (In Russ.).

Received 11.02.2024

About the Authors

Glukhachev Ivan Olegovich

Master's student, M.S. Gutseriev Institute of Oil and Gas, Federal State Budgetary Educational Institution of higher education of Udmurt State University, 426034, st. Universitetskaya, 1, Izhevsk, Russia. E-mail: gluha4ev@yandex.ru

Borkhovich Sergey Yuryevich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Development and Operation of Oil and Gas Fields, M.S. Gutseriev Institute of Oil and Gas, Udmurt State University, 426034, Universitetskaya str., 1, Izhevsk, Russia. E-mail: syborhovich@yandex.ru

Drachuk Vladimir Rostislavovich

Senior lecturer, Department of Development and Operation of Oil and Gas Fields, M.S. Gutseriev Institute of Oil and Gas, Udmurt State University, 426034, Universitetskaya str., 1, Izhevsk, Russia. E-mail: doks64@bk.ru