



УДК 622.243.24

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН, ЭФФЕКТИВНОСТИ БУРЕНИЯ
БОКОВЫХ СТОЛОВ И РАБОТ ПО ИХ УГЛУБЛЕНИЮ
НА ВЫНГАПУРОВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ**

**INVESTIGATION OF THE RESULTS OF OPERATION
OF HORIZONTAL WELLS, THE EFFICIENCY OF DRILLING
SIDETRACKS AND WORK ON THEIR DEEPENING
ON THE VYNGAPUROVSKOYE FIELD**

Савенок Ольга Вадимовна

доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры нефтегазового дела
имени профессора Г.Т. Вартумяна,
Кубанский государственный
технологический университет
olgasavenok@mail.ru

Поварова Лариса Валерьевна

кандидат химических наук, доцент,
доцент кафедры химии,
Кубанский государственный
технологический университет
larispv08@gmail.com

Аванесов Александр Сергеевич

студент,
Кубанский государственный
технологический университет
iCCup.House@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена анализу эксплуатации горизонтальных скважин, эффективности бурения боковых столов и работ по их углублению. Это относительно новые перспективные методы повышения дебита и конечного коэффициента извлечения нефти. Для выбора данных геолого-технических мероприятий необходимо учесть ряд факторов, среди которых основными являются: площадь залегания нижних залежей, их геологическое строение и правильный выбор зон по углублению стволов скважин.

Ключевые слова: наклонно-направленные скважины; пробуренный фонд; обводненность нефти; продуктивный горизонт; геолого-технические мероприятия; зона углубления стволов скважин.

Savenok Olga Vadimovna

Doctor of Technical Sciences,
Associate professor,
Professor of oil and gas engineering department
named after professor G.T. Vartumyan,
Kuban state technological university
olgasavenok@mail.ru

Povarova Larisa Valeryevna

Candidate of Chemical Sciences,
Associate professor,
Associate Professor of Chemistry Department,
Kuban state technological university
larispv08@gmail.com

Avanesov Alexandr Sergeevich

Student,
Kuban state technological university
iCCup.House@mail.ru

Annotation. The article is devoted to the analysis of operation of horizontal wells, the efficiency of drilling of side tables and works on their deepening. These are relatively new promising methods of increasing the production rate and the final oil recovery factor. To select the data of geological and technical measures, it is necessary to take into account a number of factors, among which the main ones are: the area of occurrence of the lower deposits, their geological structure and the correct choice of zones for deepening the well bores.

Keywords: directional wells; a drilled fund; watering of oil; productive horizon; geological and technical measures; zone of well bore deepening.

А анализ результатов эксплуатации горизонтальных скважин

При разработке Вынгапуровского месторождения до 2010 года горизонтальные скважины не получили широкого распространения.

Согласно решению действующего проектного документа, в 2010 году пробурены одна двуствольная скважина на объект БВ₂ (пласт БВ₂⁰) и семь горизонтальных скважин на объект БВ₆. Четыре горизонтальные скважины объекта БВ₆ (№№ 8241, 8242, 8244 и 8247) пробурены на залежи в районе скважины № 417ПО, а три скважины (№№ 4780, 4781 и 4787) проложены на залежи в районе скважины № 505ПО. В 2011 году пробурены ещё 17 горизонтальных скважин, в т.ч. 15 на объект БВ₂



(13 на пласте BV_2^0 , 2 – на пласте BV_2^2), две – на объект BV_6 . В 2012 году пробурено 11 горизонтальных скважин, в т.ч. 8 на объект BV_2 (6 на пласте BV_2^0 , 2 – на пласте BV_{22}), по одной на объектах AV_{11}^2 , BV_6 и BV_8^1 . В 2012 году пробурены 11 горизонтальных скважин, в т.ч. 14 на объект BV_8^1 , 2 – на объект BV_8^2 , 5 – на объект ЮВ₁.

В целом по месторождению пробурена 61 горизонтальная скважина, из них 3 – на пласты группы ПК, 24 – на пласты BV_2^0 и BV_2^2 , 10 – на объект BV_6 , 16 – на объект BV_8^1 и 5 – на объект ЮВ₁. Дополнительная добыча за всю историю разработки от горизонтальных скважин составила 759,7 тыс. тонн нефти.

На объекте BV_8^1 первая горизонтальная скважина (№ 2103Г) пробурена в 1994 году на севере залежи объекта BV_8^1 в зоне нефтенасыщенной толщины пласта 22,0 м с длиной горизонтального ствола 283 м и введена с начальным дебитом безводной нефти 25,6 тонн/сут. Технологические показатели её эксплуатации незначительно отличались от показателей работы окружающих субвертикальных скважин объекта BV_8^1 . В июле 2010 года скважина остановлена с текущим дебитом нефти 0,7 тонн/сут. при обводнённости 94 %. Накопленные показатели добычи скважины № 2103Г составляют: по жидкости 109,1 тыс. тонн, нефти – 76,1 тыс. тонн, ВНФ – 0,43 доли ед.

На фрагменте карты текущего состояния разработки объекта BV_8^1 показано расположение скважины № 2103Г (рис. 1).

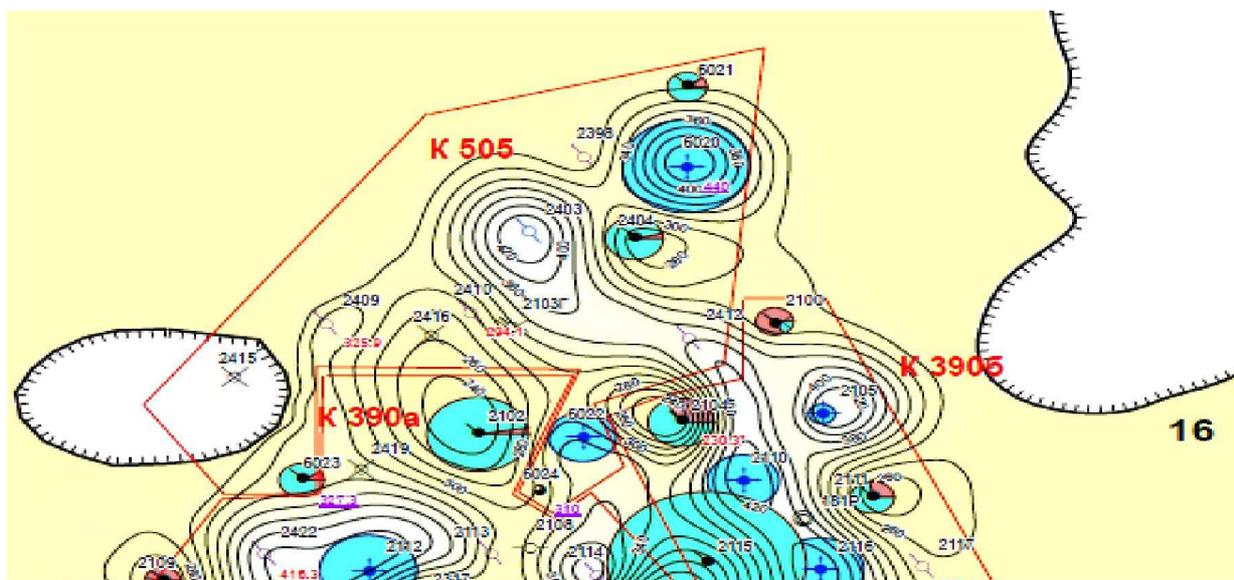


Рисунок 1 – Карта текущего состояния разработки в районе скважины № 2103Г, объект BV_8^1

В 2015 году на объекте BV_8^1 началось интенсивное внедрение горизонтальной технологии разработки залежей – в результате этого 15 скважин введено в эксплуатацию с августа по декабрь. В целом по 16 скважинам объекта BV_8^1 интегральная добыча жидкости составила 332,2 тыс. тонн, нефти – 129,6 тыс. тонн при ВНФ – 1,6, что равно 0,18 % суммарной добычи месторождения. Средний текущий дебит нефти – 38,37 тонн/сут., жидкости – 146,0 тонн/сут. при обводнённости 73,8 %.

За 2016 год из горизонтальных скважин добыто 52,7 тыс. тонн нефти и 217 тыс. тонн жидкости при среднегодовой обводнённости 75,7 %. Годовой отбор нефти равен 1,5 % от всей добычи нефти месторождения.

В 2017 году на объекте BV_8^2 были пробурены 2 горизонтальные скважины (№№ 3064Г и 3066Г – в октябре и декабре соответственно). Добыча жидкости по ним составила 13,3 тыс. тонн, нефти – 7,0 тыс. тонн при ВНФ – 0,91, что равно 0,01 % суммарной добычи месторождения. Средний текущий дебит нефти – 80,9 тонн/сут., жидкости – 239,8 тонн/сут. при обводнённости 66,3 %.

На фрагменте карты текущего состояния разработки объекта BV_8^1 (рис. 2) показано расположение скважин №№ 3064Г и 3066Г.

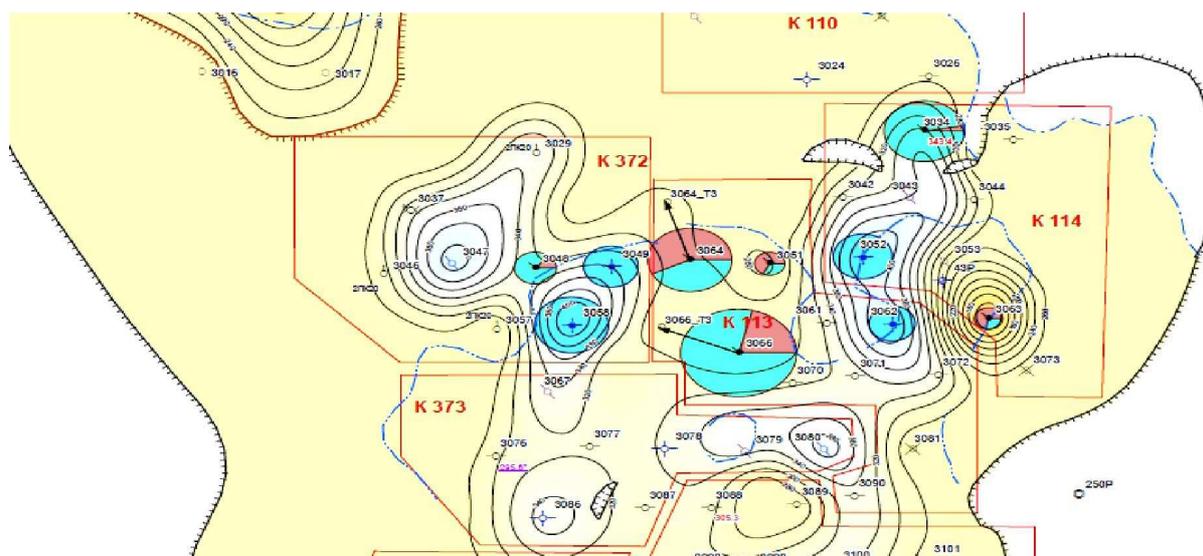


Рисунок 2 – Карта текущего состояния разработки в районе скважин №№ 3064Г и 3066Г, объект БВ¹⁸

Объекты ПК₂₁ – ПК₂₂. В 2005 году пробурено две горизонтальные скважины №№ 210Г и 208Г на объекте ПК₂₁¹ и одна ГС – на объекте ПК₂₂³ (скважина № 201Г). За период 2011–2017 гг. по трём горизонтальным скважинам пластов группы ПК накопленная добыча жидкости составила 4893,8 тыс. тонн, нефти – 487,7 тыс. тонн или 0,36 % от накопленной добычи по месторождению при большом значении ВНФ – 17,5 доли ед. Средняя вскрытая эффективная нефтенасыщенная толщина пласта составляет 13,5 м. По скважинам №№ 210Г и 208Г, эксплуатирующимся на объекте ПК₂₁, через полгода работы обводнённость выросла до уровня 80–85 %. Наиболее вероятной причиной резкого роста обводнённости является подъём конуса подошвенной воды в зоне отбора пласта.

Сравнить технологическую эффективность эксплуатации горизонтальных скважин №№ 210Г и 208Г с наклонно-направленными скважинами невозможно, т.к. на данный пласт (ПК₂₁¹) не запущена ни одна, в т.ч. из транзитных скважин подобной конфигурации.

Средний текущий дебит нефти по скважинам пластов группы ПК составляет 32,6 тонн/сут., жидкости – 1285,8 тонн/сут. За 2016 год из горизонтальных скважин добыто 33,6 тыс. тонн нефти и 1005,7 тыс. тонн жидкости при обводнённости 96,7 %, текущий годовой отбор нефти составляет 0,95 % от всей добычи месторождения.

На рисунке 3 представлена карта текущего состояния разработки залежей нефти объектов ПК₂₁ и ПК₂₂.

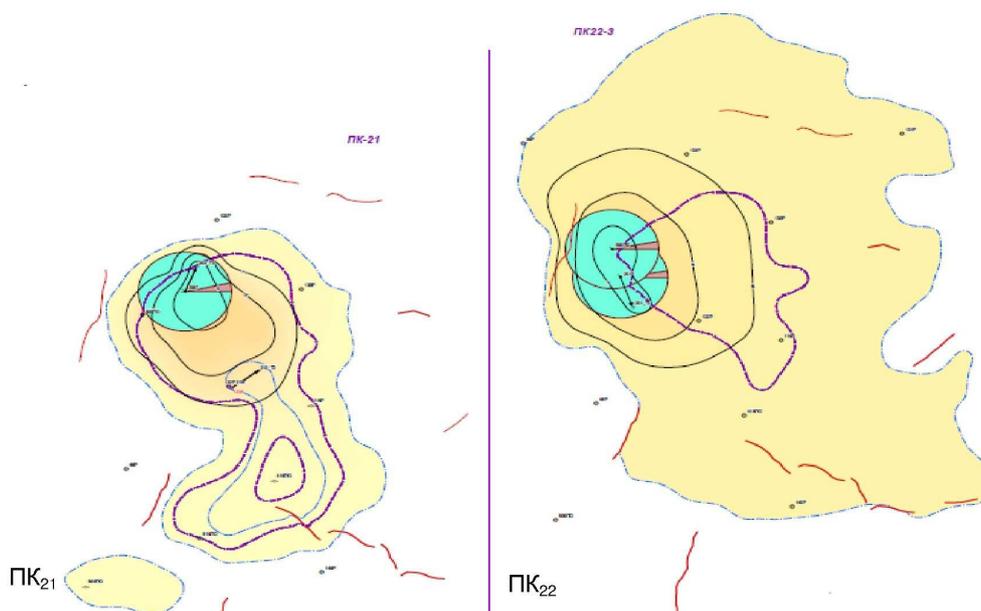


Рисунок 3 – Карта текущего состояния разработки залежей нефти объектов ПК₂₁ и ПК₂₂



В целом по Вынгапуровскому месторождению с начала внедрения горизонтальной технологии добыто 2125,1 тыс. тонн нефти, что составляет 2,9 % от всего объёма накопленной добычи при отборе 9449,1 тыс. тонн жидкости.

В 2017 году извлечено 2995,6 тыс. тонн жидкости, 456,1 тыс. тонн нефти, что составляет 13,0 % от годовой добычи нефти по месторождению при среднем текущем дебите нефти 84,3 тонн/сут., жидкости – 241,6 тонн/сут. при обводнённости продукции 84,3 %.

Анализ эффективности бурения боковых стволов

Внедрение нового способа восстановления скважин путём бурения боковых стволов (БС) на Вынгапуровском месторождении начато в 1996–1997 гг., когда были проведены первые зарезки на скважинах №№ 3098 и 3183 по южной залежи объекта БВ₈².

В последующее время этот метод получил активное развитие, начиная с 2003 года. За период 2005–2017 гг. на месторождении пробурено 120 боковых стволов, с начала внедрения ЗБС реализованы на 124 скважинах, вследствие чего было дополнительно добыто 1104,5 тыс. тонн нефти.

В период 2013–2017 гг. работы по БС проводились на Вынгапуровском месторождении на объектах БВ₂, БВ₆, БВ₈¹, БВ₈² и ЮВ₁; на Северо-Вынгапуровском месторождении – на объектах ЮВ₁, ЮВ₂ и ЮВ₅. Наибольшее количество скважино-операций (63) произведено на основном объекте разработки Вынгапуровского месторождения БВ₈¹, на объекте БВ₂ – 22 (15 – на БВ₂⁰ и 9 – на БВ₂²), 33 на объекте ЮВ₁ (в т.ч. на Северо-Вынгапуровском – 4), на объекте ЮВ₂ – 5 скважино-операций, на ЮВ₅ – 2 операции (рис. 4).

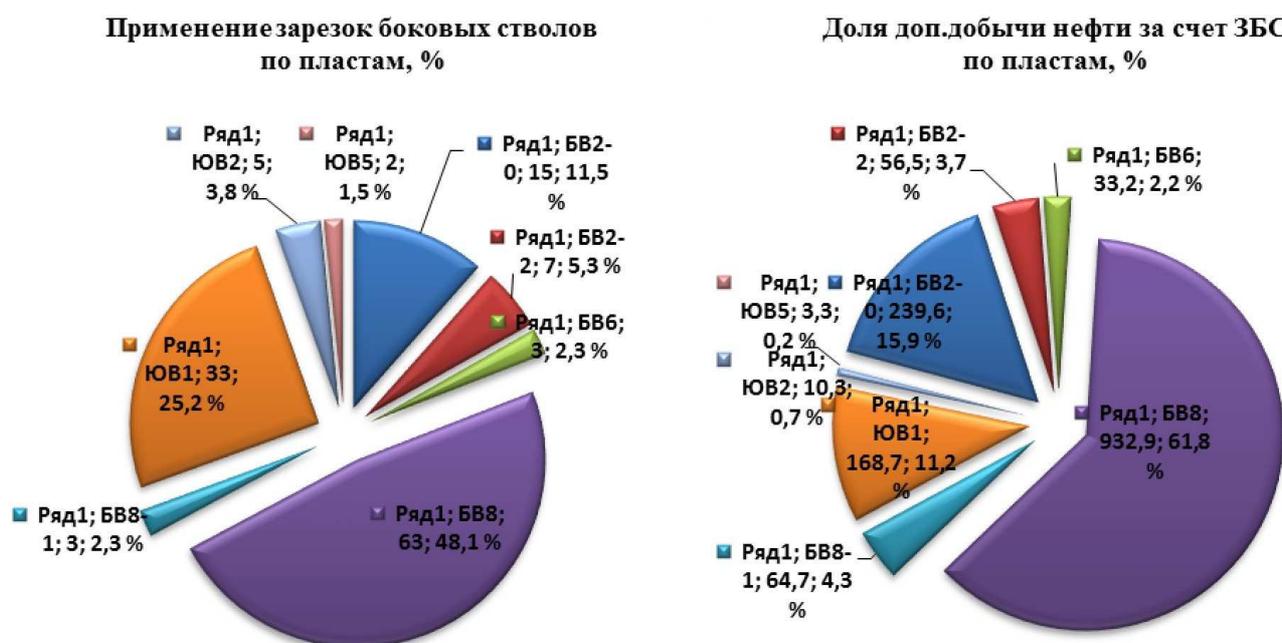


Рисунок 4 – Объёмы применения и доля дополнительной добычи нефти от бурения боковых тволов в разрезе продуктивных пластов Вынгапуровского месторождения

Анализ эффективности данного метода проведён по следующим основным показателям:

- 1) накопленная дополнительная добыча от всех БС составила 1509 тыс. тонн с учётом переходящего эффекта;
- 2) средняя накопленная добыча на одну операцию составила 12,0 тыс. тонн;
- 3) средний начальный дебит нефти 37,0 тонн/сут.;
- 4) после бурения БС увеличение дебита нефти изменяется в интервале от 1,7 до 94,2 тонн/сут.;
- 5) продолжительность эксплуатации скважин с БС доходит до 9–11 лет (скважины № № 4459 и 3098).

На рисунке 5 иллюстрируется доля дополнительной добычи нефти от бурения БС в разрезе продуктивных пластов в общем объёме добычи за счёт данного вида ГТМ.



Динамика зарезок боковых стволов и дополнительной добычи нефти

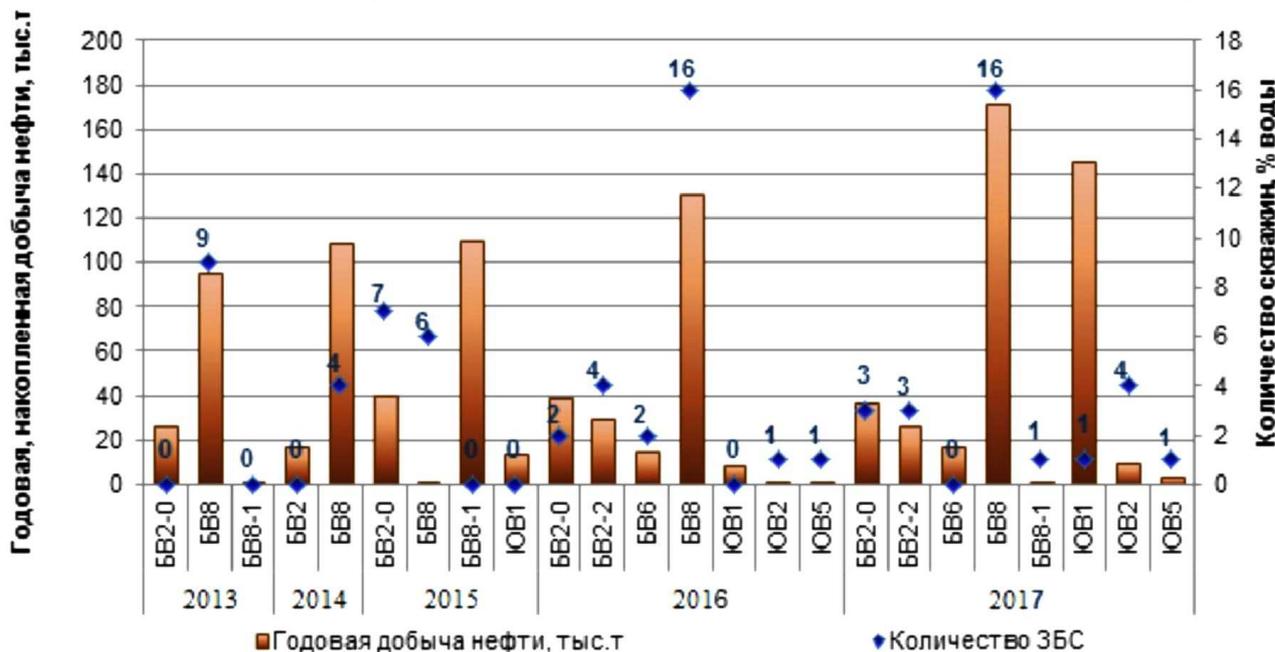


Рисунок 5 – Динамика бурения БС и дополнительной добычи нефти

Накопленный опыт бурения боковых стволов на месторождении, а также их результаты позволяют прогнозировать достаточно высокую эффективность бурения БС в перспективе. Для проведения эффективных зарезок вторых стволов необходимо уточнение основных геолого-промысловых критериев выбора первоочередных зон для бурения боковых стволов.

Анализ эффективности работ по углублению стволов скважин

С целью повышения использования пробуренного фонда на Вынгапуровском месторождении проводятся работы по углублению скважин, выполнивших проектное назначение на вышележащих продуктивных горизонтах, для выработки запасов нефти на новых и ранее обнаруженных, но не вовлеченных в разработку объектах. Внедрение этого способа восстановления скважин начато в 2004 году, когда в результате углубления скважины № 5170 до юрских отложений в южной зоне объекта ЮВ₁ была выявлена залежь нефти в районе скважины № 5186 с получением промышленного притока нефти дебитом 79,8 тонн/сут. при низкой обводненности 4,8 %.

В последующее время этот метод получил интенсивное развитие. Работы по углублению стволов проводились, в основном, на скважинах выработанной части залежи объекта БВ₆ до объекта БВ₈¹ и с объекта БВ₈¹ на юго-западе до залежи объекта ЮВ₁. Всего за период разработки выполнено 40 операций по углублению скважин до основного объекта разработки БВ₈¹ и до объекта ЮВ₁ – 13 операций. Накопленная дополнительная добыча от операций после углубления скважин с учётом переходящего эффекта составила 635,1 тыс. тонн нефти.

Проведён анализ эффективности данного метода за 2013–2017 гг. по следующим основным показателям (табл. 3):

- 1) накопленная дополнительная добыча от операций после углубления скважин составила с учётом переходящего эффекта 543,1 тыс. тонн;
- 2) средняя удельная добыча нефти на одну операцию составила 12,0 тыс. тонн;
- 3) средний начальный дебит нефти углублённых скважин – 47,7 тонн/сут. при обводненности 25,1 %;
- 4) увеличение начального дебита нефти изменяется в пределах от 2,6 до 196,7 тонн/сут.;
- 5) продолжительность эксплуатации первой углублённой скважины с БС составляет 8,2 лет, а большинства скважин 1,2–3,1 года.

Ежегодная доля эффекта из углублённых скважин изменяется от 0,7 до 5,5 % (в 2015 году), в среднем составляя 3 % от общего объёма добычи нефти по месторождению. В целом приращение КИН от реализации данного мероприятия с 2013 по 2017 гг. составило 0,0074 доли ед.

В таблице 1 приведены показатели эксплуатации углублённых скважин за период 2013–2017 гг.



Таблица 1 – Показатели эксплуатации углубленных скважин за период 2013–2017 гг.

Показатели	2013		2014		2015		2016		2017	
	Ю ₁	БВ ₈ ¹								
Количество скважино-операций	4	0	9	15	11	39	13	40	13	40
Годовая добыча нефти, тыс. тонн	11,4	0	14,8	87,8	4,3	85,8	10,0	4,5	0	0
Годовая добыча жидкости, тыс. тонн	12,3	0	20,0	98,2	5,3	124,6	10,3	6,4	0	0
% воды	7,1	0	26,4	10,5	18,3	31,2	3,5	30,3	0	0
Годовая добыча нефти с переходящим эффектом, тыс. тонн	24,1	0	24,0	87,8	37,1	174,7	40,3	67,0	58,7	29,5
Годовая добыча жидкости с переходящим эффектом, тыс. тонн	31,2	0	36,4	98,2	57,5	231,8	79,9	146,3	94,5	175,8
Накопленная добыча нефти с переходящим эффектом, тыс. тонн	116,0	0	140,0	87,8	177,1	262,5	217,4	329,5	276,0	359,1
Накопленная добыча жидкости с переходящим эффектом, тыс. тонн	144,0	0	180,4	98,2	237,9	329,9	317,7	476,2	412,2	652,1

Накопленный опыт углубления скважин на нижние продуктивные горизонты на месторождении, а также результаты их эксплуатации свидетельствуют о перспективности этого вида ГТМ по использованию пробуренного фонда для выработки запасов неразрабатываемых объектов и позволяют прогнозировать в перспективе достаточную эффективность метода. Для проведения эффективных ГТМ по углублению стволов необходимо провести анализ неработающих скважин на площади залегания нижних залежей, уточнить их геологическое строение и обосновать основные геолого-промысловые критерии выбора первоочередных объектов и зон по углублению стволов скважин.

Литература:

1. Геологический отчет ОАО «Газпромнефть – ННГ». – Ноябрьск, 2014.
2. Гумерский Х.Х., Жданов С.А., Гомзиков В.К. Прирост извлекаемых запасов нефти за счёт применения методов увеличения нефтеотдачи // Нефтяное хозяйство. – 2000. – № 5. – С. 38–41.
3. Письменский А.В., Арутюнян А.С., Савенок О.В. Математическое моделирование течения жидкости в перфорированных трубах // Ежемесячный научно-технический журнал «Нефтепромысловое дело». – М. : ВНИИОЭНГ, 2013. – № 8. – С. 38–40.
4. Поварова Л.В., Приходько М.Г., Савенок О.В. Факторы, обуславливающие экологическую опасность нефтедобычи / Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции с элементами научной школы для молодежи «Экологические проблемы нефтедобычи – 2014» (21–23 октября 2014 года, г. Уфа). – Уфа : изд-во «РИЦ УГНТУ», 2014. – С. 28–32.
5. Савенок О.В., Арутюнян А.С., Петрушин Е.О. Анализ эффективности проведения потокоотклоняющих технологий на Вынгапуровском нефтегазоконденсатном месторождении // Научно-технический журнал «Инженер-нефтяник». – М. : Издательство ООО «Ай Ди Эс Дриллинг», 2017. – № 4. – С. 16–20.
6. Яковлев А.Л., Самойлов А.С., Сезар Лину Андре, Джоакуим Моисес Висенте. Анализ применения и рекомендации потокоотклоняющих технологий на Вынгапуровском месторождении : Булатовские чтения / Материалы I Международной научно-практической конференции (31 марта 2017 года): в 5 томах : сборник статей под общ. ред. д-ра техн. наук О.В. Савенок. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – Т. 2: Разработка нефтяных и газовых месторождений. – С. 323–331 – URL : <http://id-yug.com/images/id-yug/Bulatov/2017/2/PDF/2017-V2-323-331.pdf>
7. Антониади Д.Г., Савенок О.В., Шостак Н.А. Теоретические основы разработки нефтяных и газовых месторождений : учебное пособие. – Краснодар : ООО «Просвещение-Юг», 2011. – 203 с.
8. Булатов А.И., Савенок О.В. Капитальный подземный ремонт нефтяных и газовых скважин: в 4 томах. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2012–2015. – Т. 1–4.

References:

1. Geological report of JSC Gazpromneft – NNG. – Noyabrsk, 2014.
2. Gumersky H.H., Village of Zhdanov. And., Gomzikov V.K. Prirost of recoverable oil reserves due to application of methods of increase in oil recovery // Oil economy. – 2000. – No. 5. – P. 38–41.
3. Pismensky A.V., Arutyunyan A.S., Savenok O.V. Mathematical modeling of a current of liquid in the punched pipes // the Monthly scientific and technical magazine «Neftepromyslovoye Delo». – M. : VNIIOENG, 2013. – No. 8. – P. 38–40.



4. Povarova L.V., Prikhodko M.G., Savenok O. In the Factors causing ecological danger the oil production / Collection of reports of the IV International scientific and practical conference with elements of school of sciences for youth «Environmental problems of oil production – 2014» (on October 21–23, 2014, Ufa). – Ufa : RITS UGNTU publishing house, 2014. – P. 28–32.
5. Savenok O.V., Arutyunyan A.S., Petrushin E.O. The analysis of efficiency of carrying out potokootklonyayushchy technologies on the Vyngapurovsky oil-gas condensate field // the Scientific and technical magazine «Inzhenер-neftyanik». – M. : LLC Ai Dee Es Drilling publishing house, 2017. – No. 4. – P. 16–20.
6. Yakovlev A.L., Samoylov A.S., César Lina Andrée, Dzhoakuim Moises of Vicente. The analysis of application and the recommendation of potokootklonyayushchy technologies on the Vyngapurovsky field : Bulatovsky readings / Materials the I International scientific and practical conference (on March 31, 2017): in 5 volumes : the collection of articles under a general edition of the Dr. Sci. Tech. O.V. Savenok. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2017. – T. 2: Development of oil and gas fields. – P. 323–331. – URL : <http://id-yug.com/images/id-yug/Bulatov/2017/2/PDF/2017-V2-323-331.pdf>
7. Antoniadi D.G., Savenok O.V., Shostak N.A. Theoretical bases of development of oil and gas fields : manual. – Krasnodar : LLC Prosveshcheniye-Yug, 2011. – 203 p.
8. Bulatov A.I., Savenok O.V. Capital underground repairs of oil and gas wells: in 4 volumes. – Krasnodar : Publishing house – the South, 2012–2015. – T. 1–4.