

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2022.2.111-119>

EDN NUUDDW

УДК 622.276.1/4

**Оценка влияния площади фильтрационных каналов
на продуктивность скважины при вторичном вскрытии
продуктивного горизонта в карбонатной толще**

^{1,2}Мухаметшин Р.З., ¹Садыков Р.Р.

¹Казанский федеральный университет, Казань, Россия

²Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия

**Influence of the filtration channels area on well productivity
during the secondary opening of the productive horizon
in the carbonate sequence**

^{1,2}R.Z. Mukhametshin, ¹R.R. Sadykov

¹Kazan Federal University, Kazan, Russia

²Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia

E-mail: geoeng111@yandex.ru

Аннотация. На примере залежи высоковязкой нефти башкирского яруса одного из месторождений Мелекесской впадины произведена оценка влияния фильтрационных каналов на добычные возможности скважин. Принятый при анализе методический подход позволил прийти к заключению: 1) о недостаточной плотности отверстий перфорации при вторичном вскрытии карбонатного продуктивного горизонта; 2) в условиях насыщения пород-коллекторов высоковязкой нефтью глубина проникновения отверстий перфорации начинает играть менее значимую роль; 3) о наличии резерва добычных возможностей для увеличения производительности скважин.

Ключевые слова: залежь, высоковязкая нефть, карбонатный коллектор, башкирский ярус, Мелекесская впадина, вторичное вскрытие, низкопродуктивный продуктивный пласт, перфорация, фильтрующий канал фильтрации, оптимизация плотности перфораций, методический подход

Для цитирования: Мухаметшин Р.З., Садыков Р.Р. Оценка влияния площади фильтрационных каналов на продуктивность скважины при вторичном вскрытии продуктивного горизонта в карбонатной

толще // Нефтяная провинция. - 2022. - №2(30). - С.111-119. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2022.2.111-119>. - EDN NUUDDW

Abstract. On the example of a high-viscosity oil deposit of the Bashkirian stage of the field in the Melekessskaya depression, an assessment was made of the influence of filtration channels on the production capabilities of wells. The methodological approach adopted in the analysis made it possible to come to the conclusion: 1) about insufficient density of perforation holes during the secondary opening of the carbonate productive horizon; 2) under conditions of saturation of reservoir rocks with high-viscosity oil, the depth of penetration of perforation holes begins to play a less significant role; 3) on the availability of a reserve of production opportunities to increase the productivity of wells.

Key words: *Carbonate reservoir, high-viscosity oil, Bashkirian stage, Melekessskaya depression, secondary exposure, low-productive reservoir, perforation, filtration channel, optimization of perforation density, methodical approach*

For citation: R.Z. Mukhametshin, R.R. Sadykov. Otsenka vliyaniya ploshchadi fil'tracionnykh kanalov na produktivnost' skvazhiny pri vtorichnom vskrytii produktivnogo gorizonta v karbonatnoy tolshche [Influence of the filtration channels area on well productivity during the secondary opening of the productive horizon in the carbonate sequence]. Neftyanaya Provintsiya, No. 2(30), 2022. pp. 111-119. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2022.2.111-119>. EDN NUUDDW (in Russian)

Методы вскрытия пластов, по убеждению специалистов-практиков и ученых [1, 2 и др.], имеют важнейшее значение для сохранения коллекторских свойств призабойной части пласта. Ярким примером тому может служить освоение Кравцовского (Д-6) месторождения нефти в акватории Балтийского моря. При разбуривании месторождения с морской ледостойкой стационарной платформы (МЛСП) компания «ЛУКОЙЛ» привлекла передовые технологии, в том числе касающиеся не только строительства скважин с горизонтальным окончанием, но и буровых растворов, что в первую очередь связано с необходимостью извлечь наибольшее количество углеводородов за время «жизни» МЛСП. К эксплуатации месторождения приступили в июле 2004 г. Начальные дебиты большинства скважин, эксплуатируемые открытым забоем, составили 350-400 т/сут, и это при щадящих депрессиях и невысоких коллекторских свойствах продуктивных пластов – коэффициент пористости 0,12 и проницае-

мость 0,225 мкм². По данным геологической службы «ЛУКОЙЛ-Калининградморнефть» уже за 7,5 лет эксплуатации на месторождении удалось на естественном режиме (характерная особенность разработки месторождений Калининградской области) отобрать 28,4 % начальных геологических и более 61 % извлекаемых запасов нефти!

Принято считать, что более 90 % фонда добывающих и нагнетательных скважин на нефтяных месторождениях России эксплуатируется с перфорированным забоем, то есть они не совершенные по крайней мере по характеру вскрытия. Тем не менее преимущества такого способа вторичного вскрытия продуктивных пластов общеизвестны. Однако по Р.Х. Муслимову [2] «проблема повышения эффективности вскрытия приобрела особую актуальность по причине увеличения трудноизвлекаемых запасов нефти в нефтедобывающих районах», к которым несомненно относятся залежи нефти в крайне неоднородных карбонатных пластах. В то же время вопросы влияния технологии вторичного вскрытия продуктивных горизонтов на производительность скважин не нашли окончательного ответа, хотя этому во многих компаниях уделяется должное внимание.

Интерес к влиянию отверстий перфорации на продуктивность скважин (продуктивных пластов) начал проявляться еще в 40-гг. прошлого столетия. Мало того, что несовершенство скважины приводит к искривлению линий тока вблизи забоя скважины, в результате чего возникают дополнительные фильтрационные сопротивления, в работе [3] показано, что помимо этого при фильтрации жидкости через отверстия перфорации часто нарушается закон Дарси и возрастание депрессии на пласт может приводить к снижению продуктивности.

Мнения специалистов по выбору типов перфораторов, способов перфорации и плотности отверстий расходятся. Так, в работе [1] отмечается, что «традиционный подход к определению оптимальной плотности перфорации (20 отверстий на 1 м) подвергается в последнее время серьез-

ной корректировке» и «зависимость эффективности перфорации от состояния пласта к моменту перфорации (степени техногенной пораженности) и его неоднородности обуславливает неоднозначное толкование оптимальной плотности». В той же статье авторы приводят утверждение И.Н. Гайворонского (2000 г.) о том, что «перфорация может оказаться эффективной при плотности 2-4 отв./м и не привести к положительным результатам при плотности даже 40 отв./м» [1]. Тем не менее рекомендовано использовать плотность перфорации для песчаников 10-15 отв./м, для карбонатов - 20-25 отв./м, правда, при этом для конкретных объектов допускается и соответствующая корректировка.

На месторождениях Татарстана, в частности на промыслах ПАО «Татнефть», 86 % протрелочных работ выполняется кумулятивными перфораторами и около 6-7 % - сверлящими. Принятая в «Татнефти» типовая схема вторичного вскрытия пластов предусматривает, в числе прочего, вскрытие пласта кумулятивной перфорацией (в основном перфоратором ПК-105) с плотностью 10 отв/м в среде водных растворов МЛ-80, МЛ-81 Б [1]. На небольших предприятиях, эксплуатирующих месторождения Мелекесской впадины, обычно применяемая плотность перфорации также составляет 10 отверстий на 1 погонный метр продуктивного пласта. Много это или мало? Априори об этом судить сложно.

Поэтому нами предлагается использовать эмпирический метод оценки влияния вторичного вскрытия на добычные возможности эксплуатирующих залежи скважин. В качестве объекта исследования выбрана залежь высоковязкой (>100 мПа·с в пластовых условиях) нефти башкирского яруса месторождения Б Мелекесской впадины, заключенная в карбонатных коллекторах. Выбор данного малопродуктивного объекта обусловлен двумя причинами: 1) он разбуривался в короткие сроки; 2) технология первичного вскрытия продуктивного горизонта в скважинах была однотипной, что делает сопоставимыми и вполне корректными полученные расчетным путем данные, в том числе и промысловые (Таблица).

Таблица

Исходные данные для расчетов

Тип перфоратора	Число скважин	Суммарная толщина коллекторов, м	Количество перфорационных отверстий в интервале коллекторов	Число перфорационных отверстий на 1 пог. м коллекторов	Площадь коллекторов, рассчитанная на одно отверстие перфорации, см ²	Средневзвешенная пористость коллекторов, %	Общая площадь фильтрующих каналов, см ²
ПК-105	14	5,1-23,5	19,7-259,0	2,1-17,6	94,21	8,6-16,9	252,4-3010,9
ПС-112/70	3	11,5-13,7	47,5-184,0	5,0-5,9	30,02	11,5-13,7	195,4-561,0

На эксплуатирующем месторождение предприятии предпочтение также отдано кумулятивным перфораторам одноразового использования – типа ПК-105 с глубиной канала 280 мм и его диаметром 11 мм, которые обладают низким фугасным действием и позволяют за одну спускоподъемную операцию простреливать протяженные интервалы. В ряде эксплуатационных скважин применялись сверлящие перфораторы типа ПС-112/70, которые используются на месторождениях с конца 1990-х гг. и позволяют создавать каналы без ударного воздействия, что не оказывает негативное влияние на качество цементного кольца [1, 4]. У сверлящего перфоратора глубина канала 70 мм, а его диаметр 15 мм. При использовании для разбуривания продуктивных интервалов 6"-дюймовых долот и внутреннем диаметре эксплуатационной колонны 148 мм это означает проникновение отверстий перфорации на глубину соответственно на 270 мм (ПК-105) и 60 мм (ПС-112/70). Всего для анализа привлечены данные по 14 скважинам с использованием кумулятивного перфоратора ПК-105 и три скважины со сверлящим перфоратором ПС-112/70 (см. таблицу).

Выполненные расчеты позволили получить искомые зависимости (Рис. 1, 2). На основании обработки этих данных напрашиваются выводы: 1) о недостаточной плотности отверстий перфорации при вторичном вскрытии карбонатного продуктивного горизонта; 2) в условиях насыщения пород-коллекторов высоковязкой нефтью глубина проникновения отверстий перфорации начинает играть менее значимую роль, на что указывает сравнение графиков на рис. 1 и 2; 3) о наличии резерва добычных возможностей для увеличения производительности скважин (Рис. 3). Этим самым доказывается целесообразность применения перфорационного метода обработки призабойной зоны (ОПЗ) путем повторного дострела продуктивных интервалов, или, как нередко это именуют, проведение третичного вскрытия пластов. Также очевидно, что при вторичном вскрытии карбонатных коллекторов следует рекомендовать плотность перфорации не менее 15 отв./м.

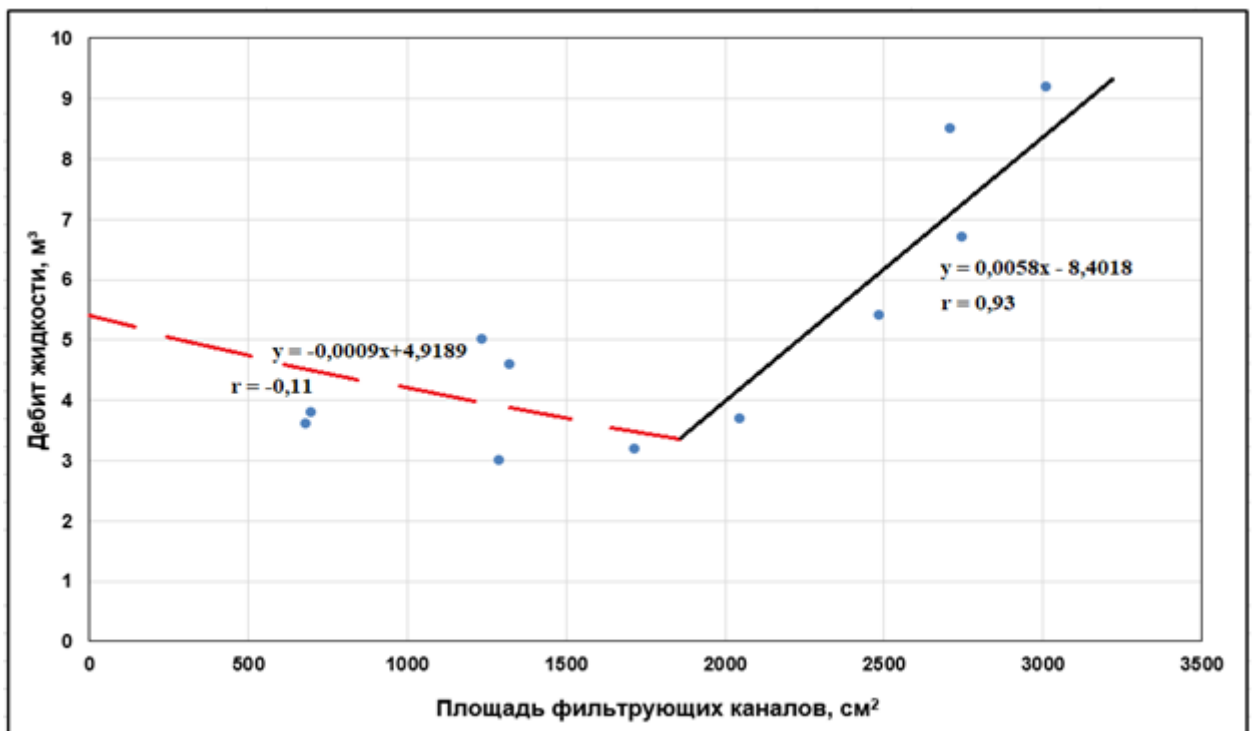


Рис. 1. Зависимость среднего дебита жидкости за первые три месяца эксплуатации скважин от площади фильтрационных каналов при применении кумулятивного перфоратора ПК-105

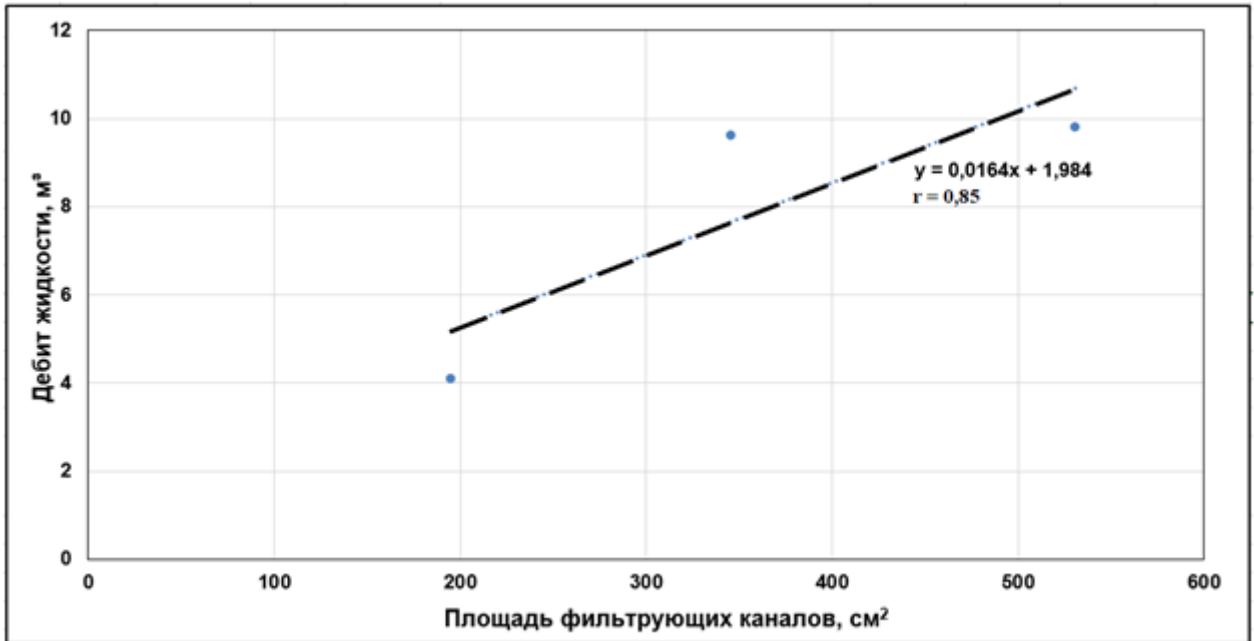


Рис. 2. Зависимость среднего дебита за первые три месяца эксплуатации скважин от площади фильтрационных каналов при применении перфоратора сверлящего типа ПС-112/70

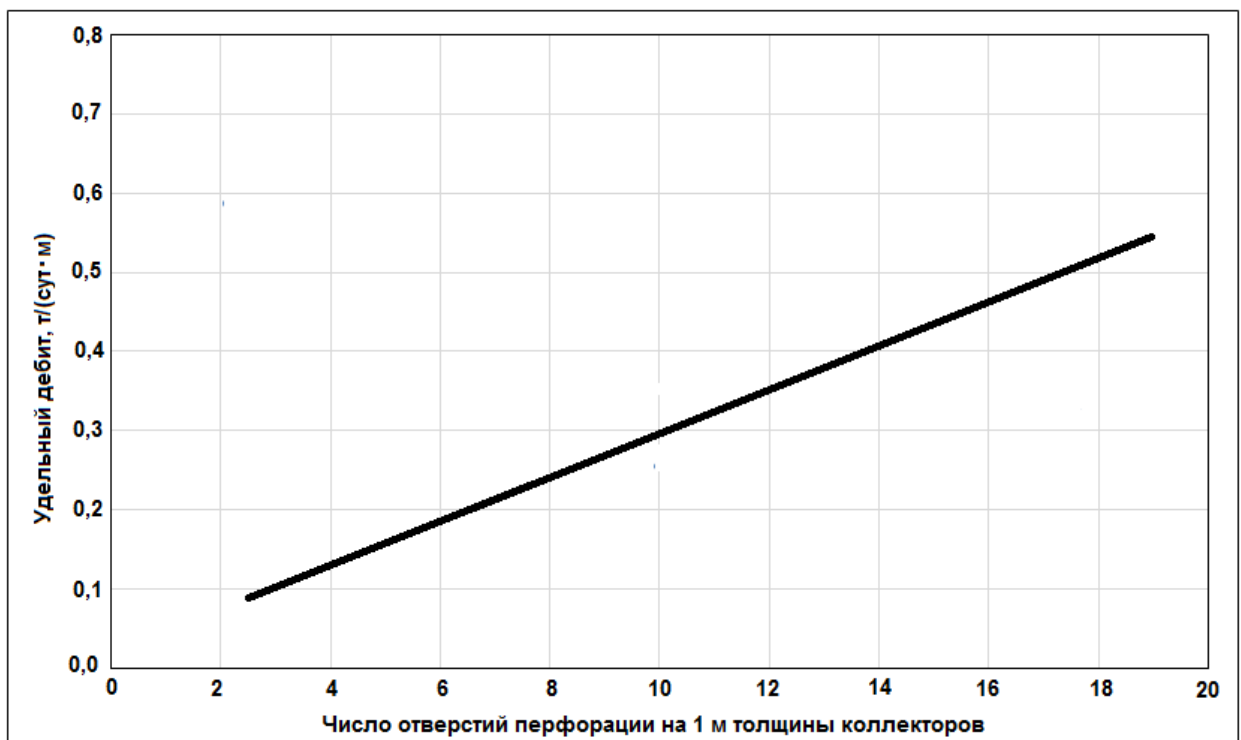


Рис. 3. Зависимость удельного дебита жидкости (нефти) за первые три месяца эксплуатации скважин от числа перфорационных отверстий при применении кумулятивного перфоратора ПК-105

Список литературы

1. Тахаутдинов Ш.Ф., Хисамов Р.С., Юсупов И.Г. Состояние и перспективы повышения эффективности вторичного вскрытия пластов на месторождениях Татарстана // Нефтяное хозяйство. – 2007. – № 7. – С. 16–19.
2. Муслимов Р.Х. Опыт Республики Татарстан по рациональному освоению нефтяных богатств недр: былое и думы о будущем. – Казань: Изд-во «Фэн» Академии наук РТ, 2021. – 680 с.
3. Тихов М.Н. Влияние перфораций в обсадных трубах на продуктивность скважин // Нефтяное хозяйство. – 1947. – № 5. – С. 22–27.
4. Таипова В.А., Филиди Г.Н., Гуторов Ю.А. Анализ сравнительной эффективности сверлящей и фрезерной перфорации в эксплуатационных и нагнетательных скважинах НГДУ «Азнакаевскнефть» ПАО «Татнефть» // Нефтяная провинция. – 2019. – № 3(19). С. 189–201. DOI:10.25689/NP.2019.3.189-201

References

1. Takhautdinov Sh.F., Khisamov R.S., Yusupov I.G. Sostoyaniye i perspektivy povysheniya effektivnosti vtorichnogo vskrytiya plastov na mestorozhdeniyakh Tatarstana [Practice of formation recompletion in tatarstan and optimization potential]. Neftyanoye Khozyaistvo [Oil Industry], 2007, No. 7. pp. 16–19. (in Russian).
2. Muslimov R.Kh. Opyt Respubliki Tatarstan po ratsional'nomu osvoyeniyu neftyanых bogatstv nedr: byloye i dumy o budushchem [The experience of the Republic of Tatarstan in the rational development of the oil wealth of the subsoil: the past and thoughts about the future]. Kazan': Izd-vo «Fen» Akademii nauk RT [Kazan: Publishing House "Fen" of the Academy of Sciences of the Tatarstan Republic], 2021. – 680 p. (in Russian).
3. Tikhov M.N. Vliyaniye perforatsiy v obsadnykh trubakh na produktivnost' skvazhin [Influence of perforations in casing pipes on well productivity]. Neftyanoe Khozyaistvo [Oil Industry], 1947, No. 5. pp. 22–27. (in Russian).
4. Taipova V.A., Filidi G.N., Gutorov Yu.A. Analiz sravnitel'noy effektivnosti sverlyashchey i frezernoy perforatsii v ekspluatatsionnykh i nagnetatel'nykh skvazhinakh [Comparative analysis of efficiency of drill and milling perforation in production and injection wells of NGDU Aznakaevskneft]. Neftyanaya provintsiya [Oil Province]. – 2019. – No. 3(19). pp. 189–201. DOI:10.25689/NP.2019.3.189–201(in Russian).

Сведения об авторе

Мухаметшин Рустам Закиевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геологии нефти и газа им. акад. А.А. Трофимука Института геологии и нефтегазовых технологий, Казанский (Приволжский) федеральный университет; профессор кафедры литологии и геологии горючих ископаемых, Уральский государственный горный университет

Researcher-ID: ABF-6118-2021

Scopus author ID: 6602628562

ORCID: 0000-0001-5346-7809

Google scholar: <https://scholar.google.ru/citations?user=a32IW2IAAAAJ&hl=ru>

Россия, 420111, г. Казань, ул. Кремлевская 4/5

E-mail: geoeng111@yandex.ru

Садыков Раиф Раисович, студент-магистрант Института геологии и нефтегазовых технологий, Казанский (Приволжский) федеральный университет

Россия, 420111, г. Казань, ул. Кремлевская 4/5

E-mail: raifsad@mail.ru

Author

R.Z. Mukhametshin, Dr. Sc., Professor of Oil and Gas Geology Chair at Kazan Federal University; Professor of Lithology and Geology of Fossil Fuels Chair at Ural State Mining University

Researcher-ID: ABF-6118-2021

Scopus author ID: 6602628562

ORCID: 0000-0001-5346-7809

Google scholar: <https://scholar.google.ru/citations?user=a32IW2IAAAAJ&hl=ru>

4/5, Kremlin st. Kazan, 420111, Russia

E-mail: geoeng111@yandex.ru

R.R. Sadykov, Master student of the Institute of Geology and Oil and Gas Technologies, Kazan Federal University

4/5, Kremlin st. Kazan, 420111, Russia

E-mail: raifsad@mail.ru

Статья поступила в редакцию 05.06.2022

Принята к публикации 18.06.2022

Опубликована 30.06.2022