

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2022.2.77-87>

EDN GLIGOX

УДК 622.276.1/4(470.41)

**Оценка эффективности комплексной технологии
для выработки запасов нефти кизеловского горизонта
Бавлинского месторождения**

Зацарина Л.В., Кучинская И.С.

Институт «ТатНИПИнефть», Бугульма, Россия

**Assessment of efficiency of complex technology for development of
stocks of kizelovsky oil of the horizon Bavly field**

L.V. Zatsarina, I.S. Kuchinskaya

TatNIPIneft Institute, Bugulma, Russia

E-mail: zasarina@tatnipi.ru

Аннотация. Опыт проектирования систем разработки маломощных низкопродуктивных объектов месторождений со сравнительно небольшими запасами нефти показывает, что их эксплуатация с применением только традиционных вертикальных скважин недостаточно эффективна, в большинстве случаев – нерентабельна. В то же время практически не рекомендуются варианты разработки месторождений исключительно скважинами с горизонтальным окончанием, так как не во всех геологических условиях их бурение рационально.

Ключевые слова: скважина с горизонтальным окончанием, массивно-слоистое строение, уплотненные карбонатные породы, опытные участки, комплексная технология разработки, чистый дисконтированный доход

Для цитирования: Зацарина Л.В., Кучинская И.С. Оценка эффективности комплексной технологии для выработки запасов нефти кизеловского горизонта Бавлинского месторождения//Нефтяная провинция.-2022.-№2(30).-С.77-87. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2022.2.77-87>. EDN GLIGOX

Abstract. Experience of design of systems of development of low-power low-productive objects of fields with rather small stocks of oil shows that their operation with application of only traditional vertical wells is insufficiently effective, in most cases – is unprofitable. At the same time options of development of fields by exclusively wells with the horizontal termination as not in all geological conditions their drilling is rational practically are not recommended.

Key words: *well with the horizontal termination, the massive and layered structure, the condensed carbonate breeds, skilled sites, complex technology of development, the net discounted income*

For citation: L.V. Zatsarina, I.S. Kuchinskaya Ocenka jeffektivnosti kompleksnoj tehnologii dlja vyrabotki zapasov nefti kizelovskogo gorizonta Bavlinskogo mestorozhdenija [Assessment of efficiency of complex technology for development of stocks of kizelovsky oil of the horizon Bavly field]. Neftyanaya Provintsiya, No. 2(30), 2022. pp. 77-87. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2022.2.77-87>. EDN GLIGOX (in Russian)

Многолетний опыт проектирования систем разработки маломощных низкопродуктивных объектов месторождений со сравнительно небольшими запасами нефти показывает, что их эксплуатация с применением только традиционных вертикальных скважин (ВС) недостаточно эффективна, в большинстве случаев – нерентабельна. В то же время практически не рекомендуются варианты разработки месторождений исключительно скважинами с горизонтальным окончанием (СГО), так как не во всех геологических условиях их бурение рационально.

Коробковский участок Бавлинского месторождения (6 блок 998 залежи) находится в западной части Бавлинского вала, который характеризуется следующими особенностями геологического строения:

- массивно-слоистое строение залежи нефти в отложениях кизеловского горизонта турнейского яруса;
- наличие покрывки залежи в отложениях турнейского яруса, сложенной глинами елховского горизонта;
- выделение в нефтенасыщенном разрезе двух пачек пород с высоким и низким электрическими сопротивлениями, переслаивание плотных и проницаемых прослоев толщиной 0,6÷3 м;
- песчанистость в пределах этажа нефтеносности изменяется от 0,51 до 1, расчлененность – от 1 до 5, водо-нефтяной контакт (ВНК) по результатам геофизических исследований скважин (ГИС) и опробования отбивается в среднем на а.о. -(994-1005) м;
- средняя толщина пород кизеловского горизонта составляет 21,8 м, эффективная нефтенасыщенная – 5,6-15 м, средняя равна 10,9 м;

- средняя проницаемость коллектора по скважинам равна $12,3 \times 10^{-3}$ мкм², средний удельный коэффициент продуктивности - $1,386 \text{ м}^3/(\text{сут} \times \text{МПа} \times \text{м})$, причем значения проницаемости, рассчитанные по данным гидродинамических исследований скважин (ГДИС), существенно превышают данные по керну, что подтверждает наличие трещиноватости во вмещающих коллекторах;
- гидродинамическая связь залежи в отложениях кизеловского горизонта с нижними пластовыми водами осуществляется не только через законтурную область, но и через поверхность ВНК при его наличии (подошвенная вода);
- в большинстве скважин продуктивная часть разреза отделена от водонасыщенной уплотненными карбонатными породами, что затрудняет связь с подошвенной водоносной областью, происходит некоторое запечатывание в результате сульфатации и битумизации, а также изначального природного ухудшения коллекторских свойств пород, слагающих законтурную область [1-3].

С целью выбора оптимальной системы разработки Коробковского участка его эксплуатация началась в середине 80-х годов XX века с выделения опытных участков и разбуривания их по сетке скважин разных геометрии и плотности:

- участок скв. №859 (1985 г.) выбран для определения эффективности разработки кизеловских отложений на естественном режиме при уплотненной сетке скважин 200×200 м и создании на забоях скважин искусственных каверн-накопителей нефти (ИКНН);
- участок скв. №897 (1985 г.) разбурен по треугольной сетке 400×400 м с расположением нагнетательной скважины в центре элемента и созданием на забоях добывающих скважин ИКНН для оценки эффективности поддержания пластового давления путем заводнения в зависимости от расстояния добывающих скважин до очага заводнения;

- участок скв. №2715 (1988 г.) разбурен по равномерной квадратной сетке 200×200 м 14 добывающими скважинами с целью определения влияния плотности сетки на коэффициент извлечения нефти (КИН) при эксплуатации карбонатных коллекторов с созданием на забоях скважин ИКНН;
- участок скв. №1222 (1988 г.) разбурен по неравномерной сетке с расстоянием между нагнетательной и добывающей скважинами от 350 до 900 м (в среднем 600 м) для изучения эффективности разработки карбонатных коллекторов с использованием заводнения.

Результаты эксплуатации опытных участков показали эффективность разработки карбонатных коллекторов Бавлинского месторождения с применением заводнения, что позволило стабилизировать пластовое давление, снизить темпы обводнения и поддерживать дебиты скважин на рентабельном уровне по сравнению с дебитами скважин других участков месторождения. Опытная разработка по плотной сетке скважин на естественном режиме вызвала более быстрое снижение давления в зоне отбора и даже при обеспечении приемлемой степени выработки запасов такой режим мог привести к такому уменьшению дебитов, что эксплуатация вертикальных скважин станет убыточной.

С 2001 г. на Коробковском участке началось интенсивное разбуривание кизеловского объекта по новой комплексной технологии разработки, заключающейся в бурении на кусте сначала водозаборных скважин, затем нагнетательных и наклонно направленных добывающих скважин. Для создания равномерного фронта вытеснения нефти водой проводку горизонтальных стволов в элементе выполняют равноудаленно от нагнетательной скважины, т.е. начало и конец горизонтальных стволов располагают на одинаковом расстоянии от нагнетательной скважины (Рис. 1) [4-8].

В настоящее время разбуривание и эксплуатация Коробковского участка осуществляется по принятой технологии.

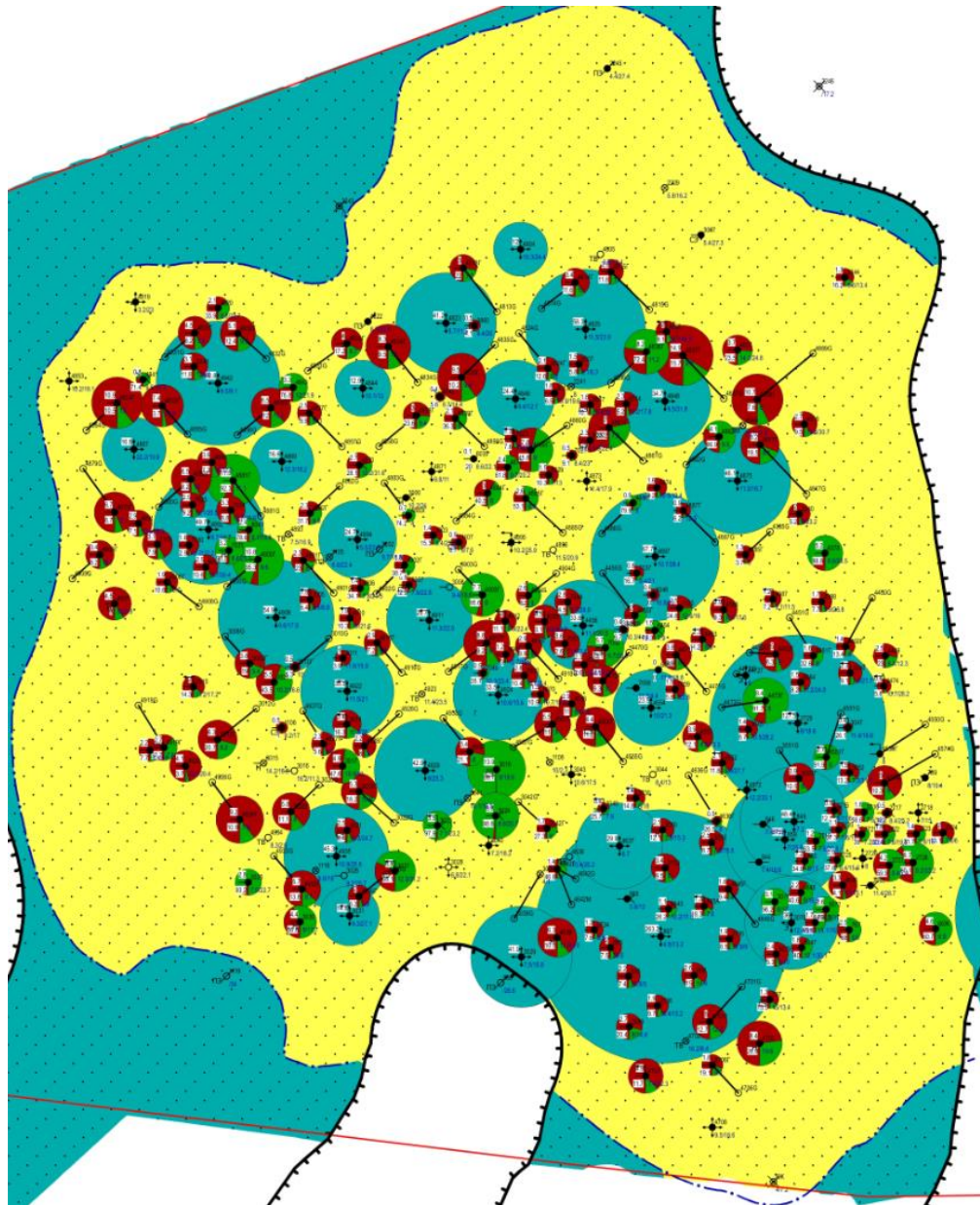


Рис. 1. Выкопировка из карты текущего состояния разработки Коробковского участка турнейского яруса

За двадцатилетний период с 2001 по 2020 гг. на участке добыто 3925,3 тыс.т. нефти, из них 56% приходится на 72 горизонтальные скважины, 44% - на 133 вертикальные скважины. Отбор от начальных извлекаемых запасов (НИЗ) увеличивался на 1,3-5,2% ежегодно. Во время эксплуатации участка только вертикальными скважинами (до 2001 г.) отбор от НИЗ изменялся на 0,1 - 0,9%.

В 2020 г. добыча нефти по участку составила 142,6 тыс.т, жидкости - 173,8 тыс.т. В сравнении с началом проводимых работ по внедре-

нию ГТ (2001г.) годовая добыча нефти выросла в 6 раз, в 2019-2020 гг. наблюдалось снижение добычи нефти по соглашению ОПЭЖ. Максимальный годовой темп отбора от НИЗ составлял 4,7% в 2015-2016 гг. Средне-годовая обводненность продукции составляет 17,9 %. Средний дебит по нефти вертикальных скважин на участке составляет 2,2 т/сут, горизонтальных скважин – 5,0 т/сут. В действующем фонде находятся 205 добывающих и 41 нагнетательная скважины.

С целью оценки технико-экономической эффективности освоённой в 2001 г. комплексной технологии, представляющей 9-ти точечный элемент с 4 СГО и 4 ВС с нагнетательной скважиной в центре, на Коробковском участка авторами также рассмотрен альтернативный вариант 2 с обычной 9-ти точечной системой с 8 добывающими ВС и 1 нагнетательной (Рис. 2).

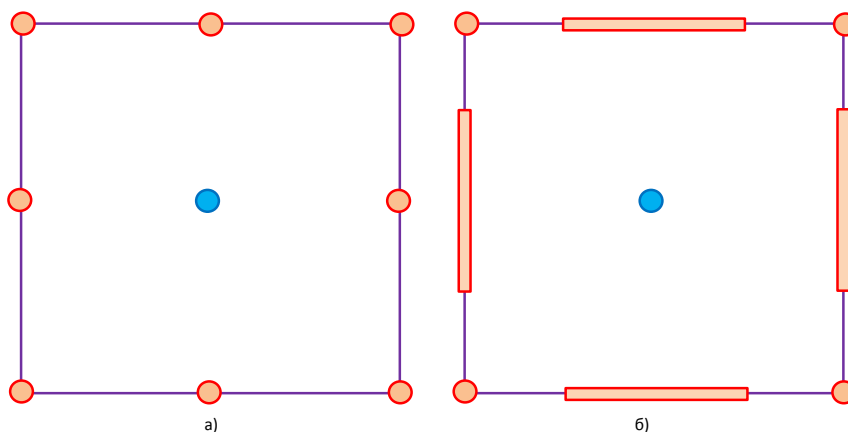


Рис. 2. Схемы размещения скважин: а) 9-ти точечная с ВС, б) комбинированная 9-ти точечная с СГО и ВС

В варианте 2 ВС вводились аналогично варианту 1, при этом одна СГО заменялась двумя ВС (Рис. 3а). Технологические показатели по варианту 2 рассчитывались до 2022 года. Результаты технологических показателей разработки по вариантам приведены на рис. 3б,в в виде динамики годовой нефти и жидкости.

Из рис. 3б можно заметить, что внедрение предложенной комплексной технологии (вариант 1) разработки Коробковского участка позволило отобрать 4110,2 тыс.т нефти, тогда как, по традиционной технологии с 9-ти

точечной системой накопленная добыча нефти составит всего 2858,3 тыс.т, что меньше на 31%. Из динамики годовой жидкости по вариантам видно, что накопленная жидкость по варианту 1 составит 4764 тыс.т, тогда как по варианту 2 – 4149 тыс.т, что меньше на 13% (Рис. 3в).

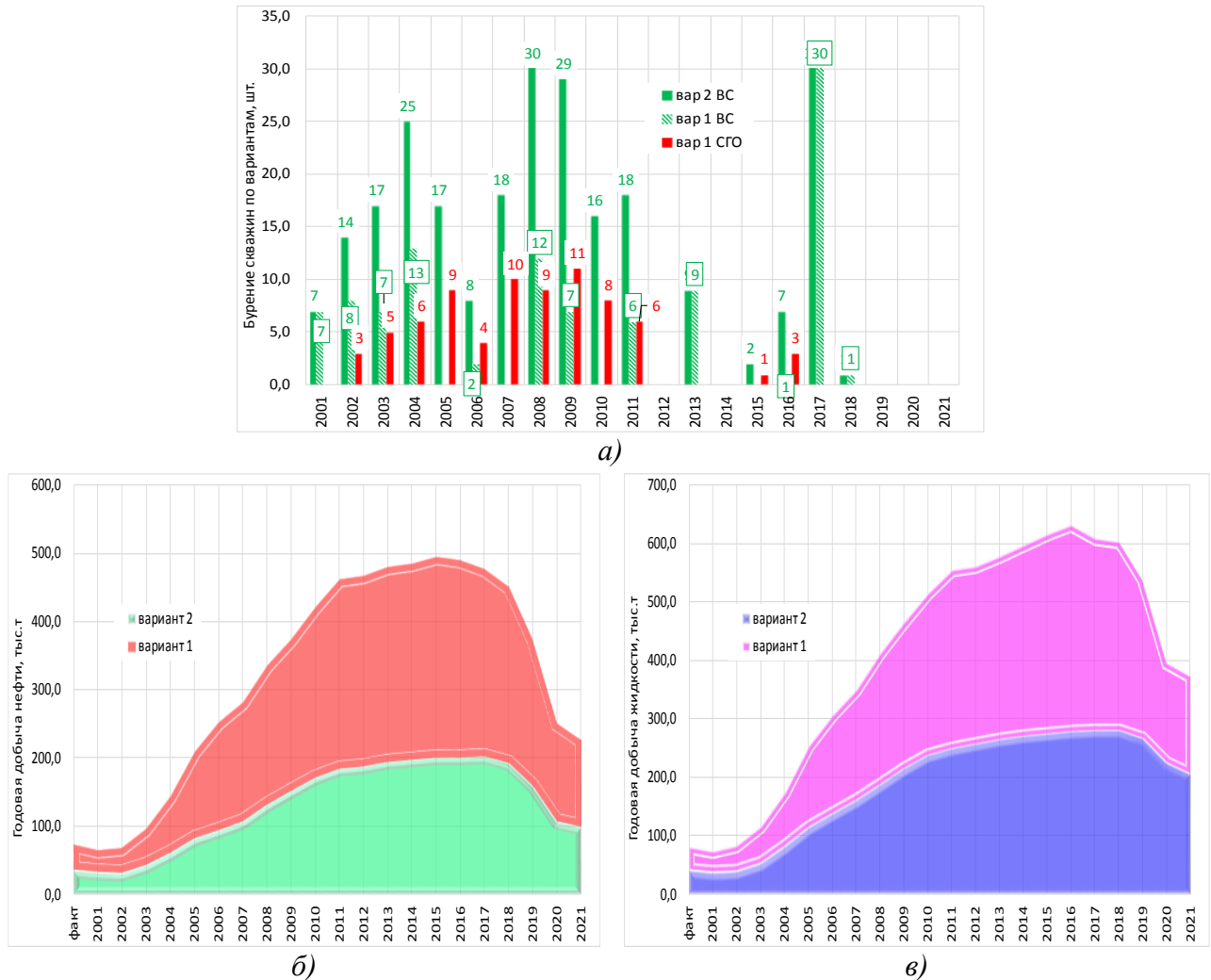


Рис. 3. Динамика: а) бурения скважин, а) годовой добычи нефти и б) жидкости

С целью определения рентабельности традиционной и комплексной технологии проведена экономическая оценка сравниваемых технологических вариантов в актуальных на начало 2022 года макропараметрах (цена нефти на внешнем рынке 70,03 дол/бар, курс доллара США 73,83 руб./долл.).

Нормативы капитальных и эксплуатационных затрат определены на основе анализа фактических затрат по НГДУ «Бавлынефть». Экономиче-

ская оценка проведена с учётом выплаты налогов и платежей, установленных действующим законодательством.

Разработка рассматриваемого эксплуатационного объекта по каждому варианту при принятых в расчётах ценах и затратах обеспечивает положительное значение чистого дисконтированного дохода недропользователя.

Оценка результатов показала, что вариант 1 разработки является экономически более эффективным. Применение комплексной технологии способствовало увеличению добычи на 44% при снижении затрат на бурение на 13% и снижении текущих затрат на 18%, по сравнению с вариантом 2. При этом чистый доход увеличился втрое (с 5437 млн. руб. до 18502 млн. руб.). Динамика накопленного чистого дохода представлена на рис. 4а. Из рисунка можно заметить, что накопленный чистый доход по обоим вариантам в начале имеет отрицательное значение, причем по варианту 1 положительное значение достигается уже к 7 году разработки, по варианту 2 – к 14 году.

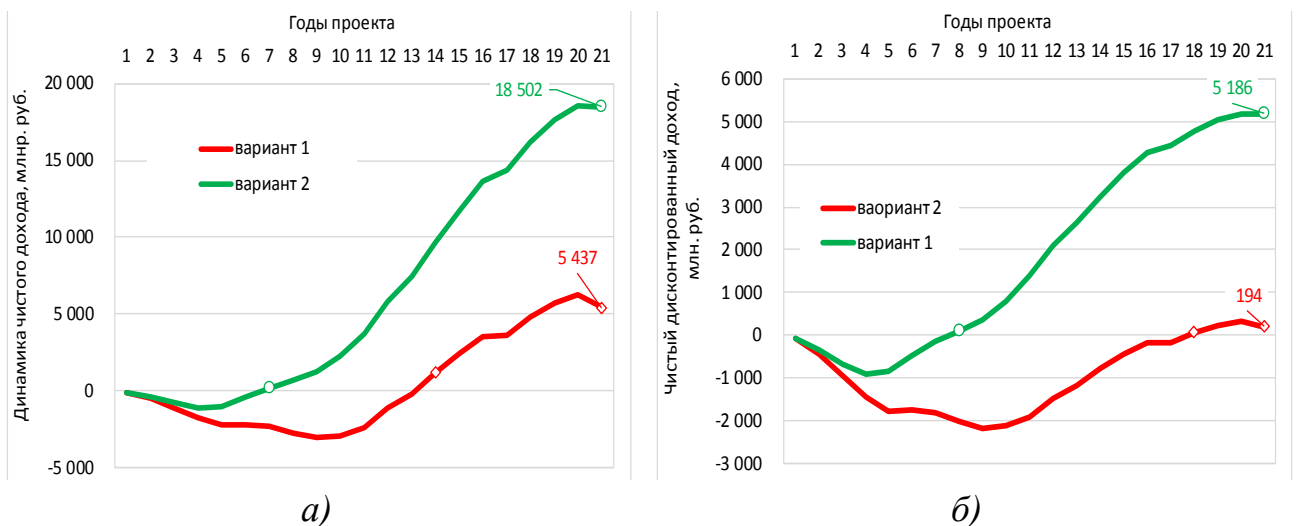


Рис. 4. Динамика накопленного чистого: а) дохода и б) дисконтированного дохода

Чистый дисконтированный доход при ставке дисконтирования 10% по второму варианту разработки выше в сравнении с первым в 27 раз (Рис. 4б).

Из рис. 4 можно заметить, что накопленный чистый дисконтированный доход по обоим вариантам в начале также имеет отрицательное значение, причем по варианту 1 положительное значение достигается уже к 8 году разработки, по варианту 2 – к 18 году.

Таким образом, по результатам анализа показателей эксплуатации скважин Коробковского участка можно сделать следующие выводы:

- фильтрационно-емкостные свойства коллектора в районе добывающих скважин резко изменяются при предельно допустимом пластовом давлении, превышающем на 30 % давление насыщения;
- добыча нефти возрастает в результате бурения новых вертикальных и горизонтальных скважин;
- при снижении пластового давления ниже критического в коллекторе от призабойной зоны в глубь залежи начинается смыкание трещин, что может уменьшить дебит скважины.
- для наиболее эффективного извлечения запасов нефти на Коробковском участке необходимо улучшить работу нагнетательных скважин в каждом отдельном элементе путем перенаправления закачиваемой воды в каждой нагнетательной скважине в нижнюю часть продуктивного разреза в интервале $1 \div 2$ м от подошвы нижнего нефтенасыщенного прослоя.
- отбор из вертикальной скважины необходимо проводить из интервалов перфорации, составляющих $50 \div 70\%$ толщины продуктивного разреза от его кровли, а в СГО – не ниже $50 \div 70\%$.
- применение комплексной технологии с СГО и ВС на Коробковском участке Бавлинского месторождении обосновано, о чем свидетельствует технико-экономическая оценка вариантов проектирования его разработки, которая показала увеличение добычи нефти на 44% при снижении затрат на бурение на 13% и снижении текущих затрат на 18%, по сравнению с традиционной технологией.

Список литературы

1. Губайдуллин А.А., Козина Е.А., Юдинцев Е.А., Ахметов В.Н. Физико-литологическая характеристика верхнетурнейской залежи Бавлинского месторождения // Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений Татарстана: сборник научных трудов г. Бугульма, 2000-31-38 с.
2. Муслимов Р.Х., Абдулмазитов Р.Г., Хисамов Р. Б. и др. Нефтегазоносность Республики Татарстан // Геология и разработка нефтяных месторождений. Т. 1, 2. – Казань: Изд-во «Фэн» АН РТ, 2007.
3. Хисамов Р.С., Губайдуллин А.А., Базаревская В.Г., Юдинцев Е.А. Геология карбонатных сложно построенных коллекторов девона и карбона Татарстана. – Казань: «Фэн» Академия наук РТ. 2010. – 283 с.
4. Пат. 2196885 Российская Федерация, МПК7 Е 21 В 43/22, Пат. 2203405 Российская Федерация, МПК7 Е 21 В 43/20.
5. Зацарина Л.В., Хакимянов И.Н., Кемаева Ю.П., Мухаметвалеев И.М., Миронова Л.М. Особенности системы разработки турнейского яруса Коробковского участка Бавлинского месторождения // Нефтяное хозяйство, 2017. № 1. С. 40-43.
6. РД 39-0147585-214-00. Методическое руководство по проектированию, строительству, геофизическим и промысловым исследованиям, эксплуатации горизонтальных скважин и разработке нефтяных месторождений с применением горизонтальной технологии/И.Г. Юсупов [и др.]. – Бугульма: ТатНИПИнефть, АО «Татнефтегеофизика», 2000. – 147 с.
7. Хакимянов И.Н., Хисамов Р.С., Ибатуллин Р.Р., Фазлыев Р.Т., Никифоров А.И. Наука и практика применения разветвленных и многозабойных скважин при разработке нефтяных месторождений. – Казань: Изд-во «Фэн» АН РТ, 2011. – 320 с.
8. Вопросы оптимизации и повышения эффективности эксплуатации скважин с горизонтальным окончанием на основе математического моделирования месторождений Татарстана / И.Н. Хакимянов, Р.С. Хисамов, И.М. Бакиров [и др.]. – Казань: Фэн АН РТ, 2014. – 239 с.

References

1. Gubaidullin A.A., Kozina E.A., Yuditsev E.A., Akhmetov V.N. *Fiziko-litologicheskaya kharakteristika verkhneturneiskoi zalezhi Bavlinskogo mestorozhdeniya* [Reservoir and lithological characterization of Upper Tournaisian productive formation of Bavlinskoye field]. Development of Tatarstan oil fields. Collection of scientific papers. Bugulma. 2000. pp. 31-38 (in Russian)
2. Muslimov R.Kh., Abdulmazitov R.G., Khisamov R.B. et al. *Neftegazonosnost Respubliki Tatarstan* [Hydrocarbon potential of Republic of Tatarstan]. Geology and Reservoir Engineering. Vol. 1, 2. Kazan: Fen Publ. AS RT. 2007. (in Russian)
3. Khisamov R.S., Gubaidullin A.A., Bazarevskaya V.G., Yuditsev E.A. *Geologiya karbonatnykh slozhno postroennykh kollektorov devona i karbona Tatarstana* [Geology of Devonian and Carboniferous complex carbonate reservoirs of Tatarstan]. Kazan: Fen Publ. AS RT. 2010. 283 p. (in Russian)
4. RF Patent No. 2196885, IPC: 7 E 21 B 43/22. RF Patent No. 2203405, IPC: 7 E 21 B 43/20.
5. Zatsarina L.V., Khakimzyanov I.N., Kemaeva Yu.P., Mukhametvaleev I.M., Mironova L.M. *Osobennosti sistemy razrabotki turneiskogo yarusa Korobkovskogo uchastka Bavlinskogo mestorozhdeniya* [Aspects of Tournaisian reservoir development in Korobkovsky area of Bavlinskoye oil field]. Neftyanoe Khozyaistvo [Oil Industry], 2017,

- No. 1. pp. 40-43. (in Russian)
6. Guidance Document No. 39-0147585-214-00. Guide to design, construction, well logging, field tests, operation of horizontal wells, and development of oil fields using horizontal technologies. Bugulma: TatNIPIneft, AO Tatneftegeofizika. 2000. 147 p. (in Russian)
 7. Khakimzyanov I.N., Khisamov R.S., Ibatullin R.R., Fazlyev R.T., Nikiforov A.I. *Nauka i praktika primeneniya razvetvlenykh i mnogozabojnykh skvazhin pri razrabotke neftyanykh mestorozhdeniy* [Theoretical and practical aspects of drilling and operation of multilateral wells for development of oil fields]. Kazan: Fen Publ. AS RT. 2011. 320 p. (in Russian)
 8. Khakimzyanov I.N., Khisamov R.S., Bakirov I.M. et al. *Voprosy optimizatsii i povysheniya effektivnosti ekspluatatsii skvazhin s gorizontальnym okonchaniem na osnove matematicheskogo modelirovaniya mestorozhdeniy Tatarstana* [Issues of optimization and improvement of operation of horizontal wells based on mathematical modeling of Tatarstan fields]. Kazan: Fen Publ. AS RT. 2014. 239 p. (in Russian)

Сведения об авторах

Зацарина Лада Валерьевна, младший научный сотрудник отдела разработки нефтяных месторождений, институт «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина.
Россия, 423236, Бугульма, ул. Мусы Джалиля, 40
E-mail: zasarina@tatnipi.ru

Кучинская Ирина Сергеевна, инженер отдела экономики, институт «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина.
Россия, 423236, Бугульма, ул. Мусы Джалиля, 42
E-mail: economkis@tatnipi.ru

Authors

L.V. Zatsarina, Junior researcher of Department of Development of oil fields TatNIPIneft Institute - PJSC TATNEFT
40, Musa Jalil st., Bugulma, 423236, Russian Federation
E-mail: zasarina@tatnipi.ru

I.S. Kuchinskaya, Engineer of the Department of Economics TatNIPIneft Institute - PJSC TATNEFT
42, Musa Jalil st., Bugulma, 423236, Russian Federation
E-mail: economkis@tatnipi.ru

*Статья поступила в редакцию 04.02.2022
Принята к публикации 18.06.2022
Опубликована 30.06.2022*