

Нефтегазовое дело. 2023. Т. 21, № 5. С. 91-98. ISSN 2073-0128 (print)

Petroleum Engineering. 2023. Vol. 21. No. 5. P. 91-98. ISSN 2073-0128 (print)

Научная статья

УДК 550.34.013.4:551.509.313.1:622.276:004.94

DOI: 10.17122/ngdelo-2023-5-91-98

ИНСТРУМЕНТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКОЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Александр Сергеевич Семанов¹, Айгуль Илгизовна Семанова¹,
Ирик Галиханович Фаттахов^{1,2,3}, Юрий Алексеевич Котенев³,
Шамиль Ханифович Султанов³

¹ПАО «Татнефть» имени В. Д. Шашина, Альметьевск, Россия

²Альметьевский государственный нефтяной институт, Альметьевск, Россия

³Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

Corresponding author

Ирик Г. Фаттахов, i-fattakhov@rambler.ru

Аннотация. Увеличение доли трудноизвлекаемых запасов усиливает необходимость применения современных технологий при разработке нефтяных месторождений для повышения эффективности выработки запасов. Одним из инструментов для выявления зон с трудноизвлекаемыми запасами является геолого-гидродинамическая модель, которая позволяет симитировать различные геолого-технические мероприятия, проводимые на добывающих и нагнетательных скважинах. Заложить можно как прогнозируемые, так и уже проведенные мероприятия для проверки гипотез и принятия решений по разработке месторождений. В данной работе рассмотрен участок, на котором с определенного периода времени выявлена проблема преждевременного обводнения продукции. После проведенного аналитического рассмотрения участка выдвинута теория об источнике обводнения. На анализируемом участке также расположена горизонтальная скважина, неэксплуатируемая на текущий момент. Сразу после бурения на скважине проведен ГРП. Скважина введена в эксплуатацию с высокой обводненностью и отключена, при проведении дополнительных промысловых геофизических исследований законных перетоков не обнаружено. По косвенным показателям (свойства добываемой воды, давление, параметры при проведении ГРП) созданная трещина преодолела глинистую перемычку и создала гидродинамическую связь с нижележащим водоносным пластом. На основании проведенного анализа выдвинута теория о том, что пластовая вода нижнего водоносного горизонта по трещине ГРП мигрировала в зону отбора продуктивного нефтяного пласта в связи с большой разницей текущего пластового давления между объектами. Гипотеза подтверждена расчетами на гидродинамической модели. В завершении работы над участком было предложено несколько вариантов для замедления дальнейшего прорыва воды к добывающим скважинам. Среди них закачка различных составов на основе полимеров в горизонтальную скважину – «источник».

For citation

Семанов А.С., Семанова А.И., Фаттахов И.Г., Котенев Ю.А., Султанов Ш.Х. Инструменты моделирования, применяемые для оперативного управления разработкой месторождений // Нефтегазовое дело. 2023. Т. 21, № 5. С. 91-98. <https://doi.org/10.17122/ngdelo-2023-5-91-98>.

Ключевые слова

гидродинамическая модель;
геолого-технические мероприятия;
обводнение; прогноз;
моделирование

Original article

MODELING TOOLS USED FOR OPERATIONAL FIELD DEVELOPMENT MANAGEMENT

Alexander S. Semanov¹, Aigul I. Semanova¹, Irik G. Fattakhov^{1, 2, 3},
Yuri A. Kotenev³, Shamil Kh. Sultanov³

¹TATNEFT JSC named after V. D. Shashin, Almet'yevsk, Russia

²Almet'yevsk state petroleum institute, Almet'yevsk, Russia

³Ufa state petroleum technological university, Ufa, Russia

Автор, ответственный за переписку

Irik G. Fattakhov, i-fattakhov@rambler.ru

Abstract. The increase in the share of hard-to-recover reserves increases the need to use modern technologies in the development of oil fields to increase the efficiency of reserves development. One of the tools for identifying zones with hard-to-recover reserves is the geological and hydrodynamic model, which allows simulating various geological and technical measures carried out on production and injection wells. It is possible to lay down both predicted and already carried out measures for testing hypotheses and making decisions on field development. In this work, we have considered the area where the problem of premature water flooding of products has been identified from a certain period of time. After an analytical review of the site, a theory was put forward about the source of water flooding. In the analyzed area there is also a horizontal well, which is not currently in operation. The well was fractured immediately after drilling. The well was put into operation with a high water cut and shut down, and no crossflows were detected during additional field geophysical surveys. In terms of indirect parameters (properties of produced water, pressure, parameters during hydraulic fracturing), the created fracture overcame the clay bridge and created a hydrodynamic connection with the underlying aquifer. Based on the analysis, a theory was put forward that the formation water of the lower aquifer along the fracture of the frac migrated to the zone of extraction of the productive oil formation due to the large difference in the current formation pressure between the facilities. The hypothesis is confirmed by calculations on the hydrodynamic model. Several options were proposed at the end of the site to slow further water breakthrough to the production wells. Among them, the injection of various polymer-based compositions into a horizontal well is a «source».

Keywords

hydrodynamic model; geological and technical measures; watering; forecast; modeling

For citation

Semanov A.S., Semanova A.I., Fattakhov I.G., Kotenev Yu.A., Sultanov Sh.Kh. Instrumenty modelirovaniya, primenyaemye dlya operativnogo upravleniya razrabotkoj mestorozhdenij// [Modeling tools used for operational field development management] // *Neftegazovoe delo — Petroleum Engineering*, 2023, Vol. 21, No. 5. pp. 91-98. [in Russian]. <https://doi.org/10.17122/ngdelo-2023-5-91-98>.

Введение

Ухудшение структуры остаточных извлекаемых запасов усиливает необходимость применения современных технологий при разработке нефтяных месторождений для повышения эффективности выработки запасов [1, 2]. Одним из инструментов для выявления зон с остаточными трудноизвлекаемыми запасами является геолого-гидродинамическая модель. С ее помощью можно рассчитать различные сценарии разработки объекта и выявить наи-

более оптимальный с точки зрения как разработки месторождения, так и экономики [3]. Однако для получения адекватных результатов необходима качественно построенная и адаптированная модель [4]. Инструменты адаптации должны быть применены обоснованно, максимально приближая модель не только к регламенту по адаптации, но и к истории разработки. В геолого-гидродинамической модели есть возможность симитировать различные геолого-технические мероприятия, прово-

димые на добывающих и нагнетательных скважинах [5, 6]. Заложить можно как прогнозируемые, так и уже проведенные мероприятия для проверки гипотез и принятия решений по разработке участка [7].

Применение геолого-технических мероприятий позволяет поддерживать добычу нефти, увеличивать темпы отбора, достигать максимальный КИН [8, 9]. Одним из самых популярных и эффективных методов, применяемых для увеличения добычи нефти в коллекторах с ухудшенными ФЕС, является гидроразрыв пласта [10, 11]. Кроме того, ГРП позволяет вовлечь в разработку ранее не дренируемые запасы. Однако проведение гидроразрыва пласта может сопровождаться разного рода осложнениями, в результате которых эффект от проведения может быть отрицательным. Одним из факторов, снижающим эффективность ГРП, является прорыв трещины в обводненные или водоносные пласты [12].

В данной работе рассматривается месторождение Т, на котором разрабатываются продуктивные нефтегазоносные отложения тульского горизонта. В разрезе выделяются два продуктивных пласта-коллектора, индексируемые снизу вверх как Стл-2 и Стл-3, сложенные терригенными породами: песчаниками, аргиллитами и их переходными разностями. Коллекторами преимущественно являются мелко- и среднезернистые песчаники, иногда

алевритистые, слабосцементированные и несцементированные.

Для месторождения построена геолого-гидродинамическая модель. Моделирование осуществлялось с помощью программного обеспечения tNavigator компании RFD. Выбран тип модели black oil, поскольку газовая шапка в пласте отсутствует, газосодержание невысокое, а пластовое давление не снижалось ниже давления насыщения. Ремасштабирование ГДМ не проводилось для того, чтобы не терять детальность геологической модели. На этапе адаптации путем решения обратной задачи осуществлялось уточнение основных параметров модели, в том числе геологической основы. Обратная задача решается итерационно до тех пор, пока модель фильтрации не воспроизведет динамику изменения технологических показателей разработки [13].

Месторождение находится на второй стадии разработки. Происходит активное разбуривание участков. На одном из участков с определенного периода времени выявлена проблема преждевременного обводнения продукции добывающих скважин, при этом очагов нагнетания на участке бурения нет, скважины вскрывают ЧНЗ (рисунок 1).

В процессе моделирования при детальном анализе участка специалистами выявлена горизонтальная скважина, не эксплуатируемая на текущий момент. Сразу после бурения на

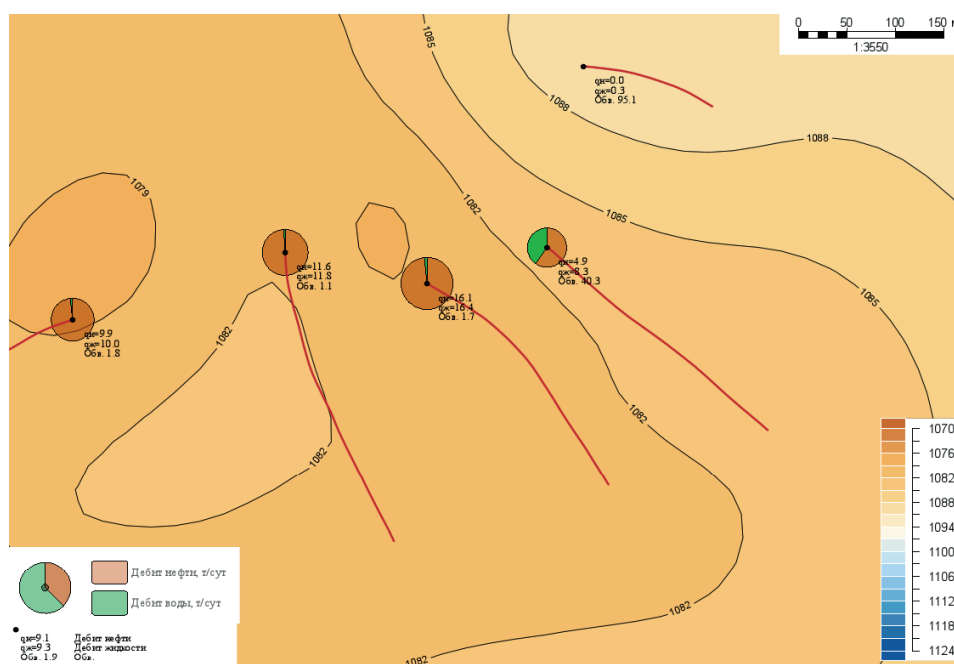


Рисунок 1. Схема рассматриваемого участка (подложка — структурная карта по кровле пласта Стл)

Figure 1. Diagram of the area under consideration (substrate — structural map along the top of the Stl reservoir)

скважине проведен ГРП [14, 15]. Скважина введена в эксплуатацию с высокой обводненностью и отключена, при проведении дополнительных промысловых геофизических исследований заколонных перетоков не обнаружено [16]. По косвенным показателям (свойства добываемой воды, давление, параметры при проведении ГРП) созданная трещина преодолела глинистую перемычку и создала гидродинамическую связь с нижележащим водоносным пластом [17–19]. На основании проведенного анализа выдвинута теория о том, что пластовая вода нижнего водоносного горизонта по трещине ГРП мигрировала в зону отбора продуктивного нефтяного пласта в связи с большой разницей текущего пластового давления между объектами [20, 21] (рисунок 2). С целью проверки гипотезы в ГДМ был смоделирован гидравлический разрыв пласта с параметрами трещины согласно гипотезе. Проведенный рас-

чет и показатели работы скважин по модели повторили историческую динамику, что подтвердило предположение. Сравнение показателей работы анализируемой скважины до и после моделирования ГРП показаны на рисунках 3, 4.

В завершении работы над участком было предложено несколько вариантов для замедления дальнейшего прорыва воды к добывающим скважинам. Среди них закачка различных составов на основе полимеров в горизонтальную скважину — «источник» [22, 23]. Сегодня существует множество тампонирующих материалов, которые в результате химического взаимодействия с пластовым флюидом образуют барьеры [24]. Для эффективности подобных водоизоляционных работ созданные барьеры должны выдерживать изменения давления в пласте, возникающие в процессе разработки. Применяемые материалы должны обладать высокими градиентами

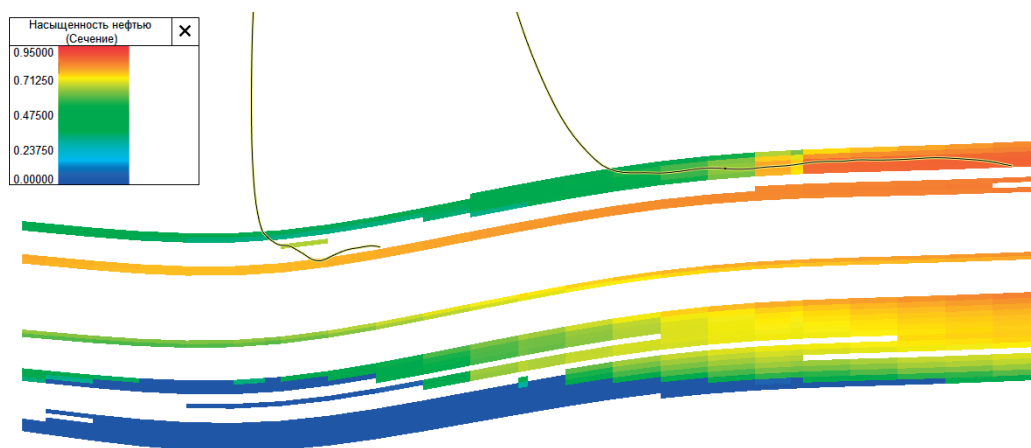


Рисунок 2. Разрез вдоль скважины — источника обводнения

Figure 2. Section along the well - source of water cut

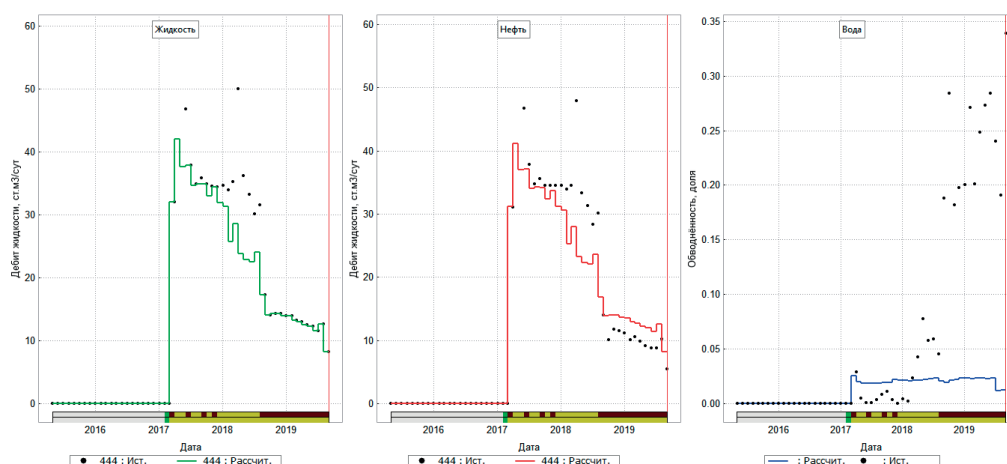


Рисунок 3. Результаты адаптации до моделирования перетоков по трещине ГРП

Figure 3. Results of adaptation to fracture cross-flow modeling

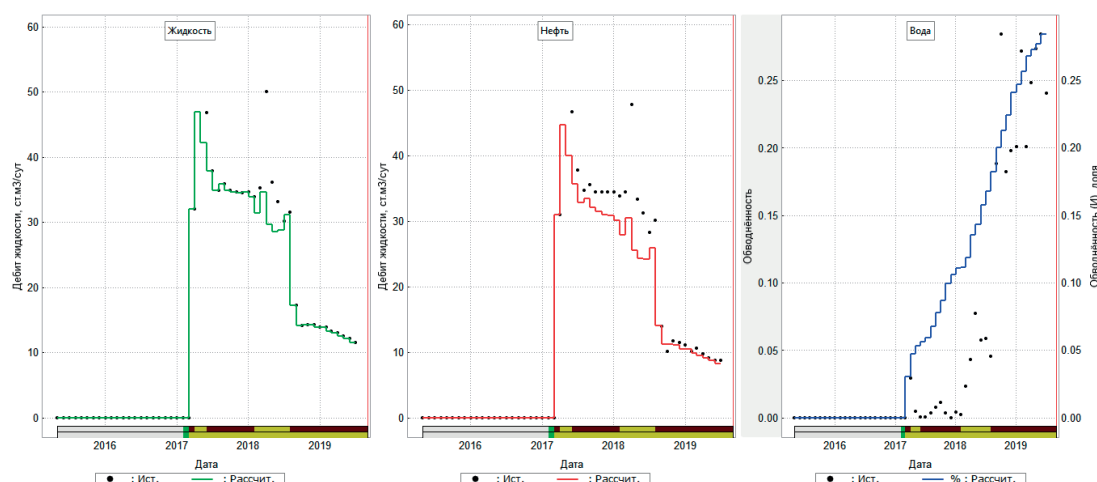


Рисунок 4. Результаты адаптации после моделирования перетоков по трещине ГРП

Figure 4. Adaptation results after fracture cross-flow modeling

сдвига для предотвращения их выноса из созданной трещины [25, 26].

Таким образом, геолого-гидродинамическая модель является инструментом не только для прогнозирования сценариев разработки, но и инструментом для анализа актуального состояния разработки и решения текущих проблем на объектах. При этом прогностическая способность геолого-гидродинамической

модели напрямую зависит от качества адаптации и правильного применения. Формально-построенная модель может выдавать некорректные результаты. Использование моделей при разработке месторождений позволяет улучшить технико-экономические показатели — исключить излишние затраты, а также получить дополнительную прибыль за счет внедрения рентабельных мероприятий [27].

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Закенов С.Т., Нуршаханова Л.К. Трудноизвлекаемые запасы нефти: проблемы и перспективы // Технологии нефти и газа. 2022. № 2 (139). С. 52-54. DOI: 10.32935/1815-2600-2022-139-2-52-54.
2. Фаттахов И.Г., Семанов А.С., Семанова А.И., Гарифуллина З.А. Оптимальная стратегия заводнения на объектах нижнего карбона // Нефтепромысловое дело. 2022. № 7 (643). С. 5-12. DOI: 10.33285/0207-2351-2022-7(643)-5-12.
3. Крыганов П.В., Афанаскин И.В., Вольпин С.Г., Ахапкин М.Ю. Локализация зон остаточной нефти на основе комплексных гидродинамических исследований скважин и математического моделирования // Нефтепромысловое дело. 2020. № 6 (618). С. 22-32. DOI: 10.30713/0207-2351-2020-6(618)-22-32.
4. Егорова Ю.Л., Низаев Р.Х., Иванов А.Ф., Фаттахов И.Г. Использование геологического и гидродинамического моделирования для изучения пространственного ориентирования трещин в карбонатных коллекторах на основе трассерных методов исследования // Нефтяная провинция. 2019. № 1 (17). С. 116-125. DOI: 10.25689/NP.2019.1.116-125.
5. Чистякова Н.Ф., Масунов Д.В. Применение метода гидродинамического моделирования для оптимизации разработки месторождений углеводородного сырья в условиях высокой обводненности пластов-коллекторов // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. 2019. Т. 5. № 1. С. 176-186. DOI: 10.21684/2411-7978-2019-5-1-176-186.
6. Батенева Е.А. Преимущества и недостатки гидродинамического моделирования // Студенческий вестник. 2020. № 44-7 (142). С. 69-70.
7. Федюшкин К.Г., Карапузов И.А. Гидродинамическое моделирование методов интенсификации добычи нефти применительно к месторождению «х» (Томская область) // Инновации. Наука. Образование. 2020. № 14. С. 509-519.
8. Козихин Р.А., Даминов А.М., Фаттахов И.Г., Габбасов А.Х., Велиев Э.Ф., Кулешова Л.С., Сафиуллина А.Р., Кобица Д.И., Габзалилова А.Х., Ахметшина Д.И. Оценка характера воздействия на пласт кислотных обработок // Нефтегазовое дело. 2021. Т. 19. № 5. С. 84-94. DOI: 10.17122/ngdelo-2021-5-84-94.
9. Дулкарнаев М.Р., Валеев А.С., Чертенков М.В., Котенев Ю.А., Султанов Ш.Х. Повышение эффективности разработки месторождений в условиях высокой обводненности пласта по технологии двух этапного управляемого гидроразрыва на примере пласта бв-8 Повховского месторождения // Нефтегазовое дело. 2015. Т. 13. № 3. С. 43-48.
10. Юмангуллова Н.З., Ганиева Г.Р., Минханов И.Ф. Эффективность проведения гидроразрыва пласта на Поточном месторождении // Нефтяная провинция. 2021. № 3 (27). С. 95-111. DOI: 10.25689/NP.2021.3.95-111.
11. Фаттахов И.Г., Юсифов Т.Ю., Байбулатова З.Х. [и др.]. Применение современной технологии гидравлического разрыва пласта в залежах с подошвенной водой // Научное обозрение. 2016. № 17. С. 204-208.
12. Шайхутдинов Т.Ф., Яркеева Н.Р. Анализ отрицательных последствий при проведении гидравлического разрыва пласта // Проблемы сбора, подготовки и

транспорта нефти и нефтепродуктов. 2020. № 1 (123). С. 104-110. DOI: 10.17122/ntj-oil-2020-1-104-110.

13. Джао Р. Анализ исследований в области применения гидродинамического моделирования разработки нефтяных и газовых месторождений // Молодой ученый. 2022. № 14 (409). С. 61-64.

14. Фаттахов И.Г., Семанов А.С., Семанова А.И. [и др.]. Перспективы внедрения горизонтальных скважин на месторождениях со сложным геологическим строением // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2022. № 3 (363). С. 46-53. DOI: 10.33285/2413-5011-2022-3(363)-46-53.

15. Султанов Ш.Х., Андреев В.Е., Котенев Ю.А., Хайрединов Н.Ш. Комплексный геолого-технологический анализ разработки нефтяных месторождений, характеризующихся различными геолого-физическими и физико-химическими условиями пластовых систем // Нефтегазовое дело. 2008. Т. 6. № 1. С. 22-28.

16. Уметбаев В.Г., Котенев Ю.А., Султанов Ш.Х. Обобщение методов промыслово-геофизических исследований пластов и скважин в процессе подготовки и проведения ремонтно-изоляционных работ // Нефтегазовое дело. 2018. Т. 16. № 4. С. 13-24. DOI: 10.17122/ngdelo-2018-4-13-24.

17. Черников К.Е. Образование трещины гидроразрыва пласта // Студенческий. 2022. № 19-10 (189). С. 47-48.

18. Мазуров Д.Г. Влияние факторов на образование трещины гидроразрыва пласта // Студенческий. 2021. № 37-2(165). С. 78-79.

19. Фаттахов И.Г. Методика идентификации путей обводнения нефтяных скважин // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2011. № 3. С. 154-164. URL: <http://ogbus.ru/article/view/metodika-identifikacii-putej-obvodneniya-neftyanyx-skvazhin>.

20. Торопчин О.П., Тупицин А.М., Корнев Е.В., Сафиуллин И.Р. О влиянии гидроразрыва пласта на технологические показатели добывающих скважин // Нефтепромысловое дело. 2019. № 8(608). С. 35-38. DOI: 10.30713/0207-2351-2019-8(608)-35-38.

21. Пчельникова А.А. Перспективы применения гидравлического разрыва пласта в скважинах с близкорасположенными водоносными горизонтами // Студенческий вестник. 2020. № 40-3 (138). С. 62-64.

22. Демидова П.И., Мозговой Г.С. Методы идентификации и ограничения водопритока на горизонтальных скважинах после проведение многостадийного гидроразрыва пласта // Булатовские чтения. 2020. Т. 6. С. 89-91.

23. Мусакаев Н.Г., Сахипов Д.М., Круглов И.А. Разработка и исследование комбинированной системы для ликвидации поглощений, ремонтно-изоляционных работ и ограничения водопритока в добывающих скважинах // Нефтепромысловое дело. 2020. № 6 (618). С. 33-37. DOI: 10.30713/0207-2351-2020-6(618)-33-37.

24. Кадыров Р.Р., Жиркеев А.С., Сахапова А.К. [и др.]. Ограничение притока пластовых вод в терригенных и карбонатных коллекторах // Территория Нефтегаз. 2017. № 5. С. 48-56.

25. Краснов И.И., Ваганов Е.В., Инякина Е.И. [и др.]. Диагностика источников водопритока и перспективы технологий ограничения прорыва воды в скважины // Нефть и газ: опыт и инновации. 2019. Т. 3. № 1. С. 20-34.

26. Кудряшова Д.А., Попов С.Г., Кондратьев С.А. [и др.]. Результаты опытно-промышленных работ по ограничению водопритока составом на основе сшитых полимерных систем «СПС-ЛС «ПермНИПИнефть» // Нефтепромысловое дело. 2021. № 3 (627). С. 53-58. DOI: 10.33285/0207-2351-2021-3(627)-53-58.

27. Бахтизин Р.Н., Фаттахов И.Г. Ранги регулирования снижения добычи попутной воды // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2011. № 5. С. 206-219. URL: <http://ogbus.ru/article/view/rangi-regulirovaniya-snizheniya-dobychi-poputnoj-vody>.

REFERENCES

1. Zakenov S.T., Nurshakhanova L.K. Trudnoizvlekaemye zapasy nefiti: problemy i perspektivy [Difficult to Recover Oil Reserves: Problems and Prospects]. *Tekhnologii nefii i gaza — Oil and Gas Technologies*, 2022, No. 2 (139), pp. 52-54. DOI: 10.32935/1815-2600-2022-139-2-52-54. [in Russian].

2. Fattakhov I.G., Semanov A.S., Semanova A.I., Garifullina Z.A. Optimal'naya strategiya zavodneniya na ob'ektah nizhnego karbona [Optimal Waterflooding Strategy at Lower Carboniferous Facilities]. *Neftpromyslovoye delo — Oilfield Business*, 2022, No. 7 (643), pp. 5-12. DOI: 10.33285/0207-2351-2022-7(643)-5-12. [in Russian].

3. Kryganov P.V., Afanaskin I.V., Volpin S.G., Akhupkin M.Yu. Lokalizatsiya zon ostatochnoy nefiti na osnove kompleksnykh gidrodinamicheskikh issledovaniy skvazhin i matematicheskogo modelirovaniya [Localization of Residual Oil Zones Based on Integrated Well Hydrodynamic Studies and Mathematical Modeling]. *Neftpromyslovoye delo — Oilfield Business*, 2020, No. 6 (618), pp. 22-32. DOI: 10.30713/0207-2351-2020-6(618)-22-32. [in Russian].

4. Yegorova Yu.L., Nizaev R.Kh., Ivanov A.F., Fattakhov I.G. Ispol'zovanie geologicheskogo i gidrodinamicheskogo modelirovaniya dlya izucheniya prostranstvennogo orientirovaniya treshchin v karbonatnykh kollektorakh na osnove trassernykh metodov issledovaniya [Use of Geological and Hydrodynamic Modeling to Study the Spatial Orientation of Fractures in Carbonate Reservoirs Based on Tracer Research Methods]. *Neftyanaya provinciya — Oil Province*, 2019, No. 1 (17), pp. 116-125. DOI: 10.25689/NP.2019.1.116-125. [in Russian].

5. Chistyakova N.F., Masunov D.V. Primenenie metoda gidrodinamicheskogo modelirovaniya dlya optimizatsii razrabotki mestorozhdenij uglevodorodnogo syr'ya v usloviyakh vysokoy obvodnennosti plastov-kollektorov [Application of Hydrodynamic Modeling Method for Optimization of Hydrocarbon Deposits Development Under Conditions of High Water Cut of Reservoir Beds]. *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. Fiziko-matematicheskoe modelirovanie. Neft', gaz, energetika — Bulletin of Tyumen State University. Physical and Mathematical Modeling. Oil, gas, energy*, 2019, Vol. 5, No. 1, pp. 176-186. DOI: 10.21684/2411-7978-2019-5-1-176-186. [in Russian].

6. Bateneva E.A. Preimushchestva i nedostatki gidrodinamicheskogo modelirovaniya [Advantages and disadvantages of hydrodynamic modeling]. *Studencheskiy vestnik — Student Gazette*, 2020, No. 44-7 (142), pp. 69-70. [in Russian].

7. Fedyushkin K.G., Karapuzov I.A. Gidrodinamicheskoe modelirovanie metodov intensivifikatsii dobychi nefii primeritel'no k mestorozhdeniyu «x» (Tomskaya oblast') [Hydrodynamic Modeling of Methods for Intensifying Oil Production in Relation to the Field «x» (Tomsk Region)]. *Innovacii. Nauka. Obrazovanie — Innovation. Science. Education*, 2020, No. 14, pp. 509-519. [in Russian].
8. Kozikhin R.A., Daminov A.M., Fattakhov I.G., Gabbasov A.H., Veliev E.F., Kuleshova L.S., Safiullina A.R., Kobishchi D.I., Gabzailova A.H., Akhmetshina D.I. Ocenka haraktera vozdejstviya na plast kislotnykh obraboto [Assessment of the Nature of The Impact on the Acidic Formation Treatments]. *Neftegazovoe delo — Petroleum Engineering*, 2021, Vol. 19, No. 5, pp. 84-94 DOI: 10.17122/ngdelo-2021-5-84-94. [in Russian].
9. Dulkarnaev M.R., Valeev A.S., Chertenkov M.V., Kotenev Yu.A., Sultanov Sh.Kh. Povyshenie effektivnosti razrabotki mestorozhdenij v usloviyah vysokoy obvodnyonnosti plasta po tekhnologii dvuh etapnogo upravlyаемого gidrorazryva na primere plasta bv-8 Povkhovskogo mestorozhdeniya [Improving the Efficiency of Field Development in Conditions of High Water Cut of The Formation Using the Technology of Two Stage Controlled Hydraulic Fracturing Using the Example of the Bv-8 Formation of the Povkhovsky Field]. *Neftegazovoe delo — Petroleum Engineering*, 2015, Vol. 13, No. 3, pp. 43-48. [in Russian].
10. Yumangullova N.Z., Ganieva G.R., Minkhanov I.F. Effektivnost' provedeniya gidrorazryva plasta na Potochnom mestorozhdenii [Efficiency of Hydraulic Fracturing at the Potochnoye Field]. *Neftyanaya provinciya — Oil Province*, 2021, No. 3 (27), pp. 95-111. DOI: 10.25689/NP.2021.3.95-111. [in Russian].
11. Fattakhov I.G., Yusifov T.Yu., Baybulatova Z.H. [et al.]. Primenenie sovremennoj tekhnologii gidravlicheskogo razryva plasta v zalezah s podoshvennoj vodoj [Use of Modern Hydraulic Fracturing Technology in Bottom Water Reservoirs]. *Nauchnoe obozrenie — Scientific Review*, 2016, No. 17, pp. 204-208. [in Russian].
12. Shaykhutdinov T.F., Yarkeeva N.R. Analiz otricatel'nykh posledstvij pri provedenii gidravlicheskogo razryva plasta [Analysis of negative consequences during hydraulic fracturing]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefii i nefteproduktov — Problems of Gathering, Processing and Transportation of Oil and Petroleum Products*, 2020, No. 1 (123), pp. 104-110. DOI: 10.17122/ntj-oil-2020-1-104-110. [in Russian].
13. Jao R. Analiz issledovanij v oblasti primeneniya gidrodinamicheskogo modelirovaniya razrabotki neftyanyh i gazovyh mestorozhdenij [Analysis of Studies in the Field of Application of Hydrodynamic Modeling of Oil and Gas Field Development]. *Molodoj uchenyj — Young scientist*, 2022, No. 14 (409), pp. 61-64. [in Russian].
14. Fattakhov I.G., Semanov A.S., Semanova A.I. [et al.]. Perspektivy vnedreniya gorizonta'nykh skvazhin na mestorozhdeniyah so slozhnym geologicheskim stroeniem [Prospects for Implementation of Horizontal Wells in Fields with Complex Geological Structure]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanyh i gazovyh mestorozhdenij — Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields*, 2022, No. 3 (363), pp. 46-53. DOI: 10.33285/2413-5011-2022-3(363)-46-53. [in Russian].
15. Sultanov Sh.Kh., Andreev V.E., Kotenev J.A., Khayredinov N.S. Kompleksnyj geologo-tekhnologicheskij analiz razrabotki neftyanyh mestorozhdenij, harakterizuyushchihsya razlichnymi geologo-fizicheskimi i fiziko-himicheskimi usloviyami plastovykh sistem [Comprehensive Geological and Technological Analysis of the Development of Oil Fields Characterized by Different Geological, Physical and Physical-Chemical Conditions of Formation Systems]. *Neftegazovoe delo — Petroleum Engineering*, 2008, Vol. 6, No. 1, pp. 22-28. [in Russian].
16. Umetbaev V.G., Kotenev Yu.A., Sultanov Sh.Kh. Obobshchenie metodov promyslovo-geofizicheskikh issledovaniy plastov i skvazhin v processe podgotovki i provedeniya remontno-izolyacionnykh rabot [Generalization of Methods of Field and Geophysical Studies of Formations and Wells in the Process of Preparation and Performance of Repair and Insulation Works]. *Neftegazovoe delo — Petroleum Engineering*, 2018, Vol. 16, No. 4, pp. 13-24. DOI: 10.17122/ngdelo-2018-4-13-24. [in Russian].
17. Chernikov K.E. Obrazovanie treshchiny gidrorazryva plasta [Formation of Hydraulic Fracturing Fracture]. *Studencheskij — Student*, 2022, No. 19-10 (189), pp. 47-48. [in Russian].
18. Mazurov D.G. Vliyanie faktorov na obrazovanie treshchiny gidrorazryva plasta [Influence of Factors on Formation of Hydraulic Fracturing Fracture]. *Studencheskij — Student*, 2021, No. 37-2(165), pp. 78-79. [in Russian].
19. Fattakhov I.G. Metodika identifikatsii putej obvodneniya neftyanyh skvazhin [The Identification Technique of Oil Well Water Invasion Ways]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Neftegazovoe delo» — Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2011, No. 3, pp. 154-164. URL: <http://ogbus.ru/article/view/metodika-identifikatsii-putej-obvodneniya-neftyanых-skvazhin>. [in Russian].
20. Toropchin O.P., Tupitsin A.M., Kornev E.V., Safiullin I.R. O vliyanii gidrorazryva plasta na tekhnologicheskie pokazateli dobyvayushchih skvazhin [On the Impact of Hydraulic Fracturing on Production Well Performance]. *Neftepromyslovoe delo — Oilfield business*, 2019, No. 8(608), pp. 35-38. DOI: 10.30713/0207-2351-2019-8(608)-35-38. [in Russian].
21. Pchelnikova A.A. Perspektivy primeneniya gidravlicheskogo razryva plasta v skvazhinah s blizkoraspolzhenymi vodonosnymi gorizontam [Prospects for Application of Hydraulic Fracturing in Wells with Nearby Aquifers]. *Studencheskij vestnik — Student Gazette*, 2020, No. 40-3 (138), pp. 62-64. [in Russian].
22. Demidova P.I., Mozgovoy G.S. Metody identifikatsii i ogranicheniya vodopritoka na gorizonta'nykh skvazhinah posle provedenie mnogostadijnogo gidrorazryva plasta [Methods of Identification and Restriction of Water Inflow in Horizontal Wells after Multi-Stage Hydraulic Fracturing]. *Bulatovskie chteniya — Bulat readings*, 2020, Vol. 6, pp. 89-91. [in Russian].
23. Musakaev N.G., Sakhupov D.M., Kruglov I.A. Razrabotka i issledovanie kombinirovannoj sistemy dlya likvidatsii pogloshchenij, remontno-izolyacionnykh rabot i ogranicheniya vodopritoka v dobyvayushchih skvazhinah [Development and Study of a Combined System for Elimination of Losses, Repair and Insulation Works and Limitation of Water Inflow in Production Wells]. *Neftepromyslovoe delo — Oilfield business*, 2020, No. 6 (618),

pp. 33-37. DOI: 10.30713/0207-2351-2020-6(618)-33-37. [in Russian].

24. Kadyrov R.R., Zhirkeev A.S., Sakhapova A.K. [et al.]. Ogranichenie pritoka plastovyh vod v terrigennyh i karbonatnyh kolektorah [Limitation of Formation Water Inflow in Terrigenous and Carbonate Reservoirs]. *Territoriya Neftegaz — Neftegaz Territory*, 2017, No. 5, pp. 48-56. [in Russian].

25. Krasnov I.I., Vaganov E.V., Inyakina E.I. [et al.]. Diagnostika istochnikov vodopritoka i pespektivy tekhnologii ogranicheniya proryva vody v skvazhiny [Diagnostics of Water Inflow Sources and Features of Technologies for Limiting Water Breakthrough into Wells]. *Neft' i gaz: opyt i innovatsii — Oil and gas: experience and innovation*, 2019, Vol. 3, No. 1, pp. 20-34. [in Russian].

26. Kudryashova D.A., Popov S.G., Kondratyev S.A. [et al.]. Rezul'taty opytно-promyshlennyh rabot po ogranicheniyu vodopritoka sostavom na osnove sshityh polimernykh sistem «SPS-LS «PermNIPIneft'» [Results of Pilot Work to Limit Water Inflow by the Composition Based on Crosslinked Polymer Systems «SPS-LS» PermNIPIneft']. *Neftepromyslovoe delo — Oilfield business*, 2021, No. 3 (627), pp. 53-58. DOI: 10.33285/0207-2351-2021-3(627)-53-58. [in Russian].

27. Bakhtizin R.N., Fattakhov I.G. Rangi regulirovaniya snizheniya dobychi poputnoj vody [Regulation Ranks of Associated Water Production Decrease]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Neftegazovoe delo» — Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2011, No. 5, pp. 206-219. URL: <http://ogbus.ru/article/view/rangi-regulirovaniya-snizheniya-dobychi-poputnoj-vody>. [in Russian].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Александр Сергеевич Семанов, заместитель начальника отдела геолого-гидродинамического моделирования и разработки, Центр технологического развития, ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина; аспирант, Альметьевский государственный нефтяной институт, Альметьевск, Россия

Alexander S. Semanov, deputy head of the Geological and hydrodynamic modeling and development department, Technological development center, TATNEFT PJSC named after V.D. Shashin; postgraduate student, Almeteyevsk state petroleum institute, Almeteyevsk, Russia

Айгуль Илгизовна Семанова, заведующий сектором отдела геолого-гидродинамического моделирования и разработки, Центр технологического развития, ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина; аспирант, Альметьевский государственный нефтяной институт, Альметьевск, Россия

Aygul I. Semanova, head of Geological and hydrodynamic modeling and development department, Technological development center, TATNEFT PJSC named after V.D. Shashin; postgraduate student, Almeteyevsk state petroleum institute, Almeteyevsk, Russia

Ирик Галиханович Фаттахов, доктор технических наук, профессор кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», Альметьевский государственный нефтяной институт; начальник отдела организации работ по повышению нефтеотдачи пластов исполнительного аппарата, ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина Альметьевск, Россия
профессор кафедры «Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений», Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

Irik G. Fattakhov, doctor of technical sciences, professor, Development and operation of oil and gas fields department, Almeteyevsk state oil institute; head of the Oil recovery improvement management department of the executive office, TATNEFT PJSC named after V.D. Shashin Almeteyevsk, Russia
professor, Exploration and development of oil and gas fields department, Ufa state petroleum technological university, Ufa, Russia

Юрий Алексеевич Котенев, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений». Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

Yuri A. Kotenev, doctor of technical sciences, professor, head of the Geology and exploration of oil and gas fields department, Ufa state petroleum technological university, Ufa, Russia

Шамиль Ханифович Султанов, доктор технических наук, заместитель заведующего кафедрой «Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений», профессор. Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

Shamil Kh. Sultanov, doctor of technical sciences, deputy head of the Geology and exploration of oil and gas fields department, Ufa state petroleum technological university, Ufa, Russia

Статья поступила в редакцию 29.08.2023; одобрена после рецензирования 11.09.2023; принята к публикации 30.09.2023.

The article was submitted 29.08.2023; approved after reviewing 11.09.2023; accepted for publication 30.09.2023.