

*Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2023. Вып. 3 (143). С. 38-47.
ISSN 1998-8443 (print)*
*Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products. 2023. Issue 3 (143). P. 38-47.
ISSN 1998-8443 (print)*

Научная статья

УДК 622.276.6

doi: 10.17122/ntj-oil-2023-3-38-47

EDN: HLKIOW

РАЗРАБОТКА НИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НА ПРИОБСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

Марат Шайхенурович Давлетов¹, Артур Азатович Гарифуллин²,
Феликс Тофикович Эюбов³

^{1, 2}Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

³ООО «РН-БашНИПИнефть» (ОГ ПАО «НК «Роснефть»), Уфа, Россия

¹davms@mail.ru

²Garifullin-Artur2000@mail.ru

³ft_eiubov@bnipti.rosneft.ru

Автор, ответственный за переписку: **Марат Шайхенурович Давлетов**, davms@mail.ru

Аннотация. Основной проблемой при разработке Приобского месторождения является поиск и реализация технологических решений, позволяющих наиболее эффективно разрабатывать пласты в условиях сверхнизкопроницаемых коллекторов. Фактором, осложняющим добычу углеводородов для таких объектов, является низкое влияние заводнения. Данные ограничения приводят к высоким темпам падения добычи нефти, поэтому наиболее остро стоит вопрос поиска актуального технологического решения, направленного на повышение эффективности разработки месторождения.

Данная статья посвящена повышению эффективности системы разработки в зонах

с низкими фильтрационно-емкостными свойствами. В ней представлены результаты исследований по изучению строительства горизонтальных скважин продольно и поперечно региональному стрессу с последующим проведением многостадийного гидро-разрыва пласта в условиях одного из крупнейших месторождений Западной Сибири. Результаты исследований позволили определить эффективную стратегию проектирования систем разработки на будущих участках.

Актуальность данной работы: востребованность извлечения трудноизвлекаемых запасов, содержащихся в коллекторах, характеризующихся низкой проницаемостью.

Ключевые слова: разработка месторождений; низкопроницаемые коллекторы; горизонтальные скважины, пробуренные поперечно региональному стрессу; горизонтальные скважины с многостадийным гидроразрывом пласта

Для цитирования: Давлетов М. Ш., Гарифуллин А. А., Эюбов Ф. Т. Разработка низкопроницаемых коллекторов на Приобском месторождении (Западная Сибирь) // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2023. Вып. 3 (143). С. 38-47. <http://doi.10.17122/ntj-oil-2023-3-38-47>.

Original article

DEVELOPMENT OF LOW PERMEABLE RESERVOIRS AT THE PRIOSKOYE FIELD (WESTERN SIBERIA)

Marat Sh. Davletov¹, Artur A. Garifullin², Feliks T. Eiubov³

^{1, 2}Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

³RN-BashNIPIneft LLC (Company of Rosneft Group), Ufa, Russia

¹davms@mail.ru

²Garifullin-Artur2000@mail.ru

³ft_eiubov@bnipi.rosneft.ru

Corresponding author: **Marat Sh. Davletov**, davms@mail.ru

Abstract. The main problem in the development of the Prioskoye field is the search and implementation of technological solutions for the most efficient development of layers of ultra-low permeable reservoirs. A factor complicating the hydrocarbon production for such facilities is the low impact of flooding. These restrictions lead to high rates of decline in oil production, therefore, the most urgent issue is the search for an up-to-date technological solution aimed at improving the efficiency of field development.

This article is devoted to improving the efficiency of the development system in areas

with low filtration and capacitance properties. It presents the results of research on the study of the construction of horizontal wells longitudinally and transversely to regional stress, followed by multi-stage hydraulic fracturing in the conditions of one of the largest fields in Western Siberia. The results of the research made it possible to determine an effective strategy for designing development systems in future areas.

The relevance of this work: the demand for the extraction of hard-to-recover reserves from reservoirs characterized by low permeability.

Keywords: field development; low permeable reservoir; horizontal wells drilled transverse to regional stress; horizontal wells with multi-stage reservoir fracturing

For citation: Davletov M. Sh., Garifullin A. A., Eiubov F. T. Razrabotka nizkopronitsaemykh kollektorov na Priobskom mestorozhdenii (Zapadnaya Sibir') [Development of Low Permeable Reservoirs at the Priobskoye Field (Western Siberia)]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2023, Issue 3 (143), pp. 38-47. <http://doi.10.17122/ntj-oil-2023-3-38-47>.

В последние годы во всех регионах нефтедобычи наблюдается изменение углеводородных структур. Истощение традиционных запасов на нефтяных месторождениях привело к росту доли вводимых в разработку коллекторов с низкой и сверхнизкой проницаемостью. Развитие технологий строительства горизонтальных скважин (ГС) с многостадийным гидроразрывом пласта (ГРП) позволило многим нефтяным компаниям начать разработку месторождений с ухудшенными фильтрационно-емкостными характеристиками.

В районах с пониженной проницаемостью научно-технический прогресс привел к переходу от систем разработки с применением наклонно-направленных скважин к одной, но с горизонтальным окончанием [1-3].

Наибольшее горизонтальное напряжение, вызванное макропроцессами в тектонических структурах, имеет название «региональный стресс».

Трещины, возникающие при проведении ГРП, развиваются продольно региональному стрессу. Распространение трещин ГРП на Приобском месторождении происходит в диапазоне от 150° до 170° и от 330° до 350° [4-6] (рисунок 1).

Проведенный анализ опыта разработки нефтяных месторождений указывает на низ-

кую эффективность систем поддержания пластового давления в зонах с низкими проницаемостями.

Увеличение охвата пласта - решение данной проблемы.

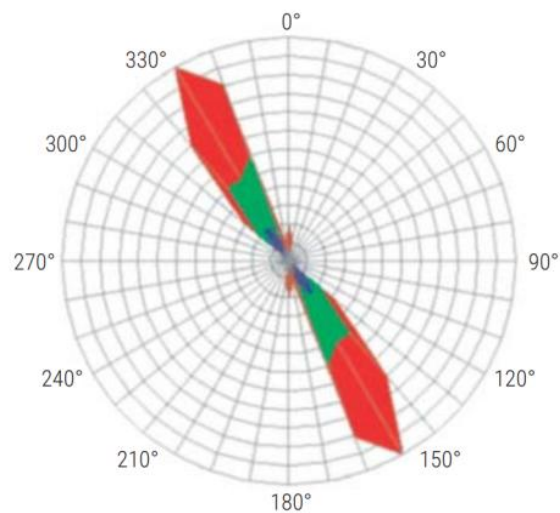


Рисунок 1. Направление азимута распространения первичных трещин гидроразрыва пласта на Приобском месторождении

Figure 1. Azimuth direction of primary hydraulic fractures propagation in the Priobskoye field

Большая площадь контакта горизонтальных скважины с нефтенасыщенным пластом и выполнение многостадийного ГРП позволяют увеличить Коэф.

На Приобском месторождении, расположенном в Западной Сибири, строительство горизонтальных скважин с многостадийным гидроразрывом пласта (МГРП) производят с целью увеличения коэффициента охвата, но уникальность заключается в направлении проводки.

Горизонтальный участок скважины бурят как продольно (рисунок 2), так и перпендикулярно региональному стрессу [7-10] (рисунок 3).

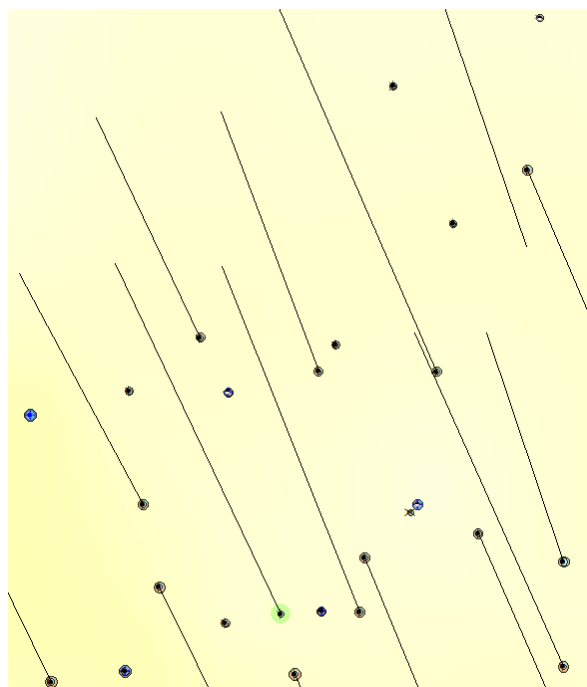


Рисунок 2. Бурение горизонтальных скважин с МГРП продольно стрессу

Figure 2. Drilling horizontal wells with multistage hydraulic fracturing longitudinally to stress

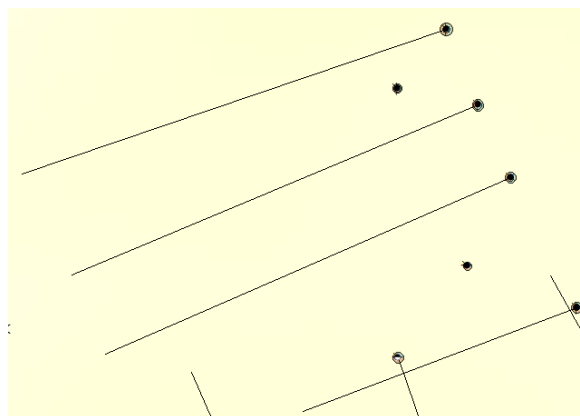


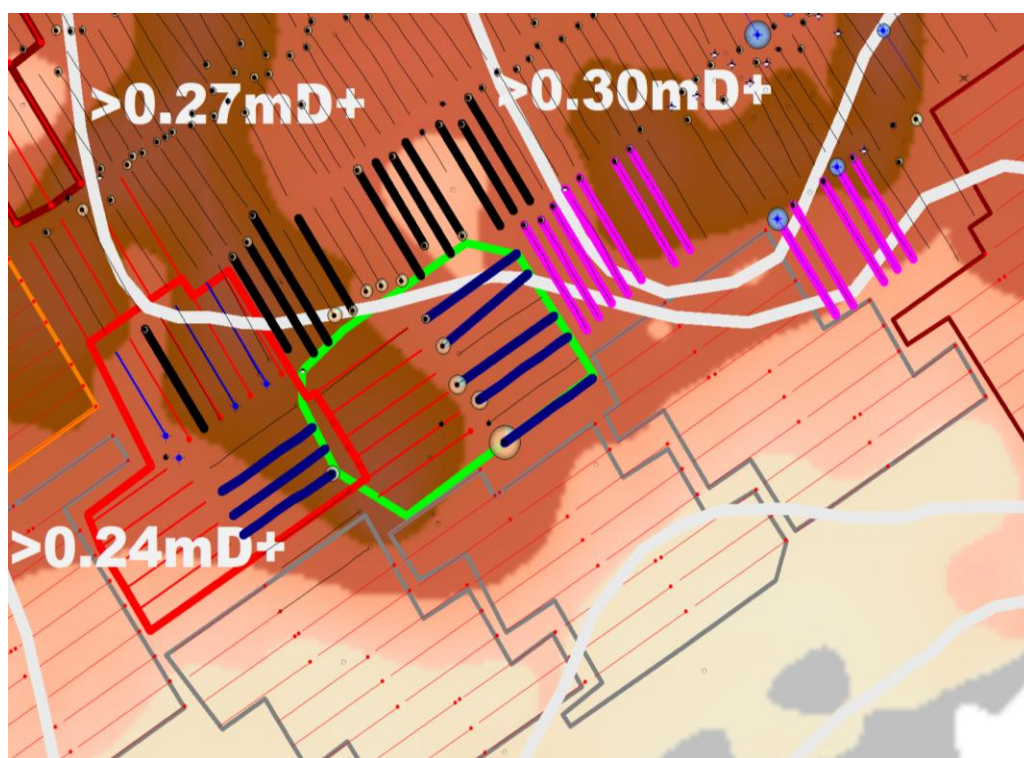
Рисунок 3. Бурение горизонтальных скважин с МГРП перпендикулярно стрессу

Figure 3. Drilling horizontal wells with multistage hydraulic fracturing perpendicularly to stress

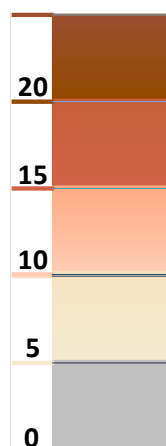
Для исследования эффективности работы перпендикулярных стрессу горизонтальных стволов в сравнении с расположением стволов продольно выбран экспериментальный участок, на котором пробурены две группы продольных ГС и одна группа перпендикулярных региональному стрессу ГС (рисунок 4).

Выборка проведена на основе показателей эффективной мощности (Нэфф) и проницаемости. Средняя добыча нефти перпендикулярных стрессу скважин за период в три месяца превышает добычу продольных скважин в 4,1 раза (рисунок 5), как и коэффициент продуктивности, он выше в перпендикулярных в 3,8 раза, но объем закачки пропанта в перпендикулярную скважину больше в 4,0 раза, а на стадию - в 2,5 раза (таблица 1).

В зонах, характеризующихся ухудшенными коллекторскими свойствами, меньшей связанностью и размерами песчаных тел, базовая система разработки Приобского месторождения по экономической эффективности уступает системе разработки с поперечным расположением ГС, расстоянием между рядами скважин 300 м и полудлиной трещин ГРП 150 м.



Эффективная
мощность
(Нэфф), м



- Поперечные ГС
- Продольные ГС (Группа 1)
- Продольные ГС (Группа 2)

Рисунок 4. Карта текущих отборов с расположением скважин исследуемого участка пласта

Figure 4. Map of current production with the location of wells of formation area under study

На основании проведенных исследований выявлено, что экспериментальный участок обладает сверхнизкой проницаемостью ($< 0,3$ мД).

В связи с этим рекомендуется часть проектного фонда горизонтальных скважин развернуть перпендикулярно направлению распространения регионального стресса для повышения Кохв, увеличить количество ста-

дий ГРП и удельную массу проппанта на единицу эффективной толщины.

Перпендикулярная ориентация горизонтального ствола относительно регионального стресса имеет более высокую среднюю удельную добычу как по жидкости, так и по нефти, что, безусловно, связано с большим охватом трещинами ГРП зоны дренирования пласта.

Таблица 1. Показатели продольных и перпендикулярных стрессу горизонтальных скважин на экспериментальном участке

Table 1. Indicators of longitudinal and perpendicular to stress horizontal wells in the experimental site

Скважины	Технология МГРП			Параметры после вывода на режим				Текущие параметры работы					Накопленная добыча нефти на 1 скв., тыс. т			
	Длина гор. уч., м	Кол-во стадий, шт.	Суммарный объем проппанта, тн	Qж, м³/сут	Qн, т/сут	Обв., %	Рзаб., атм	Qж, м³/сут	Qн, т/сут	Обв., %	Рзаб., атм	Кпр, м³/сут/атм	0,5 мес.	1 мес.	3 мес.	6 мес.
Группа 1 Продольно стр. 12 скв.	1162	10	786	216	<u>139</u>	25	96	28	<u>22</u>	12	31	0,13	1	1,5	3,5	6,7
Группа 2 Продольно стр. 12 скв.	1175	10	794	141	<u>102</u>	20	73	12	<u>9</u>	13	31	0,05	0,5	0,9	1,8	3,2
Среднее Перпендик. стр. (по запущенным)	1203	16	2891	216	<u>164</u>	14	178	100	<u>78</u>	12	63	0,69	2,7	4,9	11,7	16,1

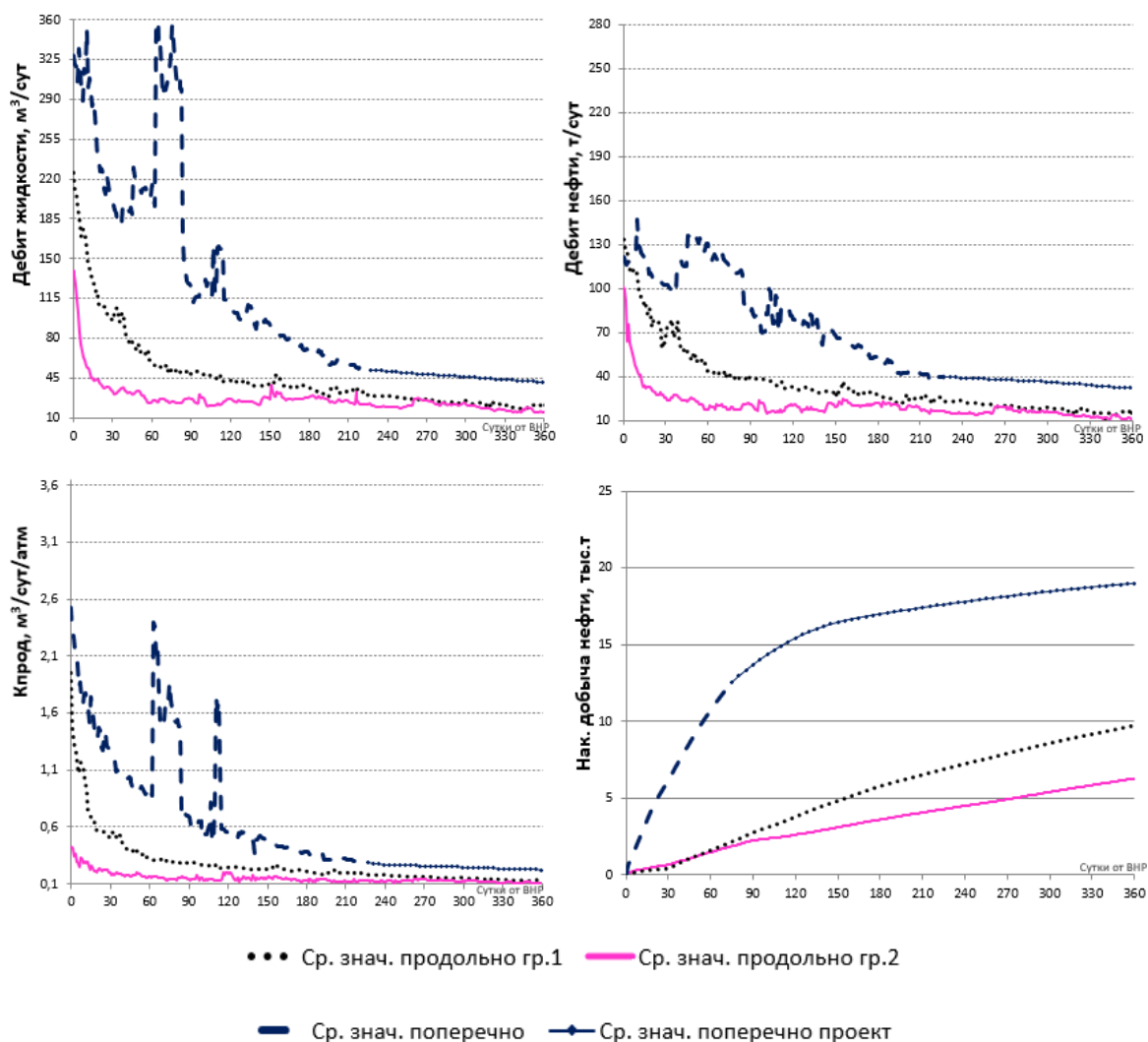


Рисунок 5. Динамика показателей по экспериментальному участку

Figure 5. Dynamics of indicators of the experimental site

Выводы

Истощение традиционных запасов и увеличение активов со значительными объемами низко- и сверхнизкопроницаемых коллекторов диктует необходимость повышения коэффициента охвата. Одним из наиболее эффективных методов повышения Кохв на участках с низкой проницаемостью является

внедрение систем разработки с ориентацией горизонтального участка перпендикулярно региональному стрессу и последующим проведением ГРП. В качестве рационального решения данного варианта предлагается проведение многостадийного гидроразрыва пласта с увеличенным количеством стадий и большими объемами закачки проппанта с

целью создания трещин максимального пространства. Более длинные и высокие трещины ГРП позволяют вовлечь ранее недренируемые участки коллекторов.

Результаты фактических данных показали, что наблюдается увеличение накопленной добычи нефти при расположении горизонтального участка ствола скважины перпендикулярно направлению регионального

стресса, что обусловлено более высокими стартовыми показателями.

Апробация и полученный опыт позволяют корректно оценить и продолжить внедрение горизонтальных скважин с ориентацией горизонтального участка перпендикулярно региональному стрессу на других месторождениях с аналогичными коллекторскими характеристиками.

Список источников

1. Родионова И.И., Шабалин М.А., Капишев Д.Ю., Бакиров Р.И., Хабибуллин А.Ф., Насыров Р.Р., Сергейчев А.В. Выбор стратегии разработки месторождения с трудноизвлекаемыми запасами на стадии освоения // Нефтяное хозяйство. 2019. № 12. С. 132-135. DOI: 10.24887/0028-2448-2019-12-132-135. EDN: SDOYNJ.
2. Ситников А.Н., Асмандияров Р.Н. Выбор лучших технологических решений для повышения эффективности применения горизонтальных скважин с многостадийным гидроразрывом пласта на Приобском месторождении // Нефтяное хозяйство. 2017. № 12. С. 46-48. DOI: 10.24887/0028-2448-2017-12-46-48. EDN: ZXMYAZ.
3. Федеральное агентство по недропользованию РФ. Недропользование в СМИ. Обзор Роснедр 21.05.2021 // Федерального агентства по недропользованию. URL: <https://www.rosnedra.gov.ru/data/Files/File/7613.pdf> (дата обращения 07.04.2023).
4. Латыпов И.Д., Борисов Г.А., Хайдар А.М. Переориентация азимута трещины повторного ГРП на месторождениях ООО «РН-Юганскнефтегаз» // Нефтяное хозяйство. 2011. № 6. С. 34-38. EDN: NVASRP.
5. Зятиков П.Н., Синебрюхов К.В., Березовский Ю.С., Трушко А.С. Влияние направлений трещин многостадийного гидравлического разрыва пласта на коэффициент извлечения нефти // Вестник томского государственного университета. 2019. № 58. С. 84-98. DOI: 10.17223/19988621/58/7. EDN: FZYUMO.
6. Петрук А.А., Родионова И.И., Мухаметов А.Р., Галеев Э.Р., Искевич И.Г., Фазылов Д.С., Мумбер П.С. Опыт моделирования конусов выноса на примере низкопроницаемого участка Приобского месторождения // Экспозиция Нефть Газ. 2022. № 2 (87). С. 45-50. DOI: 10.24412/2076-6785-2022-2-45-50. EDN: DNEMXZ.
7. Капишев Д.Ю., Рахимов М.Р., Мироненко А.А., Родионова И.И., Федоров А.Э., Гареев Р.Р., Мирошниченко В.П., Паровинчак К.М. Выбор оптимальной системы разработки сверхнизкопроницаемых коллекторов на примере Эр-

References

1. Rodionova I.I., Shabalin M.A., Kapishev D.Yu., Bakirov R.I., Khabibullin A.F., Nasyrov R.R., Sergeichev A.V. Vybor strategii razrabotki mestorozhdeniya s trudnoizvlekaemymi zapasami na stadii osvoeniya [Choosing Strategy of Development of Hard-To-Recovery Oil Reserves at Early Stage of Exploration]. *Neftyanoe khozyaistvo - Oil Industry*, 2019, No. 12, pp. 132-135. DOI: 10.24887/0028-2448-2019-12-132-135. EDN: SDOYNJ. [in Russian].
2. Sitnikov A.N., Asmandiyarov R.N. Vybor luchshikh tekhnologicheskikh reshenii dlya povysheniya effektivnosti primeneniya gorizontallykh skvazhin s mnogostadiynym gidrorazryvom plasta na Priobskom mestorozhdenii [Identifying the Best Technology Solutions to Improve Efficiency of Mshf in Horizontal Wells at the Priobskoye Field]. *Neftyanoe khozyaistvo - Oil Industry*, 2017, No. 12, pp. 46-48. DOI: 10.24887/0028-2448-2017-12-46-48. EDN: ZXMYAZ. [in Russian].
3. Federal'noe agentstvo po nedropol'zovaniyu RF. Nedropol'zovanie v SMI. Obzor Rosnedr 21.05.2021 [Federal Agency for Subsoil Use of the Russian Federation. Subsoil Use in the Media. Overview of Rosnedra 21.05.2021]. *Federal'nogo agentstva po nedropol'zovaniyu*. URL: <https://www.rosnedra.gov.ru/data/Files/File/7613.pdf> (accessed 07.04.2023). [in Russian].
4. Latypov I.D., Borisov G.A., Khaidar A.M. Pereorientatsiya azimuta treshchiny povtornogo GRP na mestorozhdeniyakh ООО «РН-Юганскнефтегаз» [Reorientation Refracturing on RN-Yuganskneftegaz LLC Oilfields]. *Neftyanoe khozyaistvo - Oil Industry*, 2011, No. 6, pp. 34-38. EDN: NVASRP. [in Russian].
5. Zyatikov P.N., Sinebryukhov K.V., Berезovskii Yu.S., Trushko A.S. Vliyaniye napravlenii treshchin mnogostadiinogo gidravlicheskogo razryva plasta na koeffitsient izvlecheniya nefiti [Impact of the Crack Direction in a Multistage Hydraulic Fracturing on the Oil Recovery Factor]. *Vestnik tomskogo gosudarstvennogo universiteta - Tomsk State University Journal*, 2019, No. 58, pp. 84-98. DOI: 10.17223/19988621/58/7. EDN: FZYUMO. [in Russian].
6. Petruk A.A., Rodionova I.I., Mukhametov A.R.,

гинского лицензионного участка Приобского месторождения // Экспозиция Нефть Газ. 2022. № 7 (92). С. 62-65. DOI: 10.24412/2076-6785-2022-7-62-65. EDN: BUOVFG.

8. Черевко М.А. Оптимизация системы горизонтальных скважин и трещин при разработке ультранизкопроницаемых коллекторов: дис. ... канд. техн. наук. Тюмень, 2015. 224 с.

9. Грачев С.И., Рогозина Т.В., Колев Ж.М., Мамчистова Е.И. Приток к нефтяной скважине со сложной траекторией ствола в продуктивном пласте // Наука. Инновации. Технологии. 2021. № 2. С. 39-58. DOI: 10.37493/2308-4758.2021.2.3. EDN: FDUEDS.

10. Карпов В.Б., Паршин Н.В., Рязанов А.А. Совершенствование разработки объектов с трудноизвлекаемыми запасами на основе применения многозонного гидроразрыва пласта // Нефтяное хозяйство. 2016. № 3. С. 96-100. EDN: VQGCGD.

Galeev E.R., Iskevich I.G., Fazylov D.S., Mumber P.S. Opyt modelirovaniya konusov vynosa na primere nizkopronitsaemogo uchastka Priobskogo mestorozhdeniya [Modeling Experience of Low-Permeability Reservoirs the Case of License Block of the Priobskoe Field]. *Ekspozitsiya Neft' Gaz - Ekspozitsiya Neft' Gaz*, 2022, No. 2 (87), pp. 45-50. DOI: 10.24412/2076-6785-2022-2-45-50. EDN: DNEMXZ. [in Russian].

7. Kapishev D.Yu., Rakhimov M.R., Mironenko A.A., Rodionova I.I., Fedorov A.E., Gareev R.R., Miroshnichenko V.P., Parovinchak K.M. Vybór optimal'noi sistemy razrabotki sverkh nizkopronitsaemykh kollektorov na primere Erginskogo litsenзионного uchastka Priobskogo mestorozhdeniya [The Choice of the Optimal System for the Development of Ultra-Low-Permeable Reservoirs on the Example of the Erginsky License Area on the Priobskoye Field]. *Ekspozitsiya Neft' Gaz - Ekspozitsiya Neft' Gaz*, 2022, No. 7 (92), pp. 62-65. DOI: 10.24412/2076-6785-2022-7-62-65. EDN: BUOVFG. [in Russian].

8. Cherevko M.A. *Optimizatsiya sistemy gorizonta l'nykh skvazhin i treshchin pri razrabotke ul'tranizkopronitsaemykh kollektorov: dis. kand. tekhn. nauk* [Optimization of the System of Horizontal Wells and Fractures in the Development of Ultra-Low Permeability Reservoirs: Cand. Engin. Sci. Diss.]. Tyumen, 2015. 224 p. [in Russian].

9. Grachev S.I., Rogozina T.V., Kolev Zh.M., Mamchistova E.I. Pritok k neftyanoi skvazhine so slozhnoi traektoriei stvola v produktivnom plaste [Oil Well Inflow with a Complex Wellbore Trajectory at the Development Reservoir]. *Nauka. Innovatsii. Tekhnologii - Science. Innovations. Technologies*, 2021, No. 2, pp. 39-58. DOI: 10.37493/2308-4758.2021.2.3. EDN: FDUEDS. [in Russian].

10. Karpov V.B., Parshin N.V., Ryazanov A.A. Sovershenstvovanie razrabotki ob"ektov s trudnoizvlekaemyimi zapasami na osnove primeneniya mnogozonного gidrorazryva plasta [Advanced Development of Hard-to-Recover Reserves Using Multistage Hydraulic Fracturing]. *Neftyanoe khozyaistvo - Oil Industry*, 2016, No. 3, pp. 96-100. EDN: VQGCGD. [in Russian].

Информация об авторах

• Давлетов Марат Шайхенурович, кандидат технических наук
Уфимский государственный нефтяной технический университет
Доцент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газонефтяных месторождений»
Россия, 450064, Уфа, ул. Космонавтов, 1
e-mail: davms@mail.ru

Information about the authors

• Davletov Marat Sh., Candidate of Engineering Sciences
Ufa State Petroleum Technological University
Assistant Professor of Oil and Gas& Oil Field Development and Operation Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064, Russia
e-mail: davms@mail.ru

• Гарифуллин Артур Азатович
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Студент кафедры «Разработка и эксплуатация
нефтяных и газонефтяных месторождений»
Россия, 450064, Уфа, ул. Космонавтов, 1
e-mail: Garifullin-Artur2000@mail.ru

• Garifullin Artur A.
Ufa State Petroleum Technological University
Student of Oil and Gas& Oil Field Development
and Operation Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064, Russia
e-mail: Garifullin-Artur2000@mail.ru

• Эюбов Феликс Тофикович
ООО «РН-БашНИПИнефть»
Главный технолог (Бюро Главных Инженеров
Проектов) по геологии и разработке
Россия, 450006, Уфа, ул. Ленина, 86/1
e-mail: ft_eiubov@bnipi.rosneft.ru

• Eiubov Feliks T.
RN-BashNIPIneft LLC
Chief Technologist (Bureau of Chief Project
Engineers) for Geology and Development
86/1, Lenin str., Ufa, 450006, Russia
e-mail: ft_eiubov@bnipi.rosneft.ru

Статья поступила в редакцию 27.03.2023; одобрена после рецензирования 15.04.2023; принята к публикации 10.05.2023.

The article was submitted 27.03.2023; approved after reviewing 15.04.2023; accepted for publication 10.05.2023.