

УДК 504.55; 622.276
AGRIS U40

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/86/13>

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРП С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМИ
РЕМОНТНО-ИЗОЛЯЦИОННЫМИ РАБОТАМИ
НА ОБЪЕКТАХ С НЕРАВНОМЕРНОЙ ВЫРАБОТКОЙ ЗАПАСОВ**

©**Кукарских Р. Д.**, Югорский государственный университет,
г. Ханты-Мансийск, Россия, roman8kukarskih@gmail.com
©**Бирюкова О. Н.**, Югорский государственный университет,
г. Ханты-Мансийск, Россия, on-birukova@mail.ru
©**Нанишвили О. А.**, Югорский государственный университет,
г. Ханты-Мансийск, Россия, olgayugu@yandex.ru

**ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF HYDRAULIC FRACTURING
WITH PRELIMINARY REPAIR AND INSULATION WORKS
AT FACILITIES WITH UNEVEN PRODUCTION OF RESERVES**

©**Kukarskikh D.**, Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia, roman8kukarskih@gmail.com
©**Biryukova O.**, Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia, on-birukova@mail.ru
©**Nanishvili O.**, Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia, olgayugu@yandex.ru

Аннотация. В работе приведены данные по анализу эффективности ГРП с предварительными ремонтно-изоляционными работами на объектах с неравномерной выработкой запасов. Даны геолого-физические характеристики пласта БС₁₀²⁻³ по промыслово-геологическим участкам. Представлены результаты проведенных исследований по влиянию ремонтно-изоляционных работ на эффективность ГРП для различных геолого-промысловых участков.

Abstract. The paper analyzes the efficiency of hydraulic fracturing with preliminary repair and insulation work at facilities with uneven production of reserves. The geological and physical characteristics of the BS₁₀²⁻³ formation by field-geological sites are given. The results of the conducted studies on the impact of repair and insulation work on the efficiency of hydraulic fracturing for various geological and commercial sites are presented.

Ключевые слова: геологические данные, нефтяная геология.

Keywords: geological data, petroleum geology.

Проведение выборочного гидравлического разрыва пласта — одна из адаптированных технологий ГРП, применяемая на объектах с неравномерной выработкой запасов по разрезу пласта. Несомненный плюс селективного ГРП — это возможность вовлекать в разработку низкопродуктивные интервалы пласта. Раздельное стимулирование каждого интервала в продуктивном разрезе, вскрытом одновременно за один этап перфорации, наиболее предпочтительно для получения максимальной продуктивности и равномерной выработки всех вскрытых пластов.

Технология селективного ГРП заключается в предварительном проведении водоизоляционных и ремонтно-изоляционных работ, где каждая из работ может выполняться в совместном или раздельном виде перед ГРП [4].

Основной задачей закачки тампонирующих составов перед ГРП является перекрытие высокопроницаемых промытых каналов. В качестве тампонирующих составов используют эмульсионные составы, глинистые растворы, полимерные системы. Эмульсии не являются жесткими составами, но благодаря своим реологическим характеристикам имеют большую глубину проникновения по сравнению с глинистыми растворами. ГРП выполняется в невыработанных зонах с низкой и средней проницаемостью коллектора, что в результате может привести к снижению или стабилизации обводненности добываемой продукции. Реализация подобных ГРП позволяет «реанимировать» скважины, находящиеся в длительном бездействии и консервации по причине высокой обводненности [1].

Характеристика объекта БС₁₀²⁻³

Продуктивный пласт БС₁₀²⁻³ является основным объектом разработки месторождения. Разработка объекта БС₁₀²⁻³ ведется с 1987 г., на его долю приходится 45,4 % текущей и 81,4 % накопленной добычи месторождения. Основная залежь объекта практически полностью разбурена. К неразбуренным зонам относятся краевые части залежи, которые характеризуются сложными условиями нефтеизвлечения, связанными со значительной неоднородностью строения и низкими коллекторскими свойствами.

Продуктивный пласт БС₁₀²⁻³ имеет сложное клиноформное строение. Детальная корреляция, выделение в разрезе и картирование по площади элементов неоднородности пластов и зональных интервалов, анализ типов разреза горизонта позволили выполнить геолого-промысловое районирование объекта разработки с целью совершенствования технологии разработки [3].

Пласт БС₁₀²⁻³ состоит из серии песчаных клиноформных тел, имеющих значительную протяженность. Слагающие горизонт элементы неоднородности, последовательно выклиниваясь в восточном направлении, образуют между собой в кровельной части пласта многочисленные окна слияния, благодаря чему в пределах месторождения он является единой гидродинамически связанной системой. Особенностью продуктивного горизонта БС₁₀²⁻³ является наличие в разрезе проницаемых интервалов, имеющих тонкослоистое строение и представленных чередованием песчано-алевритовых и глинистых разностей.

Учитывая особенности строения горизонта и характера распределения коллекторов, в пределах площади нефтеносности пласта БС₁₀²⁻³ выделено 8 промыслово-геологических участков (ГПА), каждый из которых имеет индивидуальные геолого-физические характеристики (Таблица 1).

Таблица 1

ГЕОЛОГО-ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАСТА БС₁₀²⁻³ ПО ПРОМЫСЛОВО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМ УЧАСТКАМ

№ участка	Характеристика				
	Эффективная нефтенасыщ. толщина пласта, м	Проницаемость, 10 ⁻³ мкм ²	Кoeff. пористости, д. ед.	Кoeff. песчаности, д. ед.	Кoeff. начальной нефтенасыщ., д. ед.
ГПА 1	9,7	127,2	0,211	0,535	0,607
ГПА 2	22,5	78,9	0,202	0,399	0,609
ГПА 3	23,1	59,9	0,198	0,481	0,644
ГПА 4	8,7	77,6	0,201	0,495	0,656

№ участка	Характеристика				
	Эффективная нефтенасыщ. толщина пласта, м	Проницаемость, 10^{-3} мкм ²	Кэфф. пористости, д. ед.	Кэфф. песчанистости, д. ед.	Кэфф. начальной нефтенасыщ., д. ед.
ГПА 5	11,3	59,6	0,198	0,38	0,604
ГПА 6а-б	24,9	57,3	0,198	0,363	0,583
ГПА 6в	9,3	57,3	0,195	0,258	0,632
ГПА 7	10,8	82,3	0,2	0,428	0,633
ГПА 8	3,5	77,3	0,197	0,389	0,61

Анализ эффективности применения селективных ГРП на объекте БС₁₀²⁻³

В целом после ГРП на объекте БС₁₀²⁻³ с годами наблюдается снижение эффективности, что связано с выработкой запасов и обводнением скважин. В данных осложненных условиях применяют как новые технологии ГРП, так и адаптированные.

На объекте БС₁₀²⁻³ широкое применение получила технология селективных ГРП, поскольку объект характеризуется большим различием в выработке запасов между кровельной и подошвенной частями объекта и, как следствие, различными темпами обводнения продукции. В 2015 г выполнено 10 селективных обработок, в 2016 г — 41 селективная обработка, в 2017 г — 39 селективных ГРП, в 2018 г — 18 селективных ГРП, в 2019 г — 17 селективных ГРП. Динамика входного и среднегодового приростов дебитов нефти за период с 2015 по 2019 года представлена на Рисунке 1.

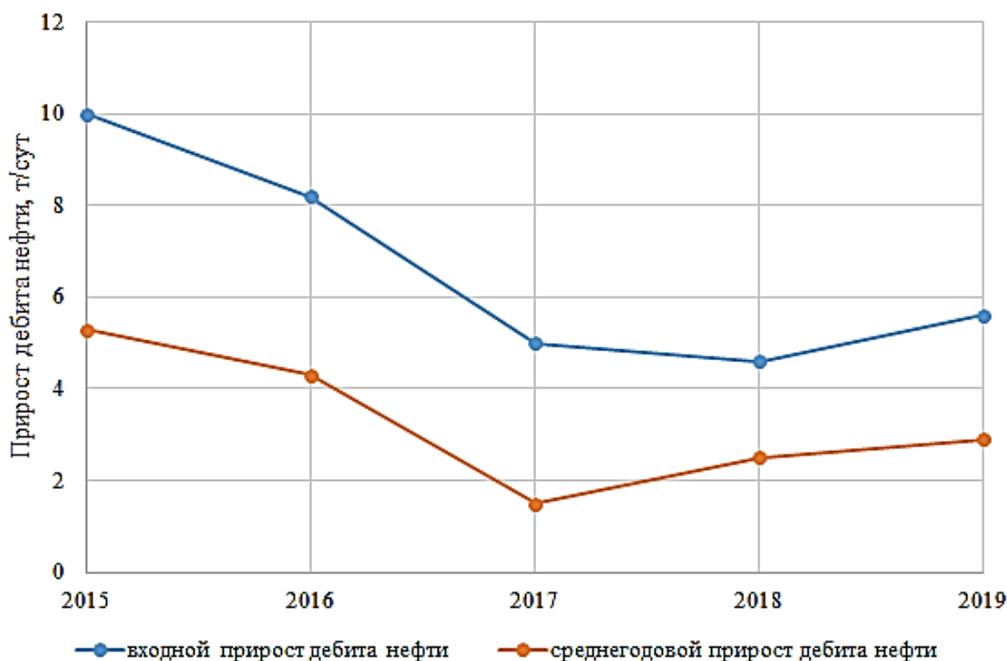


Рисунок 1. Эффективность проведения селективного ГРП на объекте БС₁₀²⁻³

Исходя из анализа, наилучшая входная эффективность получена после операций 2015-2016 гг., когда в качестве тампонирующих составов использовали эмульсионные составы. Наиболее высокое снижение дебита нефти после селективных ГРП наблюдается по обработкам 2017 г, что обусловлено использованием в данный период в качестве тампонирующих составов полимерных систем в 36 % случаев, которые значительно ограничивают приток жидкости. В 2018 г в качестве тампонирующих систем в равной степени

использовали эмульсионные составы и глины. В 2019 г в 70% операций использовали полимерные составы, из них в 47% случаев совместно с глинистым раствором.

В целом начальная эффективность применения селективных ГРП на объекте БС₁₀²⁻³ по всем годам ниже, чем по стандартным операциям (кроме операций 2015 г). Однако отметим, что селективные ГРП выполнены в худших условиях на более высокообводненном фонде, чем стандартные ГРП. Выполнение стандартных ГРП в таких условиях будет неэффективным. После селективных ГРП зачастую происходит снижение уровня обводненности, однако в процессе работы скважин наблюдается небольшой рост обводненности и спустя несколько месяцев она достигает базового уровня.

Анализ влияния РИР на эффективность ГРП

Несмотря на значительный вклад ремонтно-изоляционных работ (РИР) на эффективность селективных ГРП необходимо также рассмотреть влияние предварительных ремонтов и на остальные виды ГРП. Рассмотрим основные виды ремонтов выполненных перед обработками 2017-2019 гг. на объекте БС₁₀²⁻³:

- Ремонт 1. Стандартный ГРП в существующих интервалах перфорации;
- Ремонт 2. Приобщение ранее нижнего/верхнего интервала перфорации с последующим проведением ГРП;
- Ремонт 3. Изоляция водопромытых интервалов закачкой тампонирующего состава/цементом, либо спуском эксплуатационной колонны меньшего диаметра (102 Э/К);
- Ремонт 4. Закачка тампонирующего состава с последующим проведением ГРП на все интервалы перфорации;
- Ремонт 5. Отсыпка нижних интервалов перфорации, закачка тампонирующего состава с последующим проведением ГРП на все интервалы перфорации; [2]
- Ремонт 6. Отсыпка нижних интервалов перфорации с последующим проведением ГРП по верху.

Обработки последних 3 лет анализируемого периода равномерно распределены по всем участкам ГПА, за исключением 8 участка. Перед 75% обработкой выполнены типы ремонтов 1, 2, 3 и 5 (Рисунки 2, 3, Таблицы 2-4).

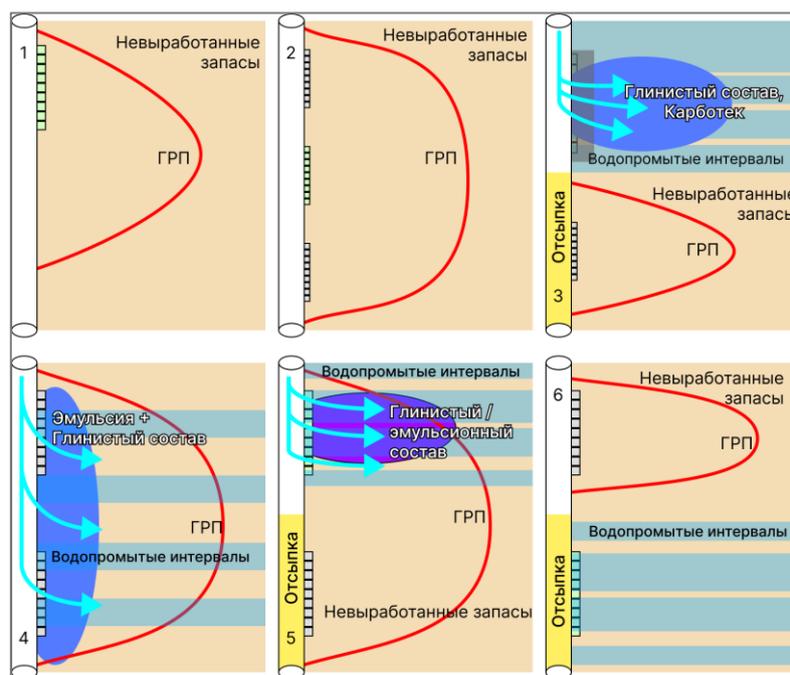


Рисунок 2. Типы ремонтов при проведении ГРП

Таблица 2

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ГРП ПО УЧАСТКАМ ГПА
 ПО ТИПАМ РЕМОНТОВ В ПЕРИОД 2017-2019 гг.

Участок ГПА	Тип ремонта / Кол-во ремонтов						Итого
	1	2	3	4	5	6	
ГПА 1	6	-	5	1	4	2	18
ГПА 2	8	-	16	4	3	1	32
ГПА 3	3	1	13	3	5	-	25
ГПА 4	4	1	2	1	4	-	12
ГПА 5	14	3	8	4	-	2	31
ГПА 6а-б	6	1	2	-	1	1	11
ГПА 6в	9	7	2	-	3	6	27
ГПА 7	6	6	2	4	2	4	24
ГПА 8	1	-	-	-	-	1	2
Итого	57	19	50	17	22	17	182

Таблица 3

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВХОДНОГО ПРИРОСТА ДЕБИТА НЕФТИ ПОСЛЕ ГРП
 ПО УЧАСТКАМ ГПА И ТИПАМ РЕМОНТОВ В ПЕРИОД 2017-2019 гг.

Участок ГПА	Тип ремонта / Входной прирост дебита нефти, т/сут					
	1	2	3	4	5	6
ГПА 1	4,6	-	4,4	5,2	4,8	5,8
ГПА 2	7,1	-	5,1	6,9	4,9	3,8
ГПА 3	6,7	5,2	5,7	6,0	4,5	-
ГПА 4	4,9	0,2	0,1	6,9	4,2	-
ГПА 5	6,9	6,2	6,9	3,6	-	1,8
ГПА 6а-б	7,4	28,5	13,3	-	4,8	2,2
ГПА 6в	5,0	7,2	5,3	6,0	5,3	9,6
ГПА 7	4,4	5,0	0,9	-	3,7	5,5
ГПА 8	6,2	-	-	-	-	18,6

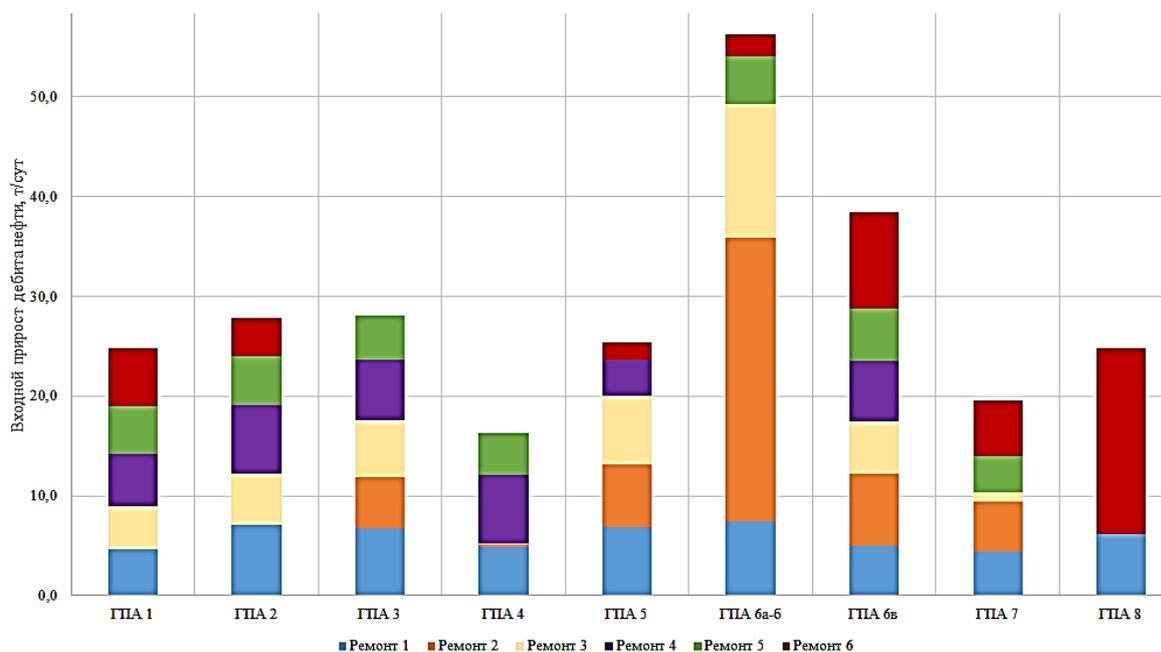


Рисунок 3. Распределение входного прироста дебита нефти после ГРП по участкам ГПА

Таблица 4

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ПРИРОСТА ДЕБИТА НЕФТИ ПОСЛЕ ГРП
 ПО УЧАСТКАМ ГПА И ТИПАМ РЕМОНТОВ В ПЕРИОД 2017-2019 гг.

Участок ГПА	Тип ремонта / Удельный прирост дебита нефти, т/сут					
	1	2	3	4	5	6
ГПА 1	1,2	-	1,0	1,7	2,5	4,6
ГПА 2	5,3	-	2,4	2,5	2,7	0,3
ГПА 3	3,9	0,2	3,0	3,5	2,1	-
ГПА 4	3,5	0,8	0,1	3,8	2,2	-
ГПА 5	3,5	9,2	3,3	1,3	-	1,4
ГПА 6а-б	6,3	22,3	7,6	-	16,4	0,1
ГПА 6в	4,0	7,3	5,1	3,1	4,1	3,7
ГПА 7	1,6	1,9	1,0	-	1,8	5,2
ГПА 8	3,3	-	-	-	-	11,1

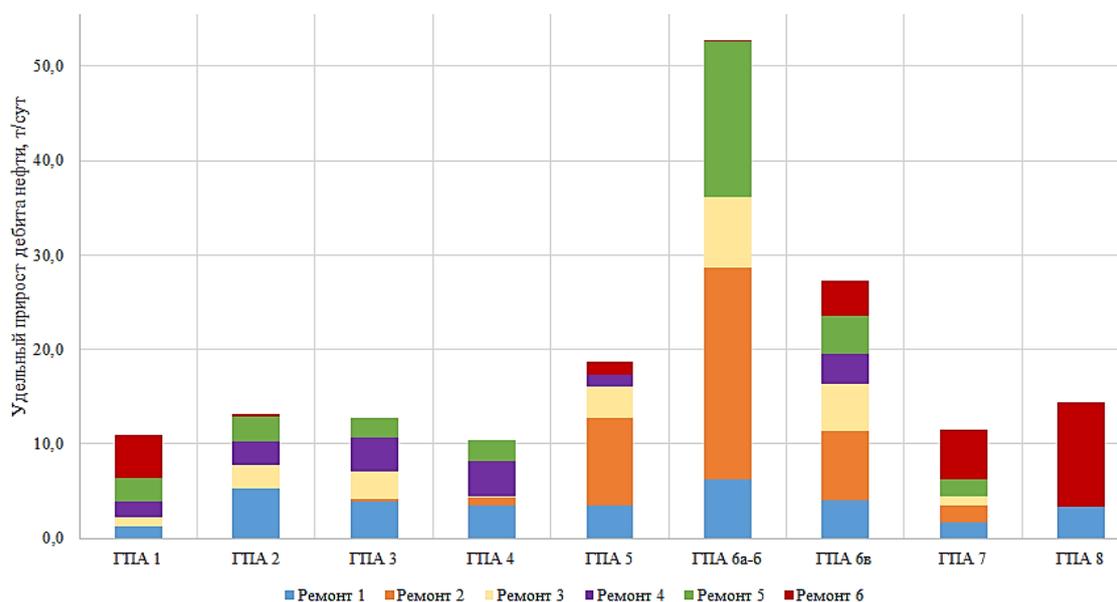


Рисунок 4. Распределение удельного (среднегодового) прироста дебита нефти после ГРП по участкам ГПА

Используя данные Таблиц 2-4 был проведен относительный анализ по следующим критериям: сохраненная кратность прироста дебита нефти, входной дебит нефти и удельный дебит (среднегодовой) нефти (Таблица 5).

Таблица 5

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕМОНТОВ
 ПЕРЕД ГРП ПО УЧАСТКАМ ГПА

(градиент от красного к зеленому характеризует эффективность
 от худшего к лучшему ремонту соответственно по участку ГПА)

Относительная оценка	Тип ремонта / Относительная эффективность					
	1	2	3	4	5	6
ГПА 1	0,002469		0,000818	0,027335	0,006864	0,171739
ГПА 2	0,707735		0,020449	0,096303	0,007034	2,34E-06
ГПА 3	0,38322	2,12E-07	0,0922	0,683244	0,004754	
ГПА 4	0,261833	5,7E-05	1,2E-07	1	0,006032	
ГПА 5	0,04467	0,170202	0,024258	0,002337		0,000368

Относительная оценка	Тип ремонта / Относительная эффективность					
	1	2	3	4	5	6
ГПА 6а-б	0,079813	1	0,11615		0,540851	1,63E-09
ГПА 6в	0,121036	0,107161	0,21979	0,120015	0,019715	0,028544
ГПА 7	0,006106	0,000969	0,00064		0,001443	0,219463
ГПА 8	0,024251					1

По данным Таблицы 5 видно, что выдержанная эффективность ГРП соблюдается при проведении ремонта 1, однако востребованность такого типа ремонта будет значительно снижаться, поскольку данная технология ГРП эффективна только как первичная, а в условиях увеличивающегося фонда скважин с высокой обводненностью — кандидатов под ГРП для данного типа ремонта с каждым годом становится меньше.

Ремонт 2 подразумевает приобщение нового интервала с проведением ГРП на весь разрез. В целом, по данному типу ремонта достигаются высокие результаты, как по входному, так и по удельному приросту дебита нефти. Однако, как и в случае с первым типом ремонта, в данном случае так же отмечается снижение объемов ГРП по причине истощения фонда скважин, подходящего для данного типа ремонта.

Ремонт 3 проводится, в основном, на скважинах с крайне высокой базовой обводненностью (среднее значения — 97%), одновременно с этим данный тип ремонта очень сложен в техническом исполнении, поэтому он характеризуется самой высокой долей низкоэффективных обработок в сравнении с другими ремонтами.

Ремонт 4 характерен наибольшей эффективностью на участке ГПА 4, однако данная технология применялась там 1 раз, тогда как на участках 2,5 и 7 по 4 раза, со средними входными и удельными дебитами нефти — 5,5 т/сут и 2,3 т/сут. Данный тип ремонта позволяет получить хороший начальный эффект, но сохранить его удается не всегда по причине некачественного РИР.

Основной объем ремонта 5 выполнен на ГПА №1, 3 и 4 (4-5 обработок), где входной прирост дебита нефти изменяется от 4,2 до 4,9 т/сут, однако в процессе работы скважин происходит снижение эффективности по нефти, на фоне роста обводненности и удельный прирост дебита нефти изменяется от 2,1 до 2,5 т/сут.

Наиболее эффективным и перспективным является ремонт 6. Данный тип ремонта характеризуется высокими показателями прироста входного дебита нефти 6,8 т/сут, при удельном приросте 3,8 т/сут. По некоторым участкам входной дебит нефти достигает значений 5,6-18,6 т/сут, а удельный дебит 3,7-11,1 т/сут.

Заключение

Наибольшую эффективность проявили технологии ГРП с ремонтами 1, 2, 4 и 6, однако первый тип ремонта не является перспективным; ремонты 3 и 5 являются в своем роде неудачными.

В перспективе необходимо перераспределение объемов ГРП в существующем интервале пласта (ремонт 1, 6) из-за увеличивающейся неравномерной выработки запасов на тип технологии ГРП с предварительной закачкой тампонирующих составов (эмульсионные системы, глинистые растворы, полимеры).

Высокая эффективность ГРП с изоляцией обводненных интервалов и ограничением водопритока позволяет увеличить объемы данного вида работ на объектах с большой мощностью, однако, необходимо учитывать, что одновременно с увеличением доли таких обработок, растет время ремонтного периода.

Необходимо качественное проведение ремонтно-изоляционных работ на верхних интервалах пласта, а также установки цементного моста для изоляции нижних интервалов. Альтернативой традиционных РИР является спуск эксплуатационных колонн меньшего диаметра и применение новых тампонирующих составов.

Список литературы:

1. Большунов А. В. Анализ ГРП с предварительными ремонтно-изоляционными работами (РИР) // Проблемы современной науки и образования. 2016. №20 (62). С. 12-13.
2. Клещенко И. И., Зозуля Г. П., Ягафаров А. К., Овчинников В. П. Теория и практика ремонтно-изоляционных работ в нефтяных и газовых скважинах. Тюмень: ТюмГНГУ, 2010. 386 с.
3. Уточнение геологической модели, пересчет запасов и ТЭО КИН Тевлинско-Русскинского месторождения. «Недра-Консалт», 2008. 437 с.
4. Шабанов А. Н. Совершенствование технологии ГРП на нефтяных месторождениях Когалымского региона Западной Сибири // Экспозиция Нефть Газ. 2008. 5/Н (73). С. 78-83.

References:

1. Bol'shunov, A. V. (2016). Analiz GRP s predvaritel'nymi remontno-izolyatsionnymi rabotami (RIR). *Problemy sovremennoi nauki i obrazovaniya*, (20 (62)), 12-13. (in Russian).
2. Kleshchenko, I. I., Zozulya, G. P., Yagafarov, A. K., & Ovchinnikov, V. P. (2010). Teoriya i praktika remontno-izolyatsionnykh rabot v neftyanykh i gazovykh skvazhinakh. Tyumen. (in Russian).
3. Utochnenie geologicheskoi modeli, pereschet zapasov i TEO KIN Tevlinsko-Russkinskogo mestorozhdeniya (2008). Nedra-Konsalt, 437. (in Russian).
4. Shabanov, A. N. (2008). Sovershenstvovanie tekhnologii GRP na neftyanykh mestorozhdeniyakh Kogalymnskogo regiona Zapadnoi Sibiri. *Ekspozitsiya Neft' Gaz*, (5/N (73)), 78-83. (in Russian).

*Работа поступила
в редакцию 08.12.2022 г.*

*Принята к публикации
19.12.2022 г.*

Ссылка для цитирования:

Кукарских Р. Д., Бирюкова О. Н., Нанишвили О. А. Анализ эффективности ГРП с предварительными ремонтно-изоляционными работами на объектах с неравномерной выработкой запасов // Бюллетень науки и практики. 2023. Т. 9. №1. С. 101-108. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/86/13>

Cite as (APA):

Kukarskikh, D., Biryukova, O., & Nanishvili, O. (2023). Analysis of the Efficiency of Hydraulic Fracturing With Preliminary Repair and Insulation Works at Facilities With Uneven Production of Reserves. *Bulletin of Science and Practice*, 9(1), 101-108. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/86/13>