

DOI 10.58351/2949-2041.2026.36.7.015

Байзаев Жахонгир Азизжонович, магистрант
Казанский приволжский федеральный университет

РАСШИРЕНИЕ ЛИНЕЙКИ ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ГРП НА ГС

Аннотация. В статье рассматриваются подходы к расширению линейки технологий многостадийного гидроразрыва пласта (МГРП) в горизонтальных скважинах (ГС) с акцентом на технологию SlimFrac как эффективное решение для интенсификации добычи на скважинах действующего фонда. Установлено, что традиционные методы МГРП сталкиваются с ограничениями при рестимуляции горизонтальных стволов малого диаметра, что обуславливает необходимость применения специализированного оборудования.

Ключевые слова: Многостадийный гидроразрыв пласта (МГРП), горизонтальные скважины (ГС), технология SlimFrac, повторный ГРП, хвостовик малого диаметра, интенсификация добычи.

На современном этапе развития нефтегазодобывающей отрасли N ключевой проблемой является прогрессирующее падение добычи на месторождениях с длительной историей эксплуатации. Основная часть легкодоступных запасов углеводородов уже выработана, и все большее значение приобретает доизвлечение остаточных запасов нефти из низкопроницаемых коллекторов. В этих условиях особую значимость получают методы интенсификации притока и повышения нефтеотдачи пластов, среди которых гидравлический разрыв пласта (ГРП) занимает лидирующие позиции.

Однако эффективность повторного многостадийного ГРП (МГРП) со временем снижается под воздействием различных факторов: выноса механических примесей, коагуляции призабойной зоны, образования асфальтосмолопарафиновых отложений и изменения фильтрационно-емкостных свойств пласта. В связи с этим вовлечение в разработку недренируемых участков и неохваченных воздействием пропластков требует проведения повторного гидроразрыва пласта. Традиционные конструкции скважин с шаровыми компоновками и муфтами МГРП однократного действия, широко распространенные на объектах X, изначально не предполагали возможности проведения повторных операций, что создает серьезную технологическую проблему.

Объектом исследования является технология многостадийного гидроразрыва пласта (МГРП) в горизонтальных скважинах, с акцентом на метод SlimFrac и его применение для повторного проведения ГРП на скважинах действующего фонда.

В ответ на данный отраслевой вызов была разработана технология Slim Frac – метод повторного МГРП, основанный на спуске в существующий горизонтальный ствол малогабаритного хвостовика уменьшенного диаметра [1,2].

Технология Slim Frac является относительно новым направлением в области заканчивания скважин и повторного ГРП. Наибольший вклад в ее развитие и внедрение в России вносит отечественная компания, которая разработала и изготовила хвостовики диаметром 73 мм для установки в горизонтальный ствол диаметром 114 мм.

1. Технология Slim Frac как метод повторного воздействия

1.1 Конструктивные особенности и компоновка внутрискважинного оборудования Slim Frac

Технология Slim Frac представляет собой метод повторного гидравлического разрыва пласта, основанный на спуске в существующий горизонтальный ствол малогабаритного хвостовика уменьшенного диаметра. Как показывает практика применения, данная технология позволяет проводить многостадийный ГРП отдельно в каждом ранее простимулированном интервале.

Ключевой особенностью конструкции является использование хвостовика диаметром 73 мм, который позиционируется и устанавливается внутри существующего горизонтального ствола диаметром 114 мм. Схема компоновки представлена на рисунке 1.



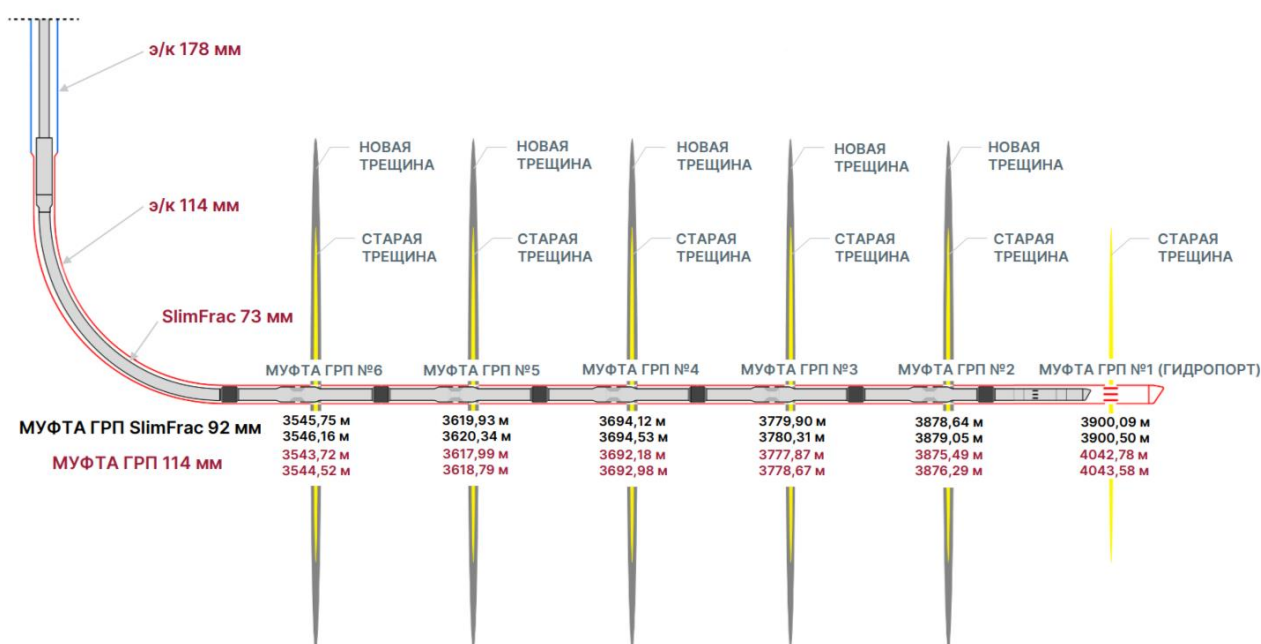


Рис. 1 Схема компоновки Slim Frac [1].

Принцип работы. После спуска компоновки в интервал ранее простимулированного участка производится активация пакеров, которые герметично изолируют зону проведения работ от соседних интервалов. Далее через муфту ГРП малого диаметра осуществляется закачка жидкости разрыва с проппантом. Образующаяся новая трещина распространяется в пласте, при этом наличие изолирующих пакеров и закрепленной проппантной набивки старой трещины препятствует уходу жидкости в истощенную зону.

1.2 Обоснование механизма зарождения новой трещины и изоляция старых интервалов

Изменение напряженно-деформированного состояния пласта. В процессе первичного ГРП и последующей эксплуатации скважины в призабойной зоне происходят существенные изменения поля напряжений. Как отмечают исследователи, эффект переориентации трещины возникает только в добывающих скважинах с работающей закрепленной трещиной.

Причина заключается в следующем:

В процессе добычи происходит снижение порового давления в окрестности трещины.

Изменение давления вызывает перераспределение эффективных напряжений в горной породе.

Вокруг исходной трещины формируется зона с измененным напряженным состоянием, где направление минимального главного напряжения может измениться.

Роль изоляции старых интервалов. Технология Slim Frac решает задачу принудительной изоляции старых трещин за счет механического разобщения. Пакеры, устанавливаемые в компоновке, перекрывают доступ жидкости к перфорационным отверстиям и муфтам первичного МГРП. Кроме того, старая трещина заполнена проппантом, проницаемость которого со временем снижается из-за коагуляции, разрушения зерен и выноса мелких фракций. Это создает дополнительное гидравлическое сопротивление.

Механизм инициации новой трещины. При закачке жидкости разрыва через хвостовик малого диаметра давление в изолированном интервале возрастает. Поскольку старая трещина изолирована и имеет пониженную проницаемость, жидкость вынуждена искать путь наименьшего сопротивления в другом направлении. Как показывают исследования, вторая трещина развивается по плоскостям минимальной прочности, которые теперь ориентированы иначе, чем при первичном ГРП [4].

1.3 Технология проведения работ и дизайн повторного ГРП

Технология заканчивания скважин компоновкой 73 мм по технологии «Slim Frac» предполагает следующий цикл работ:

1. Подъем электроцентробежного погружного насоса (ЭЦН) или иного оборудования на поверхность.
2. Спуск компоновки: промывочное перо/конусный магнит+ скрепер колонный + шаблон под ЭК.
3. Скрепирование ЭК 168/178 мм для последующей установки подвески малогабаритного хвостовика 73 мм компоновки «Slim Frac».
4. Спуск компоновки нормализации: винтовой забойный двигатель ВЗД 85 с фрезом ДТФ 95.
5. Разбуривание посадочных седел муфт ГРП с проработкой интервалов нормализации до забоя.
6. Спуск компоновки: фрез конусный ФКК 96 + фрез арбузный ФА 96.
7. Проработка интервалов расположения муфт ГРП с расширением и калибровкой разбуренных седел.
8. Проведение комплекса ГИС для привязки с целью определения фактически расположенных интервалов муфт ГРП и полированной воронки.
9. Опрессовка транспортировочной колонной.
10. Контрольное СПО компоновки: промывочное перо/конусный магнит для нормализации забоя от продуктов фрезерования.
11. Сборка и спуск малогабаритного хвостовика 73 мм «SlimFrac» до проектной глубины.
12. ГИС (привязка) и подгонка малогабаритного хвостовика 73 мм «SlimFrac» перед активацией.

Схема закрытой муфты ГРП малогабаритного хвостовика «SlimFrac» и заколонных пакеров в транспортном положении (рисунок 2) [5].

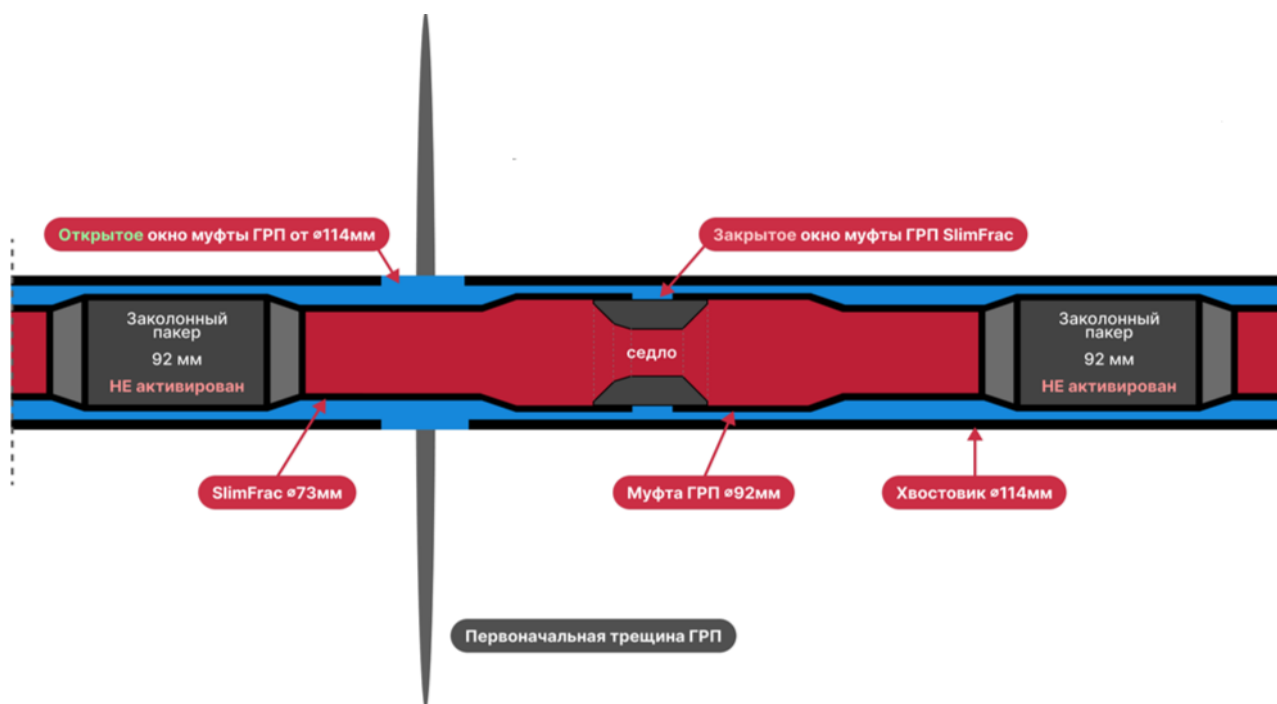


Рис. 2 Закрытая муфта ГРП малогабаритного хвостовика «SlimFrac» [1].

13. Активация элементов оснастки путем взброса активационного шара и прокачкой его до активационной муфты.
14. Механическое или гидравлическое разъединение транспортировочной колонны от подвески хвостовика с последующей механической активацией пакера подвески.

Схема открытой муфты ГРП малогабаритного хвостовика «SlimFrac» и заколонных пакеров в активированном положении (рисунок 3).

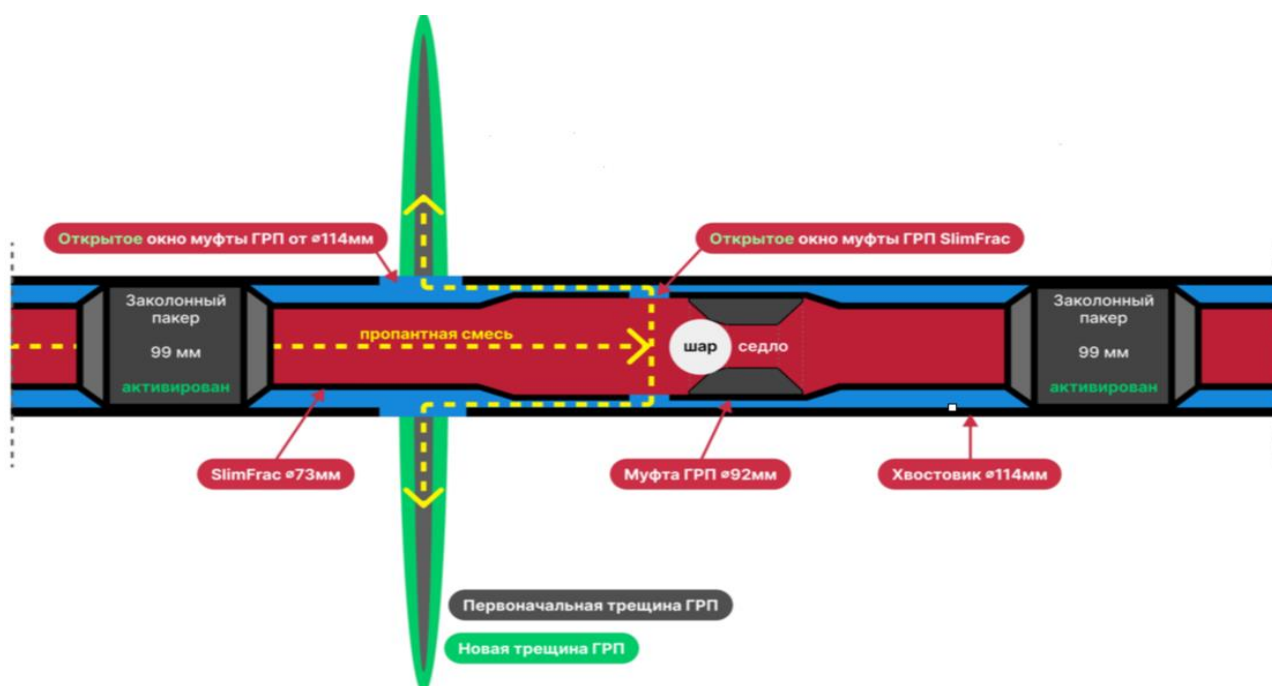


Рис. 3 Открытая муфта ГРП малогабаритного хвостовика «SlimFrac» [2].

15. Спуск стингера и проведение ГРП.

1.4 Проведения и результаты опытно-промышленных работ

Опытно-промышленные работы (ОПР) технологии повторного многостадийного гидроразрыва пласта (МГРП) «SlimFrac» были проведены на группе скважин X в период с июня 2025 по январь 2026 года. Основной целью испытаний являлась оценка технологической эффективности и устойчивости метода при различных геологических условиях и исходных параметрах скважин. Всего в рамках представленной выборки было обработано 6 скважин, приуроченных к продуктивным пластам Y1 и Y2 [2].

Для объективной оценки эффективности технологии был проведен анализ ключевых эксплуатационных параметров скважин до и после проведения повторного МГРП. Исходные данные и полученные результаты систематизированы в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительные показатели работы скважин до и после применения технологии «SlimFrac»

Параметр	Скв.№1 (Июнь 25)	Скв.№2 (Август 25)	Скв.№3 (Август 25)	Скв.№4 (Август 25)	Скв.№5 (Август 25)
Характеристика пласта	AC10	AC10	AC10	AC10	AC10
Стадийность (МГРП)	7	6	5	7	5
Масса пропанта, т	377	480	350	492	500
Параметры до ГТМ					
Qж (жидкость), м³/сут	7,0	7,0	16,6	6,7	15,5
Qн (нефть), т/сут	5,0	5,0	8,4	2,0	9,9
Обводненность, %	30,0	19,0	42,0	66	27
Параметры после ГТМ					
Qж (жидкость), м³/сут	33,0	45,2	86,0	49	53
Qн (нефть), т/сут	26,0	29,2	43,5	19	43
Обводненность, %	8,0	26,7	42,0	55	7
Динамика изменения					
Прирост Qн, т/сут	21	24,2	35,1	17	33,1



Опытно-промышленные работы технологии «SlimFrac» на 5 скважинах У признаны успешными. Технология доказала свою высокую эффективность как метод интенсификации добычи и повышения коэффициента извлечения нефти (КИН) на скважинах старого фонда с проведенным ранее МГРП [3].

- Суммарный прирост добычи нефти по 6 скважинам составил более 210 т/сут.
- Технология позволяет не только восстанавливать, но и многократно увеличивать добычу, в ряде случаев решая проблему высокой обводненности.
- Полученные результаты обосновывают целесообразность тиражирования технологии «SlimFrac» на более широкий фонд скважин с целью вовлечения в разработку остаточных запасов и продления срока эксплуатации месторождений.

На начало 2026 года технология внедрена на 48 скважинах различных заказчиков, что подтверждает ее надежность и востребованность на рынке.

2. Оценка эффективности применения Slim Frac на объектах N

На основе полученных данных по технологии «SlimFrac» проведенных в условиях N региона, мной подобраны скважины-кандидаты для проведения ОПР на месторождениях У, на данном этапе я рассмотрела 5 объектов, рисунок 4.

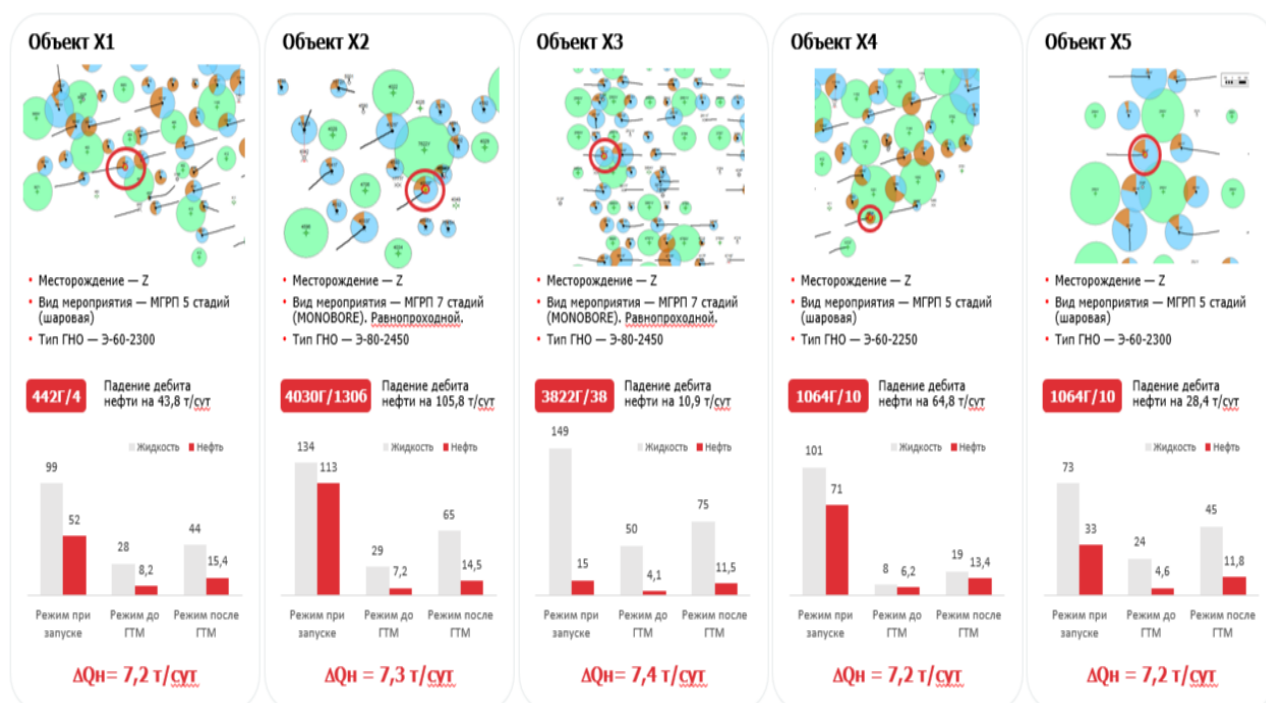


Рис. 3 Скважины-кандидаты для проведения ОПР

Анализ динамики добычи по скважинам-кандидатам, выявила устойчивую тенденцию к падению дебита в 5-10 раз от начальных показателей. Проведенные ОПР на скважинах подтвердили эффективность технологии SlimFrac: прирост дебита составил от 40,5 до 52,5 т/сут на скважинах с различной геологией. Таким образом, результаты ОПР доказывают, что применение технологий МГРП (в частности, равнопроходной системы и шаровых компоновок) обеспечивает стабильный прирост дебита нефти на скважинах с различной геологией и историей добычи. Эффект достигается даже в скважинах с высокой обводненностью и значительным падением добычи, что обосновывает целесообразность масштабирования данного вида геолого-технических мероприятий [1].

3. Экономическая эффективность

В ходе работы была проведена оценка экономической эффективности данного предложения.

Для начального этапа внедрения рассмотрен сценарий проведения операций на 5 скважинах в таблице 2.



Таблица 2

Показатели по 5 скважинам

Показатель	X1	X2	X3	X4	X5	ИТОГО
Добыча нефти (тыс. т)	1084	892	1021	989	1122	5108
Прибыль (млн. руб.)	36	36	36	36	36	180
Доп. добыча (тыс. т)	5122	4215	4825	4671	5300	24133
НДПИ (млн. руб.)*	1786	1900	1960	2088	2086	9820

Экономический анализ группы из 5 скважин подтверждает целесообразность применения технологии повторного МГРП SlimFrac с коммерческой точки зрения. Достигнутый уровень NPV в 1,75 млн \$, подкрепленный положительными значениями операционной прибыли, позволяет рассматривать данную технологию не только как успешное техническое решение, но и как экономически эффективный метод интенсификации добычи, готовый к дальнейшему тиражированию.

Заключение

В рамках научно-технической работы были проведены результаты опытно-промышленных работ (ОПР), анализа технологической эффективности и экономического моделирования, представленных в предыдущих разделах, сформулированы основные выводы и определены перспективы дальнейшего внедрения технологии повторного многостадийного гидроразрыва пласта (МГРП) SlimFrac в производственную деятельность.

Совокупность полученных технологических и экономических результатов позволяет классифицировать технологию повторного МГРП SlimFrac как высокоэффективный, экономически целесообразный и экологически более безопасный метод увеличения нефтеотдачи пластов (МУН). Положительные значения NPV на всех этапах расчета обосновывают рекомендацию к включению данной технологии в долгосрочную программу геолого-технических мероприятий (ГТМ) компании с целью стабилизации и наращивания уровней добычи нефти

Список литературы:

1. Гарипов Р. Ф., Хакимов А. Р. Опыт применения повторного многостадийного гидроразрыва пласта на горизонтальных скважинах // Нефтяное хозяйство. – 2024. – № 5. – С. 62–66.
2. Гилаев Г. Г., Хасанов М. М. Современные технологии многостадийного ГРП: анализ эффективности и перспективы развития // Нефтепромысловое дело. – 2023. – № 8. – С. 28–35.
3. Хакимов А. Р., Вакула А. Э. Анализ экономической эффективности применения МГРП на горизонтальных скважинах // Бурение и нефть. – 2024. – № 3. – С. 38–43.
4. Шайхутдинов И. К. Повторный ГРП на горизонтальных скважинах: критерии выбора кандидатов и оценка эффективности // Труды Российского нефтегазового конгресса. – Москва, 2024. – Т. 2. – С. 156–163.
5. Технология SlimFrac для повторного МГРП [Электронный ресурс] // Нефтегазовая вертикаль. – 2025. – Режим доступа: <https://ngv.ru/technologies/slim-frac/> (дата обращения: 10.01.2026)

