

Лебедева В.Ю.,

студентка, группа РМм-25-1, ФГБОУ ВО «ТИУ», г. Тюмень,

## **ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ РАБОТЫ С ДАННЫМИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА**

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Гидравлический разрыв пласта (ГРП); эффективность проектирования; данные; моделирование; машинное обучение; адаптивное проектирование; оптимизация; импортозамещение; трудноизвлекаемые запасы; экологические подходы; интегральные подходы.

**KEY WORDS:** Hydraulic fracturing; design efficiency; data; modeling; machine learning; adaptive design; optimization; import substitution; hard-to-recover reserves; environmental approaches; integrated approaches.

### **Аннотация**

Гидравлический разрыв пласта (ГРП) — один из самых эффективных, но и затратных методов интенсификации добычи. В статье показано, как применение различных подходов к работе с данными повышает экономическую эффективность ГРП. Рассмотрена эволюция методов: от геомеханического моделирования до машинного обучения, адаптивного управления и NPV-оптимизации. Отдельное внимание уделено адаптации мировых практик к российским условиям, включая трудноизвлекаемые запасы, суровый климат и импортозамещение. Обосновано, что системная работа с данными на всех этапах становится ключевым фактором успеха.

### **Введение**

ГРП применяется для вовлечения в разработку низкопроницаемых коллекторов, однако часто сопровождается обводнением, падением дебита и необходимостью повторных операций. В этих условиях точность прогнозирования становится критической для экономики проекта. Решение — не в универсальной формуле, а в выборе подхода, адаптированного к конкретным условиям. Именно данные и методы их обработки превращаются в главный ресурс повышения эффективности.

### **Основные подходы к проектированию ГРП**

*Физико-математическое моделирование.* Для новых регионов базой служат геомеханические модели, использующие данные ГИС, сеймики и керн. При микросейсмическом мониторинге точность прогнозов достигает 70–80%. В карбонатных коллекторах применяется дискретное моделирование трещин (DFN), позволяющее увеличить продуктивность до 40%.

*Машинное обучение.* В регионах с большим архивом операций (США, Канада) алгоритмы типа XGBoost прогнозируют дебит с точностью до 87%, а нейросети (LSTM) предсказывают давление на 30 секунд вперёд, предотвращая аварии.

*Адаптивное управление.* Сценарное моделирование тысяч вариантов с учётом экономических и экологических ограничений повышает эффективность на 23%. Управление в реальном времени на основе данных волоконно-оптических систем увеличивает эффективность кластеров с 67% до 89% и сокращает аварийные остановки на 65%.

## Сравнение подходов

Таблица 1 - Сравнение методов проектирования ГРП

Подход	Данные	Область применения	Эффект
Геомеханическое моделирование	ГИС, сейсмика, керн	Новые регионы	Точность 70-80%
DFN	FMI, сейсмика	Карбонатные коллекторы	Рост продуктивности до 40%
Машинное обучение	Архивы операций	Регионы с историей	Точность 87%
Адаптивное управление	Данные DAS/DTS в реальном времени	Высокорисковые операции	Рост эффективности с 67% до 89%
NPV-оптимизация	Экономика + технология	Крупные проекты	Рост эффективности на 23%
Российские ИИ-решения	Неполные архивы, отечественные приборы	ТРИЗ, удалённые регионы	Точность 73%, ускорение на 40%

## Российская практика: адаптация и импортозамещение

Российские условия (низкие температуры, вечная мерзлота, агрессивные флюиды) потребовали пересмотра зарубежных моделей. Адаптированное моделирование с использованием отечественной аппаратуры («Соната», «АКАНТ») повысило точность прогноза на Ванкорском месторождении с 50–55% до 72% и снизило риски на Ямале на 40%.

Для баженовской свиты разработан подход «ГРП+» (цепочки типа «нагрев — разрыв — поддержание»), увеличивший прогнозный коэффициент извлечения нефти с 3–5% до 8–12%.

Импортозамещение в Татарстане сократило стоимость операций на 25%, на Сахалине повысило надёжность на 30%. Российские ИИ-разработки, адаптированные для неполных данных, обеспечивают точность прогноза дебита до 73% и сокращают время проектирования на 40%.

В Восточной Сибири синхронизация планирования с навигационными окнами повысила выполнимость проектов с 40% до 90%. В Арктике и

Прибайкалье экологически-ориентированное моделирование рисков снизило воздействие на экосистемы на 60–80%.

## Заключение

Эволюция методов проектирования ГРП идёт от универсальных решений к высокоадаптивным стратегиям, учитывающим геологию, экономику и экологию конкретного объекта. Ключевым фактором успеха становится системная работа с данными на всех этапах — от предпроектного моделирования до анализа результатов. Выбор подхода определяется характером неопределённостей, качеством данных и конечным критерием эффективности (дебит, NPV, минимизация рисков). Мировая практика движется к интеграции экономических и экологических ограничений в режим реального времени, тогда как российские методы фокусируются на преодолении уникальных вызовов через адаптацию моделей и импортозамещение. Опыт отечественных компаний показывает, что такой подход способен повысить доходность проектов на трудноизвлекаемых запасах на 15–20%. В условиях, когда многоэтапный ГРП становится стандартом, именно точность и непрерывность работы с данными превращаются в решающий конкурентный фактор, определяющий экономическую целесообразность применения этой технологии.

## Список использованных источников

1. Основы технологии добычи газа/ А.Х. Мирзаджанзаде, О.Л. Кузнецов, К.С. Басниев, З.С. Алиев // М.: ОАО «Издательство Недра», 2003. 880 с.
2. Фархутдинова М.Х. Анализ влияния геолого-технологических параметров скважин и процесса гидравлического разрыва пласта на его эффективность [Электронный ресурс] // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2014. № 3. С. 33-48. URL: <http://www.ogbus.ru>.
3. Штырлов, Ю. В. Прогнозирование эффективности операций по гидроразрыву пласта // Современные технологии и перспективы развития нефтегазового дела: электронный научный журнал. - 2018. - № S5. - С. 214-222. - DOI: 10.33285/2073-9028-2018-5(5)-214-222.
4. Шакурова Ал.Ф., Шакурова Ай.Ф. Моделирование гидравлического разрыва пласта [Электронный ресурс] // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2014. №2. С.33-47. URL: <http://www.ogbus.ru>.
5. Редикульцев С.А., Липлянин А.В., Палий А.О. Использование метода нейронных сетей для прогноза параметров работы скважины после проведения ГРП // Труды Российского государственного университета нефти и газа им. И.М. Губкина. 2010. № 1. С. 33-37.
6. **Zoback M.D., Kohli A.H.** Unconventional Reservoir Geomechanics: Shale Gas, Tight Oil, and Induced Seismicity. – Cambridge: Cambridge University Press, 2019. – 350 p. – ISBN 978-1-108-42737-0.

7. **Alkomami R.G., Awad M.M., Mahmoud M.A.** Machine learning in hydraulic fracturing: A review // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2022. – Vol. 208, Part B. – P. 109586. – DOI: 10.1016/j.petrol.2021.109586.