

После выбуривания цилиндров выполняется их торцевание на отрезном станке. Процесс может выполняться с помощью одного либо двух алмазных дисков. Торцы цилиндров не должны иметь видимых сколов.

### 3. Отбор обломков

В интервалах хрупких пород, из которых не представляется возможным выбуривание цилиндров, отбираются небольшие по размеру (30–40 мм) обломки пород – образцы неправильной формы.

### 4. Пришлифовка обломков

С помощью шлифовального станка выполняется шлифовка острых граней обломков – образцов неправильной формы.

### 5. Оформление образцов

После торцевания цилиндров и шлифовки обломков на образцы черной несмываемой (водой и керосином) тушью наносится номер скважины и лабораторный номер образца. На цилиндры данная информация наносится на боковую и торцевую стороны.

### 6. Занесение информации в базу данных

После оформления образцов проводится занесение в базу данных информации о каждом образце: лабораторный номер образца, расстояние от верха отобранного керна, состояние образца (цилиндр, обломок), при необходимости комментарии.

### 7. Составление ведомостей и передача образцов в лаборатории

После занесения информации в базу данных составляется ведомость сдачи образцов в лаборатории в электронном виде и на бумажном носителе.

Используемые методические приемы и подходы отбора образцов в совокупности с результатами первичной обработки керна (привязка к ГИС, распиловка, фотографирование, макроскопическое описание) дают возможность на качественном уровне изучить особенности изменчивости свойств пород-коллекторов, а также наметить перспективные направления в области пробоподготовки и исследования керна.

### Литература

1. Отбор, прием, документирование, обработка, хранение, сокращение, ликвидация керна нефтяных и газовых скважин : СТП 09100.17015.230–2020.

УДК 622.02

## ОПТИМИЗАЦИЯ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА В НАКЛОННЫХ СКВАЖИНАХ В УСЛОВИЯХ РАСЧЛЕНЕННОГО ТЕРИГЕННОГО КОЛЛЕКТОРА

Р. Е. Гутман, А. В. Драбкин, В. Н. Шиленкова

РУП «Производственное объединение «Белоруснефть»

БелНИПИнефть, г. Гомель

Комплексный подход к изучению резервуаров нефти и газа является основой для рациональной разработки месторождений углеводородов. Одним из важных направлений, которое помогает решить широкий комплекс задач, является геомеханика.

Целью данной работы является применение геомеханического моделирования для оптимизации процесса ГРП. Объектом исследований является ланско-старооскольский горизонт Речицкого месторождения. Пласт разделен на три блока: северный, восточный, западный. В данной работе рассматриваются результаты только по скважинам западного блока.

При проведении ГРП в западном блоке существует проблема возникновения давления STOP. Это видно из анализа успешности ГРП на скважинах в период с 2018–2020 гг. Было проанализировано 38 операций ГРП на скважинах западного блока ланско-старооскольского горизонта. Более трети из них были неудачными по причине получения давления STOP (рис. 1).

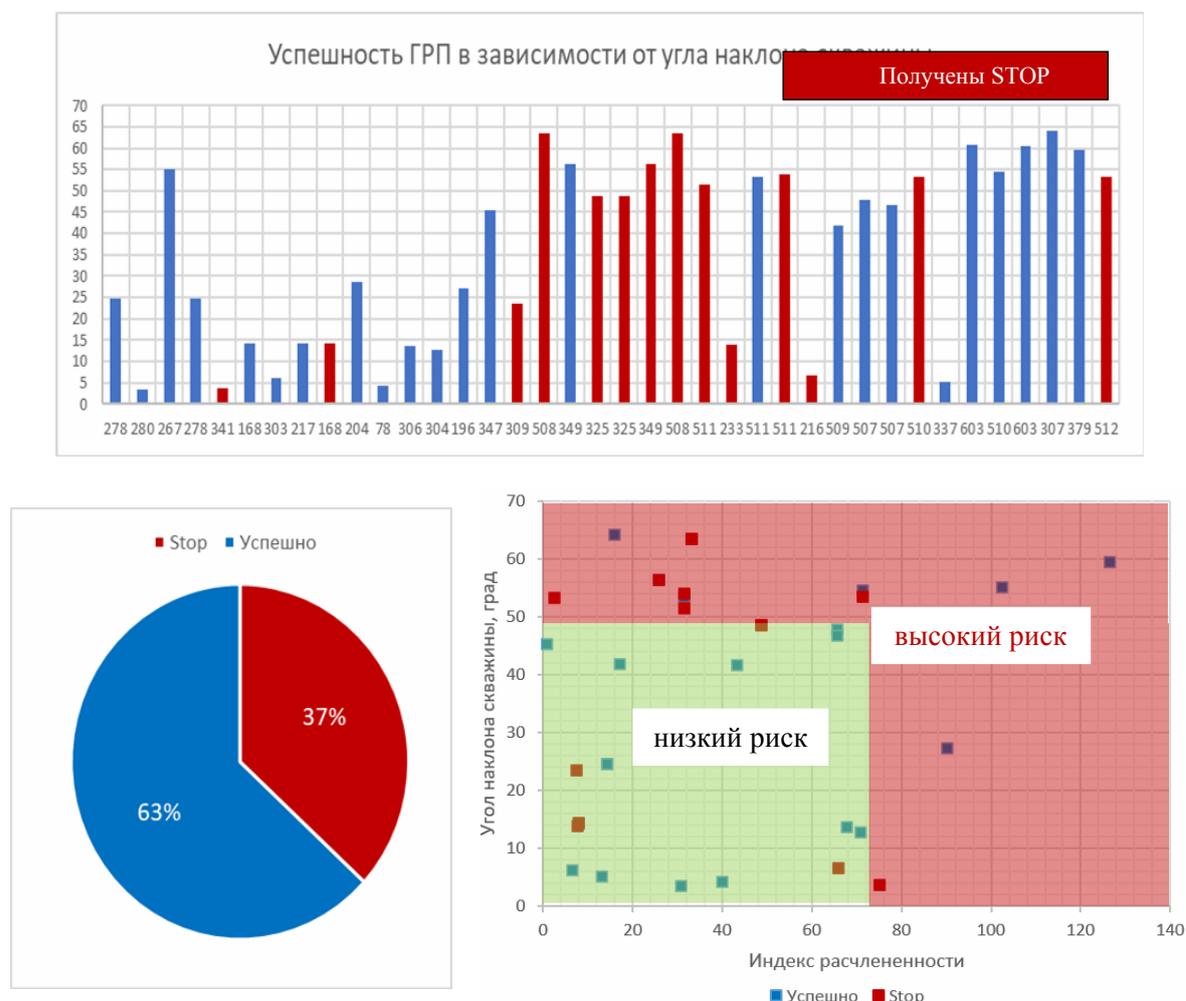


Рис. 1. Анализ результатов ГРП по скважинам западного блока ланско-старооскольского горизонта Речицкого месторождения

По результатам анализа ГРП установлено несколько закономерностей, присущих подавляющему большинству скважин, где было получено давление STOP:

- скважины расположены преимущественно в зоне с высокой расчлененностью коллектора глинистыми пропластками (рис. 2);
- большинство скважин имеют значительный зенитный угол наклона ствола в интервалах продуктивных отложений (45 и более градусов).

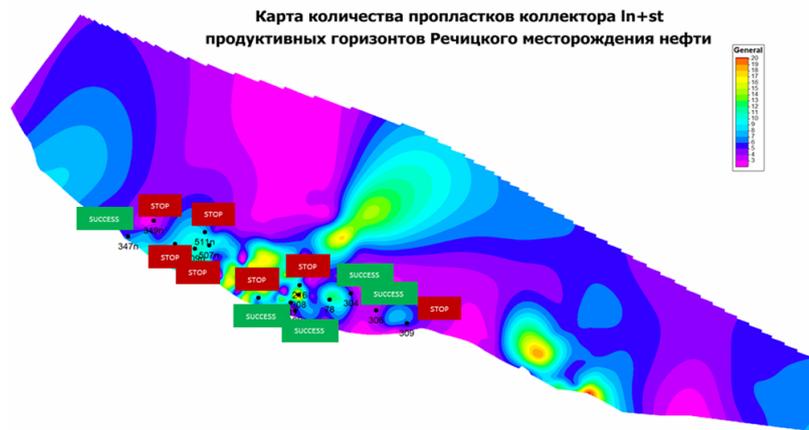


Рис. 2. Соотнесение результатов ГРП с картой расчлененности коллектора пропластками глин на основании интерпретации ГИС

Для уточнения модели механических свойств и напряжений был проведен комплексный расчет с применением геомеханического моделирования. В качестве моделируемых скважин были выбраны скважины 509 и 511, находящиеся в расчлененной зоне коллектора. Для построения механической модели свойств использовались результаты механических исследований керна в пластовых и поверхностных условиях, а также данные геофизических исследований кросс-дипольной широкополосной акустики и плотностного каротажа. По результатам построения геомеханической модели были рассчитаны профили упругих характеристик пластов, а также боковых напряжений. Рассчитанные модели упругих свойств и напряжений отличались от ранее принятых для построения дизайна ГРП, поэтому на примере скважины 509 Речицкого месторождения для оценки различий в параметрах трещины были построены и откалиброваны два дизайна ГРП: один – исходными данными по напряженно-деформированному состоянию пород и упругим свойствам, принятым на основании предыдущего опыта проведения ГРП на соседних скважинах, второй – на результатах построения геомеханической модели.

#### Сравнение параметров трещины ГРП на примере скважины 509

Параметр	Единица физической величины	Базовый	Геомеханика
Длина трещины	m	178	193,8
Закрепленная длина	m	149,7	143,4
Высота трещины	m	87,2	67,5
Закрепленная высота	m	73,3	49,9
Глубина верха трещины (TVD)	m	2656,5	2676.2
Глубина низа трещины (TVD)	m	2743,7	2745,7
Средняя раскрытость	sm	0,534	0,194
Средняя концентрация проппанта в трещине	kg/m <sup>2</sup>	2,23	2,40
Эквивалентное число трещин	–	1	1

Из таблицы можно заметить, что параметры закрепленной длины трещины практически не изменились, в то время как сама длина трещины выросла на 16 м. Значительно изменилась высота трещины с 87,2 до 67,5 м, а закрепленная высота снизилась почти вдвое с 73,3 до 49,9. Это свидетельствует о гораздо большей изменчивости напряжений и упруго-прочностных свойств по разрезу скважины, а также влиянию переслаиваний глины и песчаника. Однако самые большие изменения наблюдаются в раскрытости трещины. Этот параметр изменился почти в три раза по сравнению с базовым дизайном.

Затрудненный транспорт проппанта при проведении ГРП на данной скважине, как и на соседних скважинах, вызванный бриджением в трещине косвенно подтверждает факт низкой раскрытости трещины в интервале ГРП, которая в должной степени не прослеживалась в базовом дизайне ГРП. Также стоит учитывать тот факт, что большинство скважин на западном блоке Речицкого месторождения в интервалах ланско-старооскольских отложений бурятся наклонно-направленными. В классическом случае в условиях режима сброса или сдвига трещины разрыва формируются вертикальными в направлении максимального горизонтального стресса  $S_{Hmax}$ . В этом случае может возникнуть ситуация, при которой пятно контакта трещины со стволом наклонной скважины может оказаться очень маленьким. Незначительное пятно контакта, к тому же если раскрытость трещины маленькая, в свою очередь будет являться негативным фактором для транспортировки проппанта по вертикали.

Совершенно другая ситуация в условиях вертикальной скважины, где пятно контакта трещины со стволом скважины наблюдается практически по всему интервалу, что способствует большей площади контакта, более эффективному транспорту проппанта по всему разрезу трещины, особенно в условиях сильной расчлененности коллектора глинистыми интервалами.

Для уменьшения рисков, связанных с малой величиной контакта трещины со стволом скважины, а также влиянием повышенных напряжений (особенно в глинах) можно рекомендовать: снизить расход проппанта на закачку в трещину; уделять больше внимание подбору фракций проппанта по размеру в соответствии с уменьшенным раскрытием трещины; проводить изолированные стадии ГРП при большом интервале перфорации в высоконаклонных скважинах.

Рекомендуется бурить вертикальные скважины в сильно расчлененных зонах коллектора, чтобы свести к минимуму риск осложнений при ГРП, а также возможные риски обрушения при бурении нестабильных интервалов. Такой подход может быть оправдан, так как при качественном воздействии на пласт накопленный объем добычи значительно превысит объем скважины с наклоном, что подтверждается результатами гидродинамического моделирования.

#### Литература

1. Zoback M. D. Reservoir Geomechanics. UK, Cambridge: Cambridge University Press, 2007. – 505 p.
2. Economides M. J., Nolte K. G. Reservoir Stimulation / third edition / Willey & Sons. – 2011. – 192 p.
3. Fjær E., Holt R. M., Horsrud P., Raaen A. M., Risnes R. Petroleum Related Rock Mechanics, second ed. Elsevier, Amsterdam. – 2008. – 515 p.