

О КРИТЕРИЯХ ПОДБОРА СКВАЖИН ДЛЯ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА

О.В. Салимов¹, А.В. Насыбуллин¹, Р.З. Сахабутдинов¹, В.Г. Салимов^{2*}

¹Институт «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть», Бузульма, Россия

²Волго-Камское региональное отделение Российской Академии естественных наук, Бузульма, Россия

Проанализированы различные методы подбора скважин для гидроразрыва пласта (ГРП). Установлено, что все методы можно разделить на три большие группы: критерии в форме таблицы граничных значений параметров, статистические методы распознавания образов, методы инженерного расчета.

Усложнение или использование дополнительных параметров приводят лишь к сокращению фонда скважин, на которых возможно проведение ГРП.

Показано, что использование фильтрационно-емкостных свойств пород, которые и так используются симуляторами ГРП, в качестве критериев подбора нецелесообразно. Включать в критерии подбора можно лишь те дополнительные факторы, от которых напрямую зависит эффективность гидроразрыва пласта.

Ключевые слова: критерии подбора скважин, экспертные оценки, гидроразрыв пласта

DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.19.4.10>

Для цитирования: Салимов О.В., Насыбуллин А.В., Сахабутдинов Р.З., Салимов В.Г. О критериях подбора скважин для гидроразрыва пласта. *Георесурсы*. 2017. Т. 19. № 4. Ч. 2. С. 368-373. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.19.4.10>

В настоящее время подбор скважин для гидравлического разрыва пласта (ГРП), как правило, проводится путем экспертных оценок специалистов и на основе имеющегося промыслового опыта. Этот процесс строго не формализован, поэтому разные группы специалистов часто приходят к различным выводам.

При подборе скважин необходимо решить ряд вопросов:

1. Целесообразно ли проведение ГРП на конкретной скважине?
2. Какую технологию ГРП применить?
3. Какой масштаб обработки выбрать?
4. Какой прирост дебита может быть получен?
5. Окупятся ли затраты на ГРП?

Пункты 4-5 требуют моделирования в симуляторах MProd, MNrv или в гидродинамических программах, и они выполняются редко.

Критерии подбора скважин для ГРП основаны на промысловом опыте и не нуждаются в каких-то геологических обоснованиях. Критерии меняются в связи с совершенствованием технологии ГРП и выходом на новые объекты. В ПАО «Татнефть» было обработано много скважин, не удовлетворяющих критериям, с получением положительных результатов. С другой стороны, часто скважины, удовлетворяющие всем без исключения критериям, оказывались неэффективными. То есть критерии – это статистические правила проверки гипотез, следование которым обеспечит достаточно низкий процент ошибок первого и второго рода. Нулевая гипотеза – скважина, которая будет выбрана под ГРП, окажется эффективной. Ошибка первого рода – скважина не удовлетворяет критериям, однако проведение ГРП на ней будет эффективным. Ошибка второго рода – скважина удовлетворяет критериям, однако проведение ГРП на ней будет неэффективным. Критерии выработаны на основе

длительной промысловой практики так, чтобы минимизировать сумму ошибок первого и второго рода.

Иногда слышны высказывания, что критерии плохие, геологически не обоснованы и так далее. Что произойдет, если ужесточим критерии? Тогда за бортом останется много скважин, на которых проведение ГРП было бы эффективным, но мы их отбраковали. Смягчим критерии – появится много неэффективных скважин, которые по своим параметрам удовлетворяют критериям. Есть критерии, которые вообще не нуждаются ни в каком обосновании. Например, скважина должна быть технически исправна, а запасы нефти на уровне рентабельности. Это аксиомы.

Обычно критерии подбора скважин представляют собой таблицу с перечнем параметров и их граничными значениями. По мере проведения опытно-промышленных работ, экспериментальных процессов и накопления опыта таблицы постепенно совершенствуются.

Институт «ТатНИПИнефть» создавал критерии подбора скважин для ГРП трудами многих специалистов (Р.Г. Абдулмзитов, Г.А. Орлов, Р.Т. Фазлыев, М.Х. Мусабинов и другие), начиная примерно с 1997 г. Есть несколько руководящих документов по этому вопросу, однако в них все параметры в основном воспроизводятся. Разница только в числовых значениях для границ. Сравним критерии подбора 2015 и 2006 гг. В новых критериях произошло снижение предельного значения нефтенасыщенной толщины пласта от 1,5 до 0,8 м; толщины перекрывающих и подстилающих экранов – от 5 до 4 м. Сейчас допускается проведение одновременного ГРП двух пластов при расстоянии между ними не более 20 м; а было не более 3 м. Зенитный угол скважины в интервале пласта уже не регламентируется. Снизились дополнительные требования для добывающих скважин: обводненность продукции – не более 90% (было не более 50%), пластовое давление – не менее 0,5 от начального (было не менее 0,7 от начального), расстояние до ближайшей нагнетательной скважины – не менее 200 м (было

*Ответственный автор: Вячеслав Гайнанович Салимов
E-mail: salimov@tatnipi.ru

не менее 300 м). Снижение требований обусловлено тем, что на практике отбраковывается большое количество скважин, не удовлетворяющих критериям. Если ужесточать критерии или вводить дополнительные критерии, то скважин, подходящих для ГРП, может остаться буквально единицы.

Положительным моментом являются дополнительные требования для проведения кислотного ГРП, чего не было в прежней редакции критериев подбора. Это степень растворимости породы в соляной кислоте, неоднородность породы, твердость по Бринеллю, расстояние от водонефтяного контакта (ВНК) до нижних перфорационных отверстий. Критерии применения кислотного ГРП разрабатывались и другими авторами (Жарлгатов, Никулин, 2014).

Аналогичные таблицы критериев используются и на других нефтедобывающих предприятиях. Например, в работе (Альмухаметова, Евдокимов, 2014) на основе анализа эффективности применения ГРП на Приобском месторождении установлено, что основными критериями успешности операций ГРП являются: нефтенасыщенная толщина – не менее 3 м; толщина перекрывающих и подстилающих экранов – не менее 3 м; отношение текущего пластового давления к начальному – не менее 0,9; обводненность продукции – не более 30%; угол отклонения ствола скважины от вертикали в интервале пласта – не более 10°; глубина скважины – не более 3000 м.

Другим методом, активно рекомендуемым некоторыми специалистами, является применение программ распознавания образов, в различных его модификациях.

Например, в работе (Пичугин и др., 2007) предлагается подход к прогнозированию эффективности ГРП на основе методов нейросетевого моделирования, вероятностных деревьев и машин опорных векторов. Недостатком является то, что выбранные методы, как и любые другие статистические методы, не позволяют достичь высокого качества прогнозирования без предварительного анализа результатов применения ГРП, тщательной подготовки и формирования базы данных.

В работе (Залевский и др., 2006) для определения условий наиболее эффективного применения технологии ГРП проведены расчеты с применением математических методов статистического анализа, в частности, статистики Манна-Уитни и последовательного диагностического анализа Вальда. Предварительно по всем 684 операциям ГРП, проведенным на месторождениях ТПП «Урайнефтегаз», была составлена локальная база данных, характеризующая геологические условия пластов, геолого-физические условия их призабойных зон, текущие значения показателей добычи на момент до, во время и после ГРП, а также технологические параметры ГРП.

Несмотря на новизну и изощренность привлекаемых математических методов, эти подходы широкого распространения не получили. Причина – необходимо создавать и поддерживать обширные базы данных по ГРП. Как пишут сами авторы этого подхода, максимальную эффективность от использования интеллектуальной системы прогнозирования можно получить только при наличии обратной связи, то есть в режиме непрерывного сопровождения работ по реализации мероприятий на скважинах (Пичугин, 2009).

Предлагались и другие подходы, например, с использованием математического аппарата нечеткой логики (Галиуллин и др., 2011; Перминов, Валеев, 2013). Авторы этих работ рекомендуют использовать комплекс из двух математических приложений: кластерный анализ и метод нечеткой логики. Кластерный анализ позволяет в автоматическом режиме составить рейтинговый список скважин-кандидатов и на его основе выбрать скважины, приоритетные для проведения ГТМ. Сообщают, что использование метода нечеткой логики делает алгоритм разбивки на кластеры более устойчивым к погрешностям и геологической неопределенности основных параметров.

Известны и другие подходы к проблеме подбора скважин для ГРП. Например, в работе (Серебренников и др., 2014) представлена обобщенная информация об особенностях комплексного подхода к обоснованию скважин-кандидатов для проведения гидравлического разрыва пласта, включающего: 1) формирование предварительной выборки и ранжирование скважин (участков месторождений) посредством методов анализа данных Data mining; 2) экспертную оценку критериев, характеризующих скважины и участки месторождения на предмет реализации ГРП. Показаны основные геолого-технологические и технические критерии, выявленные эмпирическим путем, используемые в анализе методами Data mining, а также факторы, формализация которых представляет собой достаточно сложную задачу.

Есть предложения по применению деревьев вместо таблиц решений. В работе (Гайдамак, Пичугин, 2015) исследуется возможность применения метода деревьев решения для выбора скважин-кандидатов для проведения ГРП. Описан метод выявления показателей, значимо влияющих на успешность ГРП. Установлено негативное влияние повышения пространственной плотности выполненных ГРП на последующие гидроразрывы. Предложен способ улучшения качества прогноза методом варьирования порогового значения успешности.

В работе (Куликов и др., 2016) представлены принципы экспресс-метода подбора скважин для проведения стимуляции. Метод основан на использовании графической корреляции значений текущего дебита жидкости и значений показателя потенциала по жидкости для скважин данной залежи.

Используется инженерный расчет и различные прокси-модели для подбора скважин. В отделе РИТиМПС института «ТатНИПИнефть» разработана принципиально новая компьютеризованная технология, в основе которой лежит анализ состояния разработки элементов воздействия. Для подбора скважин-объектов используются геологические условия и технологические показатели эффективности разработки участков, определяемые программой ЛАЗУРИТ, и характеристики самой скважины, допускающие проведение на ней гидроразрыва пластов.

В программу подбора скважин для ГРП заложены критерии, прошедшие многократную апробацию в ПАО «Татнефть». Обоснованность критериев подтверждается промысловой практикой, о чем свидетельствует достигнутый уровень успешности процессов (87%). Научные основы метода были разработаны совместно со специалистами ПАО «Татнефть» (Султанов, 2010).

Близкой к этому подходу является опробованная на ряде месторождений ООО «Лукойл-Пермь» методика выбора скважин для проведения мероприятий по интенсификации отборов нефти и повышению нефтеизвлечения, которая включает оценку остаточных извлекаемых запасов (ОИЗ) дифференцированно по добывающим скважинам; определение сроков выработки ОИЗ по скважинам; выбор для последующего анализа скважин с высокими значениями ОИЗ и сроков их выработки; оценку состояния околоскважинной зоны продуктивных пластов; выбор технологий для проведения мероприятий (Мордвинов и др., 2006).

Поскольку ни одна матрица решений не может обеспечить 100%-ную гарантию успешности ГРП, многими исследователями предлагаются дополнительные критерии. Например, в работе (Соловьева и др., 2009) обосновывается необходимость использования дополнительного критерия при выборе объекта для проведения ГРП. Сущность его состоит в выявлении вертикальной проводимости пластов-неколлекторов, отделяющих нефтенасыщенные пласты от водоносных, через фактическую закономерность обводнения залежи и зоны размещения скважины-кандидата для проведения ГРП.

Известны методы подбора скважин для конкретных геологических условий, например, анализ результатов выполненных операций ГРП на скважинах с низкими пластовыми давлениями месторождений ООО «РН-Пурнефтегаз» лег в основу разработки концепции подбора скважин с низкими пластовыми давлениями для проведения операций ГРП (Борхович и др., 2012).

Часто звучат высказывания о том, что в критерии подбора скважин для ГРП необходимо включать коллекторские (фильтрационно-емкостные) свойства пород. Покажем ошибочность этого положения на примере результатов опытно-промышленных работ (ОПР) по ГРП на мендымские, доманиковские и саргаевские отложения Республики Татарстан.

Используя аппарат математической статистики, по фактическим значениям пористости и глинистости доманиковых отложений были восстановлены кривые их теоретических распределений (Рис. 1, 2).

Для этого были подсчитаны средние значения и среднеквадратичные отклонения каждого из параметров. Затем, используя функцию EXCEL НОРМ.РАСП, были восстановлены кривые распределения каждого параметра. При этом на основании результатов многочисленных исследований предполагалось, что эти распределения подчиняются нормальному закону.

Оценка среднеквадратичного отклонения для малых выборок ($n < 10$) была произведена по размаху выборки. Известно, что при нормальном распределении в качестве оценки характеристики рассеивания можно использовать размах выборки:

$$R = x_{max} - x_{min}, \tag{1}$$

где x_{max} и x_{min} – максимальное и минимальное значения в выборке соответственно.

Показано, что:

$$MR = \alpha_n \sigma, \tag{2}$$

где M – символ математического ожидания; α_n – некоторая функция объема выборки, значения которой приводятся в таблицах; σ – среднеквадратичное отклонение.

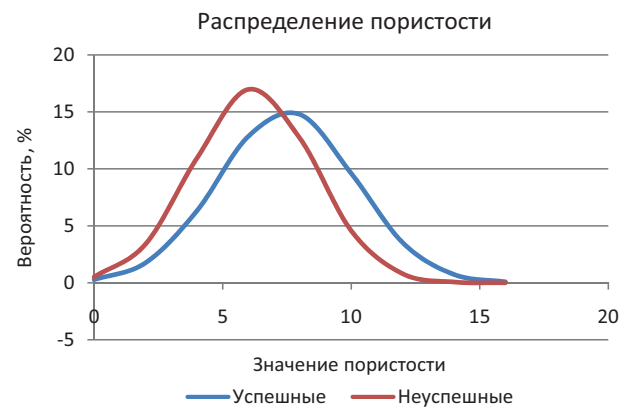


Рис. 1. Теоретическое распределение пористости для успешных и неуспешных процессов ГРП

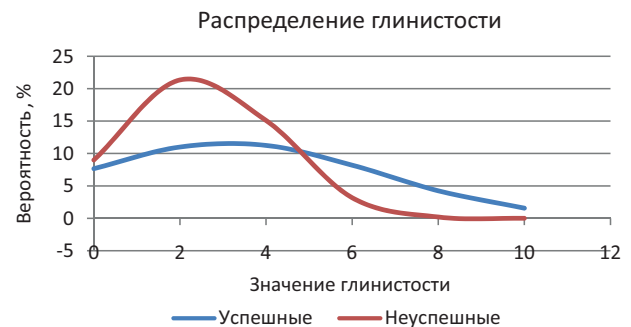


Рис. 2. Теоретическое распределение глинистости для успешных и неуспешных процессов ГРП

Таким образом,

$$M\left(\frac{R}{\alpha_n}\right) = \sigma. \tag{3}$$

При небольших n ($n < 10$) эта оценка параметра σ имеет довольно значительную эффективность, но при больших n – малоэффективна по сравнению с s . Для объема выборки $n = 6$ параметр $\alpha_n = 2,534$ (Смирнов, Дунин-Барковский, 1969).

Из рисунков видно, что распределения изучаемых свойств пластов имеют значительное перекрытие, не допускающее их эффективную дифференциацию по изучаемым свойствам. Если использовать в качестве граничного критерия значения свойств в точках, где кривые пересекаются, то это приведет к большим ошибкам первого и второго рода.

Например, пусть значение пористости равно 6%. Тогда вероятность того, что обработка данного пласта окажется успешной, по рис. 1, составит примерно 13%. Вероятность того, что обработка данного пласта окажется неуспешной, составит примерно 17%. Тогда по формулам теории вероятностей, если этот пласт выбран для обработки, вероятность успеха составит $13/(17+13) \times 100 = 43\%$. Примерно в половине всех скважин. Если значение пористости равно 10%, то вероятность успешной обработки составит примерно 10%, а неуспешной примерно 4%. Вероятность успеха обработки $10/(10+4) \times 100 = 70\%$. Заключение с вероятностью не менее 95% можно дать лишь в ситуациях, когда мы сильно отделились от центра распределения параметра. Например, при пористости 14% вероятность успешности равна примерно 0,7, а неуспешности – 0,07. Вот тогда достоверность заключения об успешности

составит $0,7/(0,7+0,07)=0,91$. Несмотря на крайность ситуации, мы не достигаем до требуемого уровня. Но что делать – природа работает по своим законам.

На этом примере мы попытались показать, что «научное обоснование» и внедрение каких-то новых критериев подбора скважин для ГРП (особенно связанных с коллекторскими свойствами пластов) – это тупиковый путь.

Гидроразрыв проводят в пластах с любыми коллекторскими свойствами. Например, проницаемость может быть от единиц нанодарси (в сланцах) до сотен миллиардов (в песчаных породах). И везде проводят ГРП, меняя только применяемую технологию. Но проницаемость – это коллекторское свойство породы. То же касается и пористости, и глинистости – это тоже коллекторские свойства. Симуляторы ГРП учитывают коллекторские свойства и значения утечек технологической жидкости, поэтому в критериях подбора скважин нет необходимости в ограничениях по коллекторским свойствам пород.

Есть ситуации, в которых привлечение дополнительных критериев подбора просто необходимо. Например, при проектировании кислотных ГРП в карбонатных отложениях. Работами Института «ТатНИПИнефть» показано, что необходимым критерием в этом случае является твердость породы по Бринеллю (Ибатуллин и др., 2011). Хотя симулятор и учитывает твердость породы, однако, начиная с некоторого минимального значения твердости, проводимость трещины становится равной нулю. Поэтому имеет смысл заранее отсеивать такие проигрышные варианты. При пропантном разрыве твердость не играет существенной роли.

Вторая ситуация – выбор интервалов для ГРП в мощных сланцевых толщах. Цель ГРП здесь заключается в получении разветвленной сетки трещин, охватывающей по возможности наибольший объем пласта. Отличие технологии заключается в использовании маловязких жидкостей разрыва. Главную роль в этих условиях начинают играть хрупкость (brittleness) и трещиностойкость (toughness) породы. Так как ни один показатель по отдельности не позволяет дать прогноз создания наилучшей сетки трещин, используется комплексный показатель, включающий оба показателя и называемый разрываемостью (fracability) (Jin et al., 2014).

Математическая модель индекса fracability с точки зрения хрупкости и трещиностойкости определяется следующим образом:

$$FI = \frac{B_n + K_{IC_n}}{2}, \quad (4)$$

где B_n – нормализованная хрупкость; K_{IC_n} – нормализованная трещиностойкость.

$$B_n = \frac{B - B_{\min}}{B_{\max} - B_{\min}}, \quad (5)$$

где B_{\min} и B_{\max} – минимальная и максимальная хрупкость исследуемого пласта, соответственно.

$$K_{IC_n} = \frac{K_{IC_max} - K_{IC}}{K_{IC_max} - K_{IC_min}}, \quad (6)$$

где K_{IC_max} и K_{IC_min} – максимальная и минимальная трещиностойкость исследуемого пласта соответственно.

Показатель FI находится в интервале от 0 до 1. Интервал с $FI = 1$ считается наилучшим кандидатом для ГРП, а интервал с $FI = 0$ наихудшим.

Основная цель дизайна ГРП в сланцевых отложениях заключается в увеличении добычи углеводородов путем подбора кандидатов с самым высоким индексом разрываемости. Сообщают, что этот индекс успешно применялся для оптимизации ГРП и бурения горизонтальных скважин в сланцевом плее Барнетт.

Выводы

1. Критерии подбора скважин для ГРП зависят от района проведения работ и меняются во времени. Основной формой критериев является представление их в виде таблицы граничных значений параметров.

2. Распределения коллекторских свойств для совокупности успешных и неуспешных процессов ГРП в значительной степени перекрываются, не позволяя осуществить их эффективное распознавание.

3. Коллекторские свойства пластов (пористость, проницаемость, глинистость) не отражают эффективность процессов ГРП. Тем более они не могут выступать в качестве критериев для подбора скважин-кандидатов.

4. Если установлены факторы, от которых зависит эффективность ГРП, можно включать их в критерии подбора скважин. Однако параметры, которые учитывает симулятор ГРП (такие как пористость, проницаемость и т.д.), не могут выступать в качестве критериев подбора скважин для ГРП.

Литература

Альмухаметова Э.М., Евдокимов Е.В. Выбор скважин для проведения гидроразрыва пласта. *Проблемы и методы обеспечения надежности и безопасности систем транспорта нефти, нефтепродуктов и газа: Межд. науч.-практ. конф.* Уфа. 2014. С. 40.

Борхович С.Ю., Афонина Ю.М., Колода А.В. Гидроразрыв нефтяных пластов с низкими пластовыми давлениями. *Нефть. Газ. Новации.* 2012. № 11. С. 48-51.

Гайдамак И.В., Пичугин О.Н. Анализ и прогнозирование успешности гидравлического разрыва пласта на основе метода деревьев решений. *Нефтепромысловое дело.* 2015. № 11. С. 35-41, 87, 90-91.

Галиуллин М.М., Зимин П.В., Васильев В.В. Методика выбора скважин-кандидатов для интенсификации добычи с использованием математического аппарата нечеткой логики. *Нефтяное хозяйство.* 2011. № 6. С. 120-123.

Жарлгалпов И.Б., Никулин В.Ю. Критерии целесообразного применения технологии кислотного гидравлического разрыва пласта. *Актуальные проблемы науки и техники – 2014: материалы 7 Межд. науч.-практ. конф.* Уфа. 2014. Т. 1. С. 38-39.

Залевский О.А. и др. Анализ эффективности гидроразрыва методом последовательной процедуры Вальда. *Проблемы нефтегазового комплекса Западной Сибири и пути повышения его эффективности: сб. докл. II науч.-практ. конф.* Когалым. 2006. С. 258-264.

Ибатуллин Р.Р., Насыбуллин А.В., Салимов О.В. Влияние твердости карбонатных пород на эффективность кислотного гидроразрыва пластов. *Фундаментальные проблемы разработки месторождений нефти и газа: тез. докл. Всерос. конф.* Москва. 2011. С. 73-74

Куликов А.Н. и др. Экспресс-метод подбора добывающих скважин для проведения стимуляции. *Труды РГУ нефти и газа.* 2016. № 1. С. 59-67.

Мордвинов В.А. и др. Выбор скважин для проведения мероприятий по интенсификации отборов нефти и повышения нефтеизвлечения. *Проблемы нефтегазового комплекса Западной Сибири и пути повышения его эффективности: сб. докл. II науч.-практ. конф.* Когалым. 2006. С. 233-239.

Перминов Д.Е., Валеев С.В. Кластерный анализ с использованием элементов нечеткой логики с целью автоматического поиска скважин-кандидатов для проведения геолого-технических мероприятий. *Научно-технический вестник «Роснефть».* 2013. № 1. С. 31-35, 55.

Пичугин О.Н. и др. Методика выбора скважин для проведения ГРП на основе применения интеллектуальных систем анализа и прогнозирования. *Теория и практика применения методов увеличения нефтеотдачи пластов: материалы II Межд. науч. симп.* Москва. 2009. Т. 2. С. 244-250.

Пичугин О.Н. и др. Прогнозирование эффективности гидроразрыва пласта на основе проблемно-ориентированного подхода. *Нефтяное хозяйство.* 2007. № 5. С. 88-91.

Серебренников И.В. и др. Особенности подбора скважин-кандидатов для проведения гидравлического разрыва пласта на нефтяных месторождениях. *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений.* 2014. № 10. С. 74-76, 85, 89-90.

Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. 3-е изд., стереотип. М.: Наука. 1969. 512 с.

Соловьева В.Н., Усольцев А.Г., Соловьев И.Б. Необходимый дополнительный критерий выбора объекта для проведения ГРП. *Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море.* 2009. № 6. С. 26-29, 45.

Султанов А.С., Латифуллин Ф.М., Насыбуллин А.В. Автоматизированный подбор скважин-кандидатов для гидравлического разрыва пластов на АРМ геолога «Лазурит». *Нефтяное хозяйство.* 2010. № 7. С. 48-51.

Jin X., Shah S.N., Roegiers J., Zang B. Fracability Evaluation in Shale Reservoirs – An Integrated Petrophysics and Geomechanics Approach. Paper SPE 168589. *SPE Hydraulic Fracturing Technology Conference.* Woodlands, TX, USA. 2014.

Сведения об авторах

Рифкат Зиннурович Сахабутдинов – доктор тех. наук, директор, Институт «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» Россия, 423236, Бугульма, ул. Мусы Джалиля, д. 32
E-mail: rifikat@tatnipi.ru, тел: +7 85594 78 627

Салимов Олег Вячеславович – канд. тех. наук, заведующий лабораторией исследования и сопровождения ГРП, Отдел эксплуатации и ремонта скважин

Институт «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть»
Россия, 423236, Бугульма, ул. Мусы Джалиля, д. 32
E-mail: sov@tatnipi.ru
Тел: +7 85594 78 984

Арслан Валерьевич Насыбуллин – доктор тех. наук, начальник отдела развития информационных технологий и моделирования пластовых систем

Институт «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть»
Россия, 423236, Бугульма, ул. Мусы Джалиля, д. 32
E-mail: arslan@tatnipi.ru
Тел: +7 85594 78 641

Вячеслав Гайнанович Салимов – канд. геол.-мин. наук, руководитель группы по геологии нефтегазовых месторождений

Волго-Камское региональное отделение Российской Академии естественных наук

Россия, 423236, Бугульма, ул. Ворошилова, д. 21
E-mail: salimov@tatnipi.ru
Тел: +7 85594 78 406

Статья поступила в редакцию 16.03.2017;
Принята к публикации 25.08.2017;
Опубликована 30.11.2017

IN ENGLISH

The Criteria for the Selection of Wells for Hydraulic Fracturing

O.V. Salimov¹, A.V. Nasybullin¹, R.Z. Sakhabutdinov¹, V.G. Salimov^{2*}

¹Institute TatNIPIneft Tatneft PJSC, Bugulma, Russia, Bugulma, Russia

²Volga-Kama Regional Branch of the Russian Academy of Natural Sciences, Bugulma, Russia

*Corresponding author: Vyacheslav G. Salimov, e-mail: salimov@tatnipi.ru

Abstract. Various methods of selection of wells for hydraulic fracturing are analyzed. It is established that all methods can be divided into three large groups: criteria in the table form of boundary values of parameters, statistical methods of pattern recognition, methods of engineering calculation.

The complication or use of additional parameters only leads to a reduction in the number of wells at which hydraulic fracturing is possible.

It is shown that the use of reservoir properties of rocks, which are already used by hydraulic fracturing simulators, is not practicable as selection criteria. It is required to include in the selection criteria only those additional factors on which the effectiveness of hydraulic fracturing depends directly.

Key words: well selection criteria, expert estimates, hydraulic fracturing

For citation: Salimov O.V., Nasybullin A.V., Sakhabutdinov R.Z., Salimov V.G. The Criteria for the Selection of Wells for Hydraulic Fracturing. *Georesursy = Georesources.* 2017. V. 19. No. 4. Part 2. Pp. 368-373. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.19.4.10>

References

Al'mukhametova E.M., Evdokimov E.V. Selection of wells for hydraulic fracturing. *Problemy i metody obespecheniya nadezhnosti i bezopasnosti sistem transporta nefii, nefteproduktov i gaza: Mezhd. nauch.-prakt. konf.*

[Problems and methods of ensuring the reliability and safety of transport systems for oil, oil products and gas. Proc. Int. Sci.-Pract. Conf.]. Ufa. 2014. Pp. 40. (In Russ.)

Borkhovich S.Yu., Afonina Yu.M., Koloda A.V. Gidrorazryv neftyanykh plastov s nizkimi plastovymi davleniyami [Hydrofracturing of oil reservoirs with low reservoir pressures]. *Neft'. Gaz. Novatsii* [Oil. Gas. Innovations]. 2012. No. 11. Pp. 48-51. (In Russ.)

Gaidamak I.V., Pichugin O.N. Analiz i prognozirovaniye uspekhov gidravlicheskogo razryva plasta na osnove metoda derev'ev reshenii [Analysis and prediction of the success of hydraulic fracturing based on the decision trees method]. *Neftepromyslovoe delo = Oilfield Engineering.* 2015. No. 11. Pp. 35-41, 87, 90-91. (In Russ.)

Galiullin M.M., Zimin P.V., Vasil'ev V.V. Metodika vybora skvazhin-kandidatov dlya intensivatsii dobychi s ispol'zovaniem matematicheskogo apparata nechetkoi logiki [Technique of selection of candidate wells for production intensification using a mathematical apparatus of fuzzy logic]. *Neftyanoe khozaystvo = Oil industry.* 2011. No. 6. Pp. 120-123. (In Russ.)

Ibatullin R.R., Nasybullin A.V., Salimov O.V. Effect of hardness of carbonate rocks on the efficiency of acid fracturing. *Fundamental'nye problemy razrabotki mestorozhdenii nefi i gaza: tez. dokl. Vseros. konf.* [Fundamental problems of oil and gas fields development. All-Russia Conf. Abstracts]. Moscow. 2011. Pp. 73-74 (In Russ.)

Jin X., Shah S.N., Roegiers J., Zang B. Fracability Evaluation in Shale Reservoirs – An Integrated Petrophysics and Geomechanics Approach. Paper SPE 168589. *SPE Hydraulic Fracturing Technology Conference.* Woodlands, TX, USA. 2014.

Kulikov A.N. et al. Express-method of selection of production wells for stimulation implementation. *Trudy RGU nefi i gaza* [Proc. Russian State University of Oil and Gas]. 2016. No. 1. Pp. 59-67. (In Russ.)

Mordvinov V.A. et al. Selection of wells for carrying out activities to intensify oil sampling and increase oil recovery. *Problemy neftegazovogo*

kompleksa Zapadnoi Sibiri i puti povysheniya ego effektivnosti: sb. dokl. II nauch.-prakt. konf. [Problems of the oil and gas complex of Western Siberia and ways to improve its efficiency. II Sci.-Pract. Conf. Collected papers]. Kogalym. 2006. Pp. 233-239. (In Russ.)

Perminov D.E., Valeev S.V. Klasternyi analiz s ispol'zovaniem elementov nechetkoi logiki s tsel'yu avtomaticheskogo poiska skvazhin-kandidatov dlya provedeniya geologo-tekhnikeskikh meropriyatii [Cluster analysis using elements of fuzzy logic in order to automatically search for candidate wells for geological and technical measures]. *Nauchno-tehnicheskii vestnik «Rosneft»*. 2013. No. 1. Pp. 31-35, 55. (In Russ.)

Pichugin O.N. et al. The method of selecting wells for hydrofracturing on the basis of the use of intelligent systems for analysis and forecasting. *Teoriya i praktika primeneniya metodov uvelicheniya nefteotdachi plastov: materialy II Mezhd. nauch. simp.* [Theory and practice of applying methods to increase oil recovery. Proc. II Int. Sci. Symp.]. Moscow. 2009. V. 2. Pp. 244-250. (In Russ.)

Pichugin O.N. et al. Prognozirovaniye effektivnosti gidrorazryva plastov na osnove problemno-orientirovannogo podkhoda [Forecasting the effectiveness of hydraulic fracturing on the basis of a problem-oriented approach]. *Neftyanoe khozyaistvo = Oil industry*. 2007. No. 5. Pp. 88-91. (In Russ.)

Serebrennikov I.V. et al. Osobennosti podbora skvazhin-kandidatov dlya provedeniya gidravlicheskogo razryva plastov na neftyanykh mestorozhdeniyakh [Features of selection of wells-candidates for hydraulic fracturing of the reservoir at oil fields]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdenii = Geology, geophysics and development of oil and gas fields*. 2014. No. 10. Pp. 74-76, 85, 89-90. (In Russ.)

Smirnov N.V., Dunin-Barkovskii I.V. Kurs teorii veroyatnostei i matematicheskoi statistiki dlya tekhnicheskikh prilozhenii [Course of probability theory and mathematical statistics for technical applications]. Moscow: "Nauka" Publ. 1969. 512 p. (In Russ.)

Solov'eva V.N., Usol'tsev A.G., Solov'ev I.B. Neobkhodimyyi dopolnitel'nyi kriteriiy vybora ob'ekta dlya provedeniya GRP [The necessary additional criterion for selecting an object for the fracturing]. *Stroitel'stvo neftyanykh i gazovykh skvazhin na sushe i na more* [Construction of oil and gas wells on land and at sea]. 2009. No. 6. Pp. 26-29, 45. (In Russ.)

Sultanov A.S., Latifullin F.M., Nasybullin A.V. Avtomatizirovannyyi podbor skvazhin-kandidatov dlya gidravlicheskogo razryva plastov na ARM geologa «Lazurit» [Computer-aided selection of candidate wells for frac-jobs using LAZURIT workstation]. *Neftyanoe khozyaistvo = Oil industry*. 2010. No. 7. Pp. 48-51. (In Russ.)

Zalevskii O.A. et al. Analysis of the effectiveness of hydraulic fracturing by the method of the sequential Wald procedure. *Problemy neftegazovogo kompleksa Zapadnoi Sibiri i puti povysheniya ego effektivnosti: sb. dokl. II nauch.-prakt. konf.* [Problems of the oil and gas complex of Western Siberia

and ways to improve its efficiency. II Sci.-Pract. Conf. Collected papers]. Kogalym. 2006. Pp. 258-264. (In Russ.)

Zharlgapov I.B., Nikulin V.Yu. Kriterii tselesoobraznogo primeneniya tekhnologii kislotnogo gidravlicheskogo razryva plastov [Criteria of expedient application of acid hydraulic fracturing technology]. *Aktual'nye problemy nauki i tekhniki – 2014: materialy 7 Mezhd. nauch.-prakt. konf.* [Actual problems of science and technology. Proc. 7 Int. Sci.-Pract. Conf.]. Ufa. 2014. V. 1. Pp. 38-39. (In Russ.)

About the Authors

Rifkhat Z. Sakhabutdinov – DSc (Engineering), Managing Director, Institute TatNIPIneft Tatneft PJSC

32 M.Djalil St., Bugulma, 423326, Republic of Tatarstan, Russia

E-mail: rifkhat@tatnipi.ru, tel: +7 85594 78 627

Oleg V. Salimov – PhD (Engineering), Chief of Hydrofrac Research Laboratory, Well Operation and Workover Department, Institute TatNIPIneft Tatneft PJSC

32 M.Djalil St., Bugulma, 423326, Republic of Tatarstan, Russia

E-mail: sov@tatnipi.ru, tel: +7 85594 78 984

Arslan V. Nasybullin – DSc (Engineering), Head of IT and Reservoir Simulation Department, Institute TatNIPIneft Tatneft PJSC

32 M.Djalil St., Bugulma, 423326, Republic of Tatarstan, Russia

E-mail: arslan@tatnipi.ru, tel: +7 85594 78 641

Vyacheslav G. Salimov – PhD (Geology and Mineralogy), Head of Subsurface Geology Group, Volga-Kama Regional Branch of the Russian Academy of Natural Sciences

21 Voroshilov St., Bugulma, 423326, Republic of Tatarstan, Russia

E-mail: salimov@tatnipi.ru, tel: +7 85594 78 406

Manuscript received 16 March 2017;

Accepted 25 August 2017; Published 30 November 2017