

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ГРП И КГРП НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

THE AVENUES OF DEVELOPING HYDRAULIC FRACTURING AND ACID HYDRAULIC FRACTURING ON THE FIELDS OF THE REPUBLIC OF BELARUS

Д.В. ТКАЧЕВ, А.В. ДРАБКИН, К.В. МИРОНЕНКО, Т.Д. ГИЛЯЗИТДИНОВ, БелНИПИнефть

D.V. TKACHEV, K.V. MIRONENKO, T.D. GILIAZITDINOV, BelNIPIneft

На период с 2011 по 2016 год в РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» взят курс на улучшение и модернизацию как существующих технологических подходов к планированию и сопровождению операций ГРП/КГРП, так и на внедрение и последующее широкое применение новых технико-технологических решений проблемных задач на карбонатных и терригенных коллекторах месторождений Республики Беларусь.

Одним из основных направлений в этой области стала технология азотно-пенного ГРП, направленная на снижение остаточного загрязнения пласта полимерами, уменьшение коэффициента фильтрации жидкости разрыва по коллектору и ограничение доминирующего роста трещины по высоте. Данные преимущества азотно-пенного разрыва перед классическим ГРП с применением водного геля весьма актуальны для карбонатных и терригенных залежей Республики Беларусь.

За период 2012–2013 годов были выполнены две скважино-операции по данному виду работ – 86 Давыдовского (январь 2012 года) и 133 Вишанского месторождений (январь 2013 года). Применение технологии пенно-азотного ГРП на скважине 86 Давыдовского месторождения не дало ощутимых преимуществ по сравнению с традиционной технологией проведения работ, если не считать безусловного снижения остаточного загрязнения пласта полимерами. На скважине 133 Вишанского месторождения технология пенно-азотного ГРП главным образом планировалась для ограничения роста трещины в высоту и минимизации вероятности получения обводненной продукции (расстояние от НДП до ВНК составляет 14 м). Скважина после освоения из бурения в 2003 году работала с обводненностью продукции 10%. После проведения операции среднесуточный дебит нефти увеличился в 3,5 раза, обводненность продукции варьируется в пределах 0–10%. При этом соседние скважины, на которых проводился ГРП по «классической» технологии, работают с меньшими показателями.

В перспективе планируется увеличение объемов выполнения ГРП по данной технологической схеме,

RUE Belarusneft Production Association adopted a modernization strategy for 2011–2016 aimed at improving current technological approaches to hydraulic fracturing and acid hydraulic fracturing operations planning and support, introduction and further wider application of new technical and technological solutions at the carbonate and terrigenous reservoirs of the fields of the Republic of Belarus.

One of the principal thrusts in this field is nitrogen and foam fracturing aimed at reduction of residual contamination of the formation with polymers, reduction of breakdown agent filtration coefficient across the reservoir and limitation of the prevailing crack growth height. These advantages of nitrogen and foam fracturing as compared to classical fracturing including water gel, seem to be quite relevant for the carbonate and terrigenous deposits of the Republic of Belarus.

Two such operations were performed in 2012–2013 period: at 86 Daydovsky Well (January, 2012) and 133 Vishansky Well (January, 2013). The application of nitrogen and foam fracturing at 86 Daydovsky Well did not bring any substantial results, as compared to the traditional technology, except for obvious reduction in residual contamination of the formation with polymers. As far as 133 Vishansky Well is concerned, the nitrogen and foam fracturing was meant to constrain the vertical crack growth and minimize the possibility of watercut products. After well completion in 2003 the well operated with 10% watercut rate. After the operation, the daily debit rate increased by 3.5 times. The watercut rate ranged 0–10%. Meanwhile the neighboring wells, where fracturing was made according to the classic technology, demonstrated weaker performance.

The amount of fracturing operations performed under this technological scheme is planned to be raised as well as the degree of foam gassing in bottomhole condition (of foam quality) via more powerful and modernized nitrogen units.

In the course of time the stock of wells that are candidates for fracturing is deteriorating. At the moment the specialists of RUE Belarusneft Production



а также увеличение степени газирования пены в забойных условиях (качества пены) за счет применения более мощных и модернизированных азотных установок.

С течением времени фонд скважин-кандидатов для ГРП ухудшается, в настоящее время специалисты РУП «ПО «Белоруснефть» вынуждены все чаще прибегать к гидроразрыву пласта на глубоководных залежах (3500–5500 м), что сопровождается высокими устьевыми давлениями (выше 70 МПа) при производстве работ. Вызвано это как высоким градиентом разрыва пород, так и значительными потерями давления на трение в НКТ, особенно диаметром 73 и 60 мм. Высокие глубины залегания таких пластов, как правило, сопровождаются повышенными пластовыми температурами (>110 °С), что диктует особые требования к стабильности жидкости разрыва.

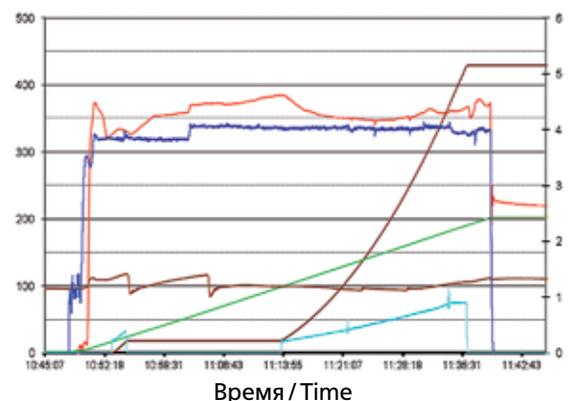
Разрабатываются технологии ГРП и КГРП для глубоководных скважин с аномально высокими температурами (более 175 °С). На территории Республики Беларусь такие объекты встречаются крайне редко, однако подобные скважины, требующие в качестве освоения или интенсификации проведения проппантного или кислотного гидроразрыва, довольно часто встречаются в международных проектах. На сегодняшний день мы располагаем как жидкостями разрыва, так и жидкостями травления (кислотными составами), способными выполнять свои функции при температурах до 200 °С. Для проппантного ГРП, успешность и эффективность которого в значительной мере зависит от качества и надежности жидкости разрыва, подобран водный гель на основе карбоксиметил-гидроксипропил гуаров и циркониевых сшивателей. В качестве жидкостей травления при кислотном ГРП применяются этилендиаминтетрауксусные кислоты, смеси дикарбоновых кислот, а также технологии с применением GLDA-кислот.

Основным и приоритетным направлением развития технологии ГРП является технология кислотно-проппантного разрыва. В процессе анализа выполненных КГРП на карбонатных коллекторах Припятского прогиба выявлена определенная закономерность – при отношении пластового давления к гидростатическому давлению меньше 1 эффективность проведения КГРП (с применением раствора соляной кислоты различных концентраций) либо мала, либо непродолжительна (эффективность прослеживается менее 3 месяцев). Особенно данное обстоятельство проявляется на скважинах, продуктивный интервал которых сложен мягкими породами (известняками). Это объясняется частичным закрытием («схлопыванием») созданных и протравленных кислотой трещин. В условиях низких пластовых давлений значительны эффективные давления на участки контакта стенок трещины, что приводит к их разрушению и снижению раскрытости. Проведение проппантного ГРП в таких пластах с закачкой значительного объема проппантной набивки (более 35 т), обусловленного

Association have to increasingly apply fracturing for deep deposits (3500–5500 m), which is accompanied by high well-head pressure (over 70 MPa) during the operations. Such a situation is prompted by high gradient of formation rupturing and substantial losses of pressure due to friction in the production string, especially with the diameters of 73 and 60 mm. Big depth of such formations is generally accompanied by increased formation temperatures (>110 °C), which causes special requirement to the fracturing fluent.

Fracturing and acid fracturing technologies are developed for deep wells with abnormally high temperatures (over 175 °C). Such sites occur quite seldom on the territory of the Republic of Belarus, yet these wells requiring proppant or acid fracturing for completion or intensification, are frequently applied in international projects. At the moment we have both fracturing fluids and etching fluids (acid compositions), capable to performing their function under the temperature of 200 °C. The success and efficiency of proppant fracturing largely depends on the quality and reliability of the fracturing liquid. A water gel was selected on the basis of carboxymethyl and hydroxypropyl guar compounds and zirconia crosslinkers. The following etching fluids are applied in fracturing: versenates, diacid mixtures as well as GLDA-acid technologies.

One of the priority thrusts in fracturing technologies is acid-proppant technology. During the analysis of acid fracturing performed at carbonate collectors of Pripyat depression a certain pattern was indentified –



Давление устьевое НКТ [атм], давление в затрубье [атм]
Well-head tubing pressure (atm). The annulus pressure

Объем закачки [м³]
The injected amount (m³)

Масса проппанта [кг] x 1000
Proppant mass (kg) x 1000

Расход смеси [м³/мин]
Mixture consumption (m³/min)

Концентрация проппанта [кг/м³] x 1000
Proppant concentration (kg/m³) x 1000

Рисунок 1 – График проведения ГРП на скважине 133 Вишанского месторождения 20.01.13

Figure 1– Schedule of fracturing at well 133 of Visbansky Field on 20.01.13

необходимостью создания высокопроводящего канала «скважина – удаленная зона», зачастую осложняется рядом геологических и техногенно-геологических факторов (отсутствие перемычек для ограничения роста трещины по высоте, наличие промытых каналов фильтрации, естественная и техногенная трещиноватости коллектора).

Целью проведения кислотно-проппантного разрыва является травление кислотной композицией каналов и червоточен в массиве коллектора с последующим закреплением протравленных пустот расклинивающим агентом. Данная технология имеет две вариации:

- а) создание каналов фильтрации и их равномерное закрепление. Данное технологическое решение направлено к применению на более мягких породах (например, известняки);
- б) создание высокопроводящих каналов с закреплением в прискважинной зоне. Направлено на проведение в глинистых и плотных карбонатных разностях.

В настоящее время идет подбор и опробование кислотных композиций, обладающих как замедленным свойством травления, так и свойствами жидкости-проппантоносителя. Приступить к опытно-промышленным испытаниям данной технологии планируется в сентябре-октябре 2014 года.

Параллельно с опробованием технологии кислотно-проппантного ГРП идет работа над двумя перспективными направлениями в области улучшения технологических подходов к выполнению КГРП. Как показала практика проведения работ по кислотному гидроразрыву на коллекторах РБ, сложенных известковыми породами, для эффективного травления удаленной зоны требуется применение замедлителей реакции кислотных составов. С другой стороны, большинство крупнейших залежей с карбонатными коллекторами РБ находятся на поздней стадии разработки и подвергались многочисленным кислотным обработкам за время эксплуатации. Это привело к крайне неравномерному травлению породы как по разрезу, так и по объему порово-трещинного пространства в латеральном направлении, т.е. каждое последующее кислотное воздействие еще больше разрушает уже созданные каверны, почти не затрагивая матрицу породы. Чтобы противодействовать этому явлению, в настоящее время на предприятии идет подбор и лабораторное тестирование реагентов-отклонителей кислоты, применение которых позволит достичь более равномерного травления пласта.

Все перечисленные исследования направлены на увеличение эффективности воздействия на пласт с целью активизации выработки трудноизвлекаемых запасов. Только постоянное совершенствование технологии ГРП и доработка ее в соответствии с требованиями конкретных геолого-физических свойств пластов позволит получить желаемый результат. ☉

if the proportion of formation pressure to hydrostatic formation is below 1, the efficiency of acid fracturing (with hydrochloride solution of various concentration) is either poor or short (the efficiency is tracked form less than 3 months). This circumstance is especially typical of the wells, where the productive interval is composed of soft rocks (limestone). This is explained by partial closure ("collapse") of cracks created and etched by the acid. Under conditions of low formation pressure, there is strong pressure on the contact sections of the crack walls, which brings about their destruction and makes then less open. Proppant fracturing in such formations with substantial amount of pumped proppant filling (over 35 tons), prompted by the necessity to produce a highly-conductive "well-remote area" channel, is explained by a number of geologic and anthropogenic factors (lack of barriers limiting the crack height growth, availability of washed filtration channels, natural and anthropogenic reservoir fissility).

The acid fracturing is aimed at acid etching of the channels and holes in the reservoir rock with further fixing of the etched spaces by a proppant agent.

This technology has two variations:

- a) creating filtration channels and their even fixing. This technology is applied in softer rocks (such as limestone);
- b) creation of high-conductive channels fixed in nearfield. It is applied in clay and dense carbonated varieties.

At the moment we select and treat the acid composition with longer etching effect and the property of fluid -, proppant bearer. The industrial testing of the technology will begin in September-October 2014.

Alongside acid-proppant fracturing technology, we develop two promising thrusts for improving acid fracturing technological methods. The practice of acid fracturing at the Belarusian reservoirs composed of limestone rocks, for efficient etching of the remote area requires inhibitors of acid compounds. On the other part, in most of large deposits with carbonaceous reservoirs are on the last stage of their development and were subjected to numerous acid treatments at the time of their exploitation. It brought uneven etching both in terms of section and the volume of porous-fissured space in lateral space. It means that every next acid treatment produces farther destruction of the cavities without touching the rock matrix. In order to resist this phenomenon the company is currently searching and testing reagent, which can produce acid deviation. Their application provides for more even formation etching.

All the above-mentioned researches are aimed at raising the efficiency of impact on the formation aimed at higher production of hard-to-recover reserves. Only regular improvement of fracturing and its update in compliance with the requirements of specific geologic and physical properties will deliver the desired result. ☉