УДК 622.276.6

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДОБЫЧИ НЕФТИ НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

[1]Савенок О.В., [2]Яковлев А.Л.

[1]ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар, e-mail: olgasavenok@mail.ru;

[2]ООО «КНГК-Групп», Краснодар, e-mail: yakovlev@i-npz.ru

Неоднородность коллекторских свойств как по разрезу, так и по простиранию приводит к неравномерному нефтеизвлечению и снижению коэффициента нефтеизвлечения по пласту в целом. Решение данной проблемы сводится к раскрытию трещин за счёт множества способов. В контексте данной статьи решение сводится к совокупности операций волнового воздействия, подкреплённого закачкой полимерных композитов. Важной отличительной особенностью узконаправленных волн (УНВ) является оперативное получение результатов в реальном времени. По результатам полученных отражённых волн изучают процесс изменения порового пространства в точках волнового воздействия. Данный процесс характеризуется как мультипликативный случайный, для которого стационарными параметрами являются среднее значение, дисперсия и автокорреляционная функция. Эти параметры определяются такими характеристиками геосреды, как напряжённое состояние, трещиноватость, физико-механические свойства и тип флюидонасыщения. Работы по технологии УНВ можно подразделить на кратковременный и долговременный периоды. В первом случае воздействие проводится в течение 1–2 часов для изучения результатов воздействия на пласт и изменения структуры трещин. Далее воздействие пролонгируется до 5 часов с постепенной закачкой слабокислотного эмульсионного композита. Так, технология УНВ позволяет контролировать процесс расширения трещин в реальном времени и оперативно останавливать его, предотвращая его негативное развитие. При обращении к данным зависимостям сделан вывод, что при знании параметров трещиноватости можно, регулируя параметры волнового источника, добиться максимального эффекта раскрытия трещин при его незначительной локализации. Таким образом, общее воздействие на пласт, которое может привести к негативным последствиям, сводится к минимуму, что позволит избежать нагрузки на природную среду.

Ключевые слова: интенсификация добычи нефти, экологически безопасные технологии, воздействие упругими колебаниями, узконаправленные волны, скважинное электроразрядное устройство, ударно-волновая технология

RATIONALE FOR THE CHOICE OF THE TECHNICAL SYSTEM AT THE INTENSIFICATION OF OIL PRODUCTION IN THE KRASNODAR TERRITORY

[1]Savenok O.V., [2]Yakovlev A.L.

[1]Kuban State Technological University, Krasnodar, e-mail: olgasavenok@mail.ru;

[2]LLC «KNGK-Group», Krasnodar, e-mail: yakovlev@i-npz.ru

The heterogeneity of reservoir properties both along the section and along strike, resulting in uneven oil recovery and reduce the oil recovery factor on a layer as a whole. The solution to this problem is reduced to the disclosure of cracks due to a variety of methods. In the context of this article, the solution is reduced to a set of operations, wave action, supported by the injection of polymer composites. An important feature of the narrow beam of waves (CNF) is operative to obtain results in real time. According to the results obtained by the reflected waves are studying the process of modifying the pore space at the points of wave action. This process is characterized as a random multiplier for which the fixed parameters are the mean, variance and autocorrelation function. These parameters are defined by such characteristics geomedium as stress state, stress fracture, physical and mechanical properties and the type of fluid saturation. Work on CNF technology can be divided into short-term and long-term periods. In the first case the exposure is performed for 1–2 hours to study the results of the stimulation and the cracks structure changes. Further, prolonged exposure to 5 hours with gradual pumping weakly acidic emulsion composite. So, CNF technology allows you to control the expansion of cracks in real time and stop it promptly, preventing its negative development. Turning to data dependencies, it is concluded that the knowledge of fracture parameters can be adjusting wave source parameters to achieve the maximum effect of cracks in its minor localization. Thus, the overall effect on the formation, which may lead to negative consequences, is minimized, thereby avoiding the load on the environment.

Keywords: enhanced oil recovery, environmentally friendly technologies, the impact of elastic vibrations, narrowly focused wave, downhole electric discharge unit, shock wave technology

Среди наиболее перспективных и экологически безопасных технологий интенсификации добычи нефти является волновое воздействие на породу. Реализация двух основных задач в технологии волнового воздействия обеспечивается в импульсном режиме многократного упругого возбуждения пласта. Этим данная технология отличается от других технических решений, обеспечивающих квазистационарный режим воздействия на пласт. Стационарный режим поддерживания пластового давления,

например в системе поддержания пластового давления путём тампонирования окраин месторождения, заменяется импульсным режимом многократного циклического изменения давления при прохождении фронтов упругих волн. Возникающие при этом микроградиенты давления при интегрировании во времени и по площади участка месторождения создают непрерывно изменяющееся векторное гидродинамическое поле, в котором интенсифицируются фильтрационные процессы, и расширяют трещины в карбонатных породах.

Воздействие на фильтрационно-емкостные свойства коллектора в волновой технологии осуществляется также в импульсном режиме путём пульсирующего изменения сечения поровых каналов в фазе растяжения упругой продольной волны и интегрирования этих изменений при многократном волновом воздействии.

При воздействии упругими колебаниями на водогазонасыщенные пласты по насыщающей среде и скелету распространяются две продольные (переупаковки и давления) и одна поперечная (сдвиговая) волны. Продольная волна переупаковки затухает вблизи источника колебаний и с точки зрения воздействия на пласт не представляет интереса. Под действием упругой продольной волны давления, которая распространяется на большие расстояния, насыщающие фазы, отличающиеся друг от друга по плотности, за счёт проявления инерционных свойств совершают несинфазные колебательные движения относительно своих центров и друг друга.

В этом случае, исходя из уравнения динамики Эйлера, одинаковому ускорению всех частиц воды соответствует одинаковое во всём потоке падение колебательного давления в направлении ускорения:

$$\frac{\partial \rho}{\partial x} = -\rho_i \cdot \frac{\partial u_i}{\partial \tau}, \qquad (1)$$

где τ – касательное напряжение трения; x – линейная координата; ρ – плотность среды, кг/м^3; u – колебательная скорость капли, м/мин.

Исходя из баланса сил и уравнения движения капельного флюида, можно получить зависимость для ускорения несферической капли, которая соответствует общему виду известного решения задачи Прандтля о поведении различных тел в ускоренных потоках:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} \cdot \frac{\partial u_1}{\partial t} = \frac{\partial u_2}{\partial t}, \qquad (2)$$

где $u_2(\tau, x)$ – колебательная скорость капли, м/мин; t – время, мин; x – линейная координата.

Это соотношение показывает, что чем меньше плотность углеводородной фазы (УВ-фазы), тем более высокое значение ускорения она получает и, следовательно, более благоприятными для воздействия оказываются месторождения с лёгкими углеводородами. Наибольшее воздействие со стороны упругого поля испытывают более крупные капли и конгломераты, формы которых отличаются от сферических. Более лёгкая УВ-фаза имеет более высокое значение ускорений, чем окружающая её вода, то есть УВ-фаза перемещается относительно водной среды и в том же направлении. При этом направления движения через каждые полпериода изменяются. Такая динамика поведения фаз в условиях плёнки на поверхности поровых каналов препятствует адгезионному взаимодействию фаз с поверхностями поровых каналов, которое действует через плёнку и пропорционально продолжительности контакта. В результате этого при наличии градиента внешнего давления эффективности вытеснения УВ-фазы будет существенно выше, чем в отсутствие поля.

В то же самое время на работу пласта очень большое влияние оказывает истощение его упругой энергии, что приводит к падению дебита в целом на участке и блоках месторождения. В этом случае было бы целесообразно осуществлять воздействие на значительную площадь пласта в целом для инициирования работы последнего путём восстановления его упругой энергии.

В настоящее время единственной технологией, обеспечивающей проявление площадного эффекта, является сейсмоакустическая технология объёмного волнового воздействия.

Это позволяет реализовать эффекты, принципиально недостижимые для известных технологий локального воздействия в прискважинной зоне:

- повышение продуктоотдачи пластов в целом для участков (блоков) месторождения;
- увеличение охвата пласта;
- снижение остаточных запасов за счёт дистанционного площадного инициирования и вовлечение в разработку запасов защемлённых углеводородов (УВ), тупиковых зон и останцев.

Сущность технологии состоит в длительном возбуждении низкочастотного волнового поля непосредственно в больших объёмах продуктивного пласта с помощью метода, основанного на реализации объёмной интерференции упругих волн в пластах.

Возбуждение волнового поля осуществляется с помощью специального источника

упругих волн, опускаемого в скважину на каротажном кабеле и устанавливаемого в зоне продуктивного пласта. Длина источника до 3600 мм, диаметр 95–100 мм.

Упругие колебания, создаваемые при мощном гидроимпульсном ударе, распространяются в продуктивном пласте, имеющем свойства волновода, в виде специальных каналовых и стационарных (стоячих) волн.

Этим обеспечивается дальний перенос упругой энергии по продуктивному пласту, вследствие этого в продуктивном пласте, обладающем волноводными свойствами, возникает периодический слабо затухающий волновой процесс (аналог стоячих волн), характеризующийся интерференцией волн, переотражающихся от кровли и подошвы пласта. Этот процесс сопровождается образованием в объёме пласта областей пучностей и узлов деформаций (и напряжений). При этом область пласта мощностью, равной четверти длины волны ($\lambda/4$) между пучностью и узлом деформации, является энергетически замкнутой областью, в которой дважды за период происходит превращение кинетической энергии в потенциальную. Принципиально важной особенностью этого процесса является то, что отмеченные области не обмениваются энергией с соседними интервалами и являются как бы замкнутыми областями непрерывных энергетических переходов. Потенциальная энергия напряжений, концентрирующаяся в процессе этих переходов в окрестности узлов стационарных волн, вызывает периодические деформации горной среды в таких областях пласта. Это приводит, в свою очередь, к возникновению процессов пульсирующего изменения (уменьшения или увеличения) вторичной пустотности (пористости, трещиноватости) коллектора.

Таким образом, возникает как бы поршневой эффект, сопровождающийся возникновением локальных градиентов давления в пористой среде на фоне общего градиента в направлении областей отбора.

Площадной эффект волнового воздействия заключается, прежде всего, в повышении полноты охвата продуктивных пластов дренированием, вовлечением в разработку застойных и тупиковых зон. Но деформированные состояния в карбонатном коллекторе могут привести к нарушению структуры пласта и инфильтрации флюида в более глубокие слои материнской породы (рис. 1). Для исключения избыточного разрушения пласта в карбонатном массиве целесообразно использовать направленное волновое воздействие в сочетании с кислотно-эмульсионным заводнением пласта для расширения трещин.

С целью изучения возможного механизма мобилизации капли нефти, окружённой кислотно-эмульсионной смесью и защемлённой в капилляре пористой среды, необходимо понимать собственную частоту колебаний капли при защемлении. Доказано, что эта частота немонотонно зависит от статического перепада давления. В совокупности с волновым воздействием на поровое пространство с определённой частотой внешнего вибрационного мобилизующего воздействия, при которой его амплитуда минимальна, близка к частоте свободных колебаний капли при заданном внешнем статическом перепаде давления. При этом суммарный перепад давления (статический + волновой) может быть меньше, чем статический, требуемый для мобилизации капли.

Основы предлагаемой технологии были заложены ещё в прошлом веке, когда впервые возникла гипотеза об эффективности сейсмических методов не только для сейсморазведки, но и для воздействия на пластовое пространство. Многочисленные исследования [1, 2, 3, 5] позволили выявить закономерности нелинейного взаимодействия упругих волн с многофазной поротрещиноватой средой и оценить возможность использования упругих волн с низким энергетическим потенциалом для управления состоянием и свойствами геологической среды.

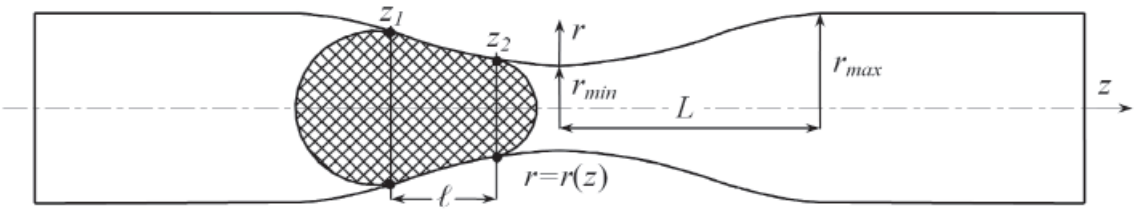

Рис. 1. Геометрия порового канала с сужением

Но главным отличием от технологии сейсморазведки, как и от большинства технологий использования волновых воздействий, является применение узконаправленных волн по результатам выявления направляющей трещиноватости в массиве. Узконаправленные волны (УНВ) позволят контролировать направление развития трещин в качестве индикатора трещиноватости геосреды, а энергия сейсмических сигналов этих волн отождествляется с интенсивностью открытой трещиноватости геосреды в области волновой дисперсии через бесконечно малое отверстие.

УНВ должны отличаться значительно более низким энергетическим потенциалом (на 1–2 порядка ниже, чем у зеркально отражённых волн, широко применяемых в стандартной волновой технологии воздействия на пластовое пространство). Для выделения УНВ можно использовать направленный источник сигналов этих волн.

Для реализации предлагаемой технологии можно использовать фокусирующее преобразование сейсмического волнового поля, которое позволяет в создаваемом волновом поле выделить рассеянные волны, определить их энергию и место основного воздействия. На основе фокусирующего преобразования осуществляют направленное воздействие волн на найденные ловушки с учётом их расположения (рис. 2). Для исключения областей, где доминантное влияние имеют отражённые волны, при наблюдении реализуют схему сейсмического локатора бокового обзора (СЛБО). Данная технология создана в 1990 году специально для изучения трещиноватости геологической среды на нефтегазовых месторождениях. На рис. 2 наглядно отображается исследование пластового пространства с выявлением ловушек по принципу разведки с применением сейсмических технологий. По аналогии с распространением сейсмических волн УНВ имеют аналогичные пределы распространения благодаря волновой природе [4].

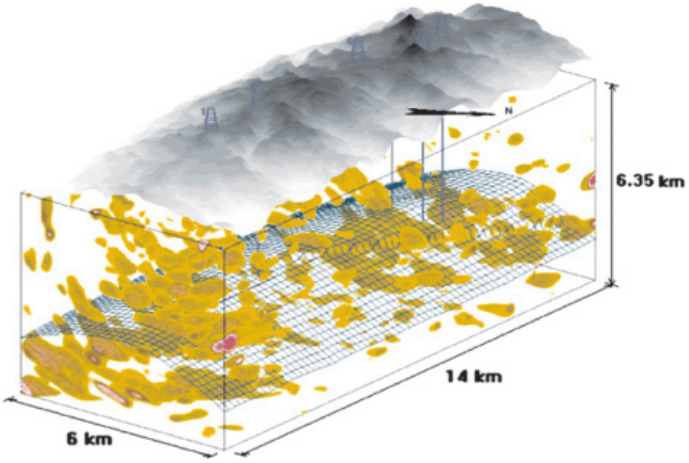

Рис. 2. Пример 3D-поля трещиноватости по СЛБО

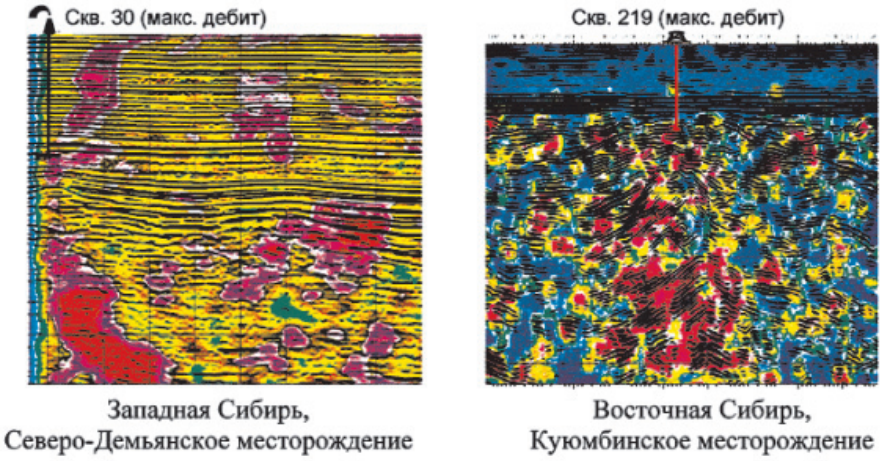

Рис. 3. Примеры сейсмических разрезов трещиноватости по данным СЛБО, на основе которых заложены скважины [4]

Технология УНВ направлена на решение наиболее важной задачи – получение высоких и максимальных притоков нефти во вновь пробуренных скважинах. На рис. 3 представлены модели разрезов трещиноватости, на основе которых заложены скважины для наглядности распространения волн и движения УВ.

Понимая волновую природу УНВ, можно отметить возможность её использования для решения ряда других важных задач по аналогии с сейсморазведкой:

- прогноз аварийно опасных интервалов бурения скважин (поглощение бурового раствора, прихват инструмента, выброс пластового флюида и т.д.);
- оптимизация направления горизонтальных скважин;
- повышение эффективности сейсморазведки в сложных сейсмогеологических условиях, контроль изменения трещиноватости при техногенном воздействии на геологическую среду и продуктивную толщу.

Рассмотрим более подробно технологические аспекты реализации технологии. В основе технологии лежит эффект генерации коллектором собственных когерентных колебаний в диапазоне инфранизких частот (3–7 Гц) при возбуждении её внешним искусственным узконаправленным полем упругих колебаний [4] в диапазоне 1,7–2,8 Гц. Причём режим генерации собственных волн сохраняется в некотором интервале времени после прекращения действия внешнего источника возбуждения.

Контроль за ходом распространения волн и развития трещиноватости проводят с помощью специальных датчиков в инфразвуковом диапазоне частот. Основной процедурой создания сигналов является расчёт спектральной мощности волнового поля до и после вибровоздействия.

Волновая технология обладает значительной степенью распространения до глубин более 6 км без интенсификации, что обуславливает необходимость создания направленного воздействия на пластовое пространство. В связи с этим расположение точек воздействия должно быть весьма ограничено и концентрироваться в центральной части месторождения (рис. 4).

Необходимо подчеркнуть, что технология УНВ рассчитана на использование в сложных сейсмогеологических условиях трещиновато-пористых карбонатных коллекторов, что позволяет существенно повысить эффективность сейсморазведки на поисково-разведочном этапе.

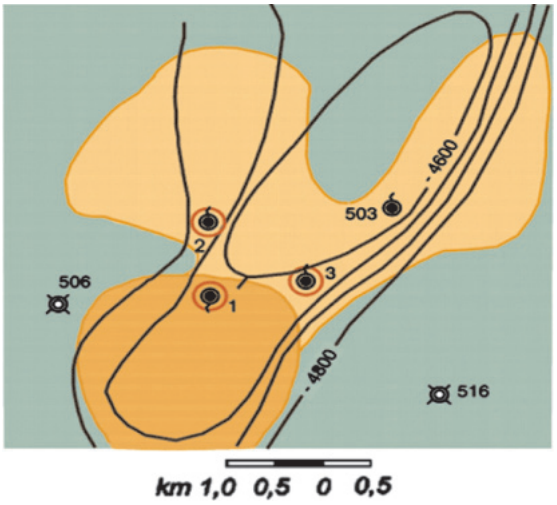

Рис. 4. Пример выделения нефтенасыщенных зон по технологии АНЧАР на Нагумановской площади (Оренбургская область) [4]

Важной отличительной особенностью УНВ является оперативное получение результатов в реальном времени. По результатам полученных отражённых волн изучают процесс изменения порового пространства в точках волнового воздействия. Данный процесс характеризуется как мультипликативный случайный, для которого стационарными параметрами являются среднее значение, дисперсия и автокорреляционная функция. Эти параметры определяются такими характеристиками геосреды, как напряжённое состояние, трещиноватость, физико-механические свойства и тип флюидонасыщения.

Работы по технологии УНВ можно подразделить на кратковременный и долговременный периоды. В первом случае воздействие проводится в течение 1–2 часов для изучения результатов воздействия на пласт и изменения структуры трещин. Далее воздействие пролонгируется до 5 часов с постепенной закачкой слабокислотного эмульсионного композита. Так, технология УНВ позволяет контролировать процесс расширения трещин в реальном времени и оперативно останавливать его, предотвращая его негативное развитие.

По данным воздействия в первом периоде получают важную геологическую и промысловую информацию о месторождении:

- неоднородность трещин и пор;
- глинизация;
- напряжённое состояние продуктивной толщи и её мини-блоковое строение;
- схемы потоков нефти и воды в залежи при изменении трещин;
- обводнённость залежи, конфигурация фронта вытеснения нефти композитов, местоположение останцов нефти.

Данная информация позволяет оптимизировать разработку с целью увеличения полноты извлечения и темпа отбора нефти на месторождении при снижении эксплуатационных затрат за счёт сокращении объёмов бурения и исключения неэффективных геолого-технологических мероприятий.

УНВ на пласт предусматривает два вида эффектов:

1) непосредственное воздействие на ближнюю прискважинную зону пласта с радиусом охвата до 50 см от источника упругих волн ультразвукового диапазона частот;

2) удалённое воздействие, которое регистрируется гидрофонами на удалении 1,0–1,5 км от источника, генерирующего низкочастотные 2,0 Гц упругие волны.

Необходимо отметить, что в пластовом пространстве существуют изолированные зоны, слабо реагирующие на воздействие системы УНВ, путём воздействия на них упругими волнами, затухающими в высокопроницаемых участках пласта, но распространяющимися на значительное расстояние и с достаточной интенсивностью, чтобы возбуждать низкопроницаемые участки пласта. То есть не насыщенный жидкостью низкопроницаемый коллектор, который наблюдается в материнских породах карбонатных коллекторов, поднятых за счёт интрузивных воздействий, поглощает упругие волны, что приводит к сокращению зоны охвата значительно сильнее, чем для коллектора с заполненным жидкостью поровым объёмом. Под воздействием упругих колебаний растёт давление в порах, что приводит к разрушению мембран между порами и образованию дополнительных капилляров, а разница в скорости распространения упругих высокочастотных волн по скелетной породе и поровой жидкости приводит к разрушению пространственной сетки, образованной коллоидно-дисперсной системой (КДС). Учитывая, что воздействие упругими волнами выполняет отрыв частиц КДС от стенок капилляра за счёт колебаний возле центра равновесия, но не перемещает в пространстве – необходимо более мощное знакопеременное ударное воздействие, обладающее энергией, достаточной для выноса кольматанта из пласта в скважину – эффект «стирки».

Таким образом, при разработке и внедрении технологии УНВ необходимо учесть возможность технических средств для снижения фильтрационных сопротивлений, восстановления гидродинамической связи системы «пласт – скважина» и расширения сети микротрещин.

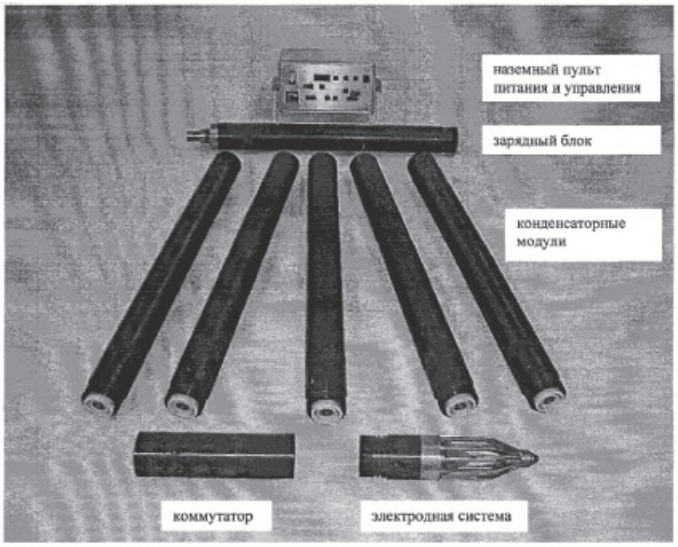

Рис. 5. Скважинное электроразрядное устройство

Как говорилось ранее, источником волн является скважинное электроразрядное устройство (рис. 5), которое по форме не является чем-то принципиально новым.

Но в случае с технологией УНВ принцип его работы заключается в том, что для получения серии импульсных ударов используют низковольтный импульсный разряд, направленный к основной оси системы трещин. При электроразрядном воздействии возникает совокупность сложных

взаимосвязанных процессов, приводящих к тому, что волны сжатия, сериями нагружая пористую среду, многократно отражаясь, трансформируются в волны напряжения-растяжения, создавая условия для развития сети трещин и микротрещин, как в стенках перфорационных каналов, так и в прилегающей к ним породе пласта. Под действием импульса давления, который генерируется низковольтным электроразрядом, скважинная жидкость проникает в перфорационные отверстия, а затем в породу со скоростью, которую возможно регулировать в зависимости от частоты повторяемости серий. Амплитуда давления превышает пластовое давление от 12 до 25 МПа в зависимости от типа коллектора и диэлектрических свойств жидкости глушения скважины.

Устройство состоит из наземного генератора и скважинного высоковольтного накопительно-разрядного устройства, соединённых между собой трёхжильным кабелем каротажного геофизического подъёмника и устройством регистрации отражённых волн. С помощью подъёмника скважинное электроразрядное устройство перемещается между кровлей и подошвой обрабатываемого интервала с минимальной скоростью, генерируя высоковольтные разряды с частотой 2,0 Гц и амплитудой давления до 45 МПа. Необходимо учесть, что для обработки пластов потребуется порядка 250 импульсов на 1 погонный метр, но впрыскивание в поровое пространство кислотно-эмульсионного композита позволит сократить это количество не менее чем на 30%. Использование данного устройства может быть ограничено материнской породой в случае повышенной степени магматизации.

Скважинное электроразрядное устройство включает в себя следующие модули:

- низковольтный зарядный модуль для зарядки накопительных конденсаторов – 10 кВ постоянного тока;
- низковольтные накопительные конденсаторы – 3 шт.;
- разрядник;
- электродная система открытого типа либо электродная система закрытого типа;
- регистратор отражённых волн;
- форсунка для подачи кислотно-эмульсионного композита.

В качестве источника низкочастотных колебаний целесообразно скважинное устройство, генерирующее упругие колебания в инфразвуковом диапазоне частот (16–20 кГц). Восстановление потенциальной производительности добывающих и нагнетательных скважин достигается за счёт разрушения КДС, кольматирующих прискважинную часть коллектора, вследствие чего образуются слои повышенной проницаемости.

Аппаратура инфразвукового воздействия состоит из наземной части, формирующей напряжение постоянного тока питания скважинных генераторов (50–300 В, 1 А), и погружной части, состоящей из двух скважинных генераторов инфразвуковой частоты – до 5 и 20,0 кГц, а также системы автоматического поддержания резонансной частоты каждого генератора в зависимости от влияния параметров рабочей среды (давления, плотности скважинной жидкости, температуры). Выходная электрическая мощность ультразвуковых генераторов – 80–160 Вт. Акустическая мощность соответственно 100 и 180 Вт. Длина погружной части не должна превышать 1,8 м при диаметре до 100 мм. Рабочее давление – до 50 МПа. Рабочая температура – до 120°С. Наземная и погружная части соединяются трёхжильным кабелем каротажного подъёмника. Обработка скважины производится пошагово, в точках через 1,0–1,5 метра, с выдержкой не менее 2 часов.

Поскольку добыча определяется работой пласта и остаточным нефтегазосодержанием, а технология обработки УНВ только облегчает фильтрацию из пласта в скважину, невозможно оценить изменения какого-то отдельного фактора. Диапазон прироста дополнительной добычи при применении стандартной волновой технологии лежит в границах от 20 до 55% и подтверждает, что предлагаемая технология позволит улучшить гидродинамическую связь системы «пласт – скважина» и ввести в разработку карбонатные коллекторы повышенной трещиноватости, но с учётом наличия зон пониженной проницаемости.

Подытожим основные положения и рекомендации, которые позволяют эффективно развивать и внедрять технологию УНВ:

1. Все технические средства, реализующие технологию, сопряжены как по механике, так и по электроцепям, со штатным оборудованием бригад капитального ремонта скважин и геофизических партий, что позволяет оперативно контролировать работу цепочки.

2. Технология позволяет производить выборочную, направленную обработку неоднородных по проницаемости пропластков для выравнивания профиля притока или приёмистости, а также селективную обработку обводнённых пропластков.

3. Технология позволяет реализовать комплексно ударно-волновое воздействие с одновременной обработкой химическими реагентами, что обеспечивает синергетический эффект, превышающий сумму эффектов, получаемых от каждого воздействия в отдельности.

4. Электроразрядное воздействие следует проводить, руководствуясь двумя критериями:

- до газопроявления, которое выражается в выбросах струек воды на высоту 1,0–1,5 метра над фланцем превентора;
- либо (при отсутствии газопроявления) – до 50 электроразрядов на 1 м интервала, что достаточно для разрушения и выноса пробок кольматанта с прифильтровой зоны.

5. Ударно-волновая технология достаточно эффективна на глубинах, где скелетная порода продуктивного пласта при объёмном сжатии пористой среды деформируется в упругом режиме.

Список литературы

1. Аксёнова Н.А. Исследование и разработка техники, технологии заканчивания скважин с неустойчивыми коллекторами: дис. ... канд. техн. наук. – Тюмень: Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2004. – 178 с.

2. Березовский Д.А., Лаврентьев А.В., Савенок О.В., Антониади Д.Г., Кошелев А.Т. Разработка физико-химических моделей и методов прогнозирования состояния пород-коллекторов // Нефтяное хозяйство. – М.: ЗАО Изд-во «Нефтяное хозяйство», 2014. – № 9. – С. 84–86.

3. Дердуга В.С., Гайдук В.В., Мосякин А.Ю. Оценка перспектив нефтегазоносности и подготовка новых поисковых объектов для проведения дальнейших ГРР // Отчёт ОАО «РосНИПИтермнефть». – Краснодар, 2003.

4. Кузнецов О.Л., Чиркин И.А., Штык А.В. Инновационные сейсмоакустические технологии для разведки и разработки месторождений // Бурение и Нефть. – М.: Изд-во ООО «Бурнефть», 2010. – № 2. – С. 3–5. – Режим доступа: http://burneft.ru/archive/issues/2010-02/1.

5. Тананыхин Д.С. Обоснование технологии крепления слабосцементированных песчаников в призабойной зоне нефтяных и газовых скважин химическим способом: дис. ... канд. техн. наук. – СПб.: ФГБОУ ВПО «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2013. – 142 с.