

**Ю. И. Войтенко**, *д-р техн. наук, главный научный сотрудник*  
(Украинский государственный геологоразведочный институт), г. Киев, Украина,  
voytenkou@gmail.com,

**Е. А. Мухин**, *генеральный директор научно-внедренческой производственной*  
*фирмы “Геотехнология”, г. Киев, Украина*

## **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ВЗРЫВО-ИМПУЛЬСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕНСИФИКАЦИИ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ И ПУТИ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ**

*Описан передовой опыт использования современных взрыво-импульсных технологий вскрытия пластов и интенсификации притоков нефти и газа. Проанализированы причины отрицательных результатов. Определены пути повышения эффективности.*

**Ключевые слова:** *проницаемость породы пласта, взрыв, горение заряда, торпеды, производительность скважины.*

На современном этапе развития техники и технологии интенсификации нефтегазодобычи можно выделить следующие передовые методы повышения продуктивности скважин, в том числе с применением энергии взрыва и горения (далее – взрыво-импульсные технологии) [1, 3, 6–9, 11]:

а) перфорация и реперфорация скважин за рядами глубокого и сверхглубокого проникания;

б) бурение радиальных каналов (“radial drilling”) диаметром  $\approx 0,012\text{--}0,025$  м протяженностью до 50–100 м, как задекларировано в рекламе и технической презентации метода;

в) торпедирование скважин зарядами специальных конструкций с целью дилатансионного разуплотнения породы коллектора вокруг скважины;

г) минигидрогазоразрыв пороховыми зарядами и зарядами смесевых топлив (в том числе в активных средах: кислотные растворы, поверхностно-активные вещества и пр.);

д) массивированный гидроразрыв пласта при быстром (взрывном) горении горючеокислительных смесей (ГОС);

е) повышение проницаемости призабойной зоны пласта с помощью медленного горения ГОС (минимальное время горения 0,5–4 часа), в процессе которого выделяются активные соляная и азотная кислоты, атомарный и молекулярный водород.

Имеются отдельные положительные результаты воздействия на продуктивный пласт взрывов мощных зарядов на выброс ( $\sim 1\,000\text{--}1\,500$  кг) около дневной поверхности. Механизмы слабых воздействий на породу-коллектор и зависимость фазовой проницаемости пластовых флюидов при таких воздействиях мало изучены. Задачи защиты окружающей среды при таких воздействиях требуют согласования с действующей нормативной базой той или иной страны. Поэтому данный метод пока нельзя отнести к промышленной технологии.

Успешность применения наиболее используемой на сегодняшний день технологии – гидроразрыва пласта (ГРП) также зависит от качества подготовки пласта к ГРП. Обязательным условием является кумулятивная перфорация интервала ГРП зарядами, создающими канал увеличенного диаметра зарядами “big-hole”. Использование других типов зарядов со средним или малым диаметром образующихся отверстий является причиной неудачных результатов ГРП.

С 2013 г. на рынке появились заряды нового поколения “DPEX” с увеличенным объемом каналов, самостоятельно интенсифицирующие добычу нефти и конденсата.

Теория предсказывает увеличение производительности (дебита) скважины  $q_i$  по отношению к начальной производительности  $q_0$  благодаря увеличению эффективного радиуса  $r_{zi}$  по сравнению с радиусом скважины  $r_c$  [8]:

$$\frac{q_i}{q_0} = \frac{\ln r_e / r_c}{\ln r_e / r_{zi}} = \beta_i, \quad (1)$$

где  $r_e$  – радиус влияния скважины.

Расчет по этой формуле проведем для перечисленных выше методов интенсификации нефтегазодобычи (а – д) с учетом имеющихся данных о размерах каналов и зон трещиноватости на глубине 4000 м. Радиус скважин –  $r_c = 0,1$  м; радиус влияния возьмем равным  $r_e = 100$ –200 м.

Результат расчета показывает увеличение дебита скважины на 16–18 % при глубине канала перфорации 300 мм, на 30–40 % при увеличении глубины канала до 500 мм.

При торпедировании скважины на глубине 3–4 км торпедами специальной конструкции (б) расчет показывает увеличение дебита на 65–80 %. При разрыве пласта давлением порохового генератора большой массы, а также при взрывном горении ГОС дебит скважины, согласно формуле (1), должен увеличиться в 2–3 раза. На практике часто степень производительности скважины  $\beta_i$  значительно превышает указанные величины. Это свидетельствует не только об увеличении

эффективного радиуса, но и о расширении профиля притока, вовлечении в разработку новых слабодренлируемых интервалов, возможно, о вовлечении в разработку застойных целиков нефти, очищении обводненных или заблокированных ретроградным конденсатом газоносных пропластков. Для радиуса влияния 500 м после перфорации – увеличение производительности не менее, чем на 19–26 %, после торпедирования – увеличение производительности не менее, чем на 54 %.

С точки зрения эффективности вскрытия дополнительных пластов о существующих методах можно сказать следующее:

– ГРП и быстрое горение ГОС можно применять в условиях разрыва массивных нефтяных и газовых залежей вдали от водонефтяных и водогазовых контактов, в том числе в горизонтальных скважинах (ГС) поперечными к оси скважины трещинами [1, 8]. Малоразмерные пороховые заряды, корпусные генераторы давления и торпеды можно применять для вскрытия пластов небольшой мощности (от 0,5 м и выше), часто в комбинации с перфорацией [2, 7] при необходимости локального воздействия на пласт.

В обводненных скважинах, в условиях добычи трудноизвлекаемых, высоковязких УВ, в том числе через ГС, достаточно эффективно медленное высокоэнергетическое горение ГОС [6].

Об общей эффективности перечисленных выше методов можно сказать следующее.

В зависимости от величины выборки (количества скважин) процент успешных обработок составляет в среднем 65–95 %. Авторы не всегда показывают в своих публикациях наиболее неудачные результаты.

Остановимся более подробно на результатах применения наиболее близкого авторам взрывного метода, который предложил доктор технических наук А. В. Михалюк и развивали несколько групп специалистов [1, 8, 9, 11]:

– НВПФ “Геотехнология” на объектах ПО “Юганскнефтегаз” и РАО “Газпром”, на объектах добычи нефти в Китае, неф-

ти и газа в Украине и США, газа в Туркмении [1, 8].

– Sigot-Corporation использует разновидность технологии и свою конструкцию устройства в настоящее время в США и Мексике [11].

– Институт геофизики НАН Украины использует разновидность технологии и стандартное техническое устройство (ТС-45) в Украине [9].

Физическая суть технологии – генерирование в пласте мощного сдвигового поля при ультракороткозамедленном взрывании соседних зарядов, расположенных на оптимальном расстоянии друг от друга. Сдвиговое поле формируется в результате суперпозиции взрывных волн с оптимальным фазовым сдвигом по отношению друг к другу.

Взрывное разуплотнение структуры пород для улучшения фильтрационных характеристик массива в призабойной зоне пласта (ПЗП) применяется в тех скважинах, где:

– низкая начальная (природная) проницаемость и пористость породы-коллектора в ПЗП;

– в результате длительной работы скважин загрязнение породы в ПЗП достигло значительных расстояний (2...5 м и более);

– применение традиционных методов обработки скважин (кислотные и тепловые, ПАВ, гидроразрыв и др.) не дали ожидаемого результата.

Условия применения взрывного метода разуплотнения структуры пород:

– пористость пород – 5...22 %;

– мощность продуктивных пластов – 1,0...20,0 м и более;

– тип скважины – нефтяная, газовая и нагнетательная;

– конструкция скважин – с необсаженным и обсаженным стволом скважин, удовлетворительным качеством цементации, возможна работа при опущенных насосно-компрессорных трубах;

– диаметр обсадной колонны скважины – 114,3 мм и более;

– глубина скважины – до 6,0 км.

Промышленные внедрения разработанной импульсной технологии с применением секционных торпед для интенсификации добычи углеводородов свидетельствуют о ее высокой эффективности: дебит нефтяных скважин увеличивается в 1,5...2,0 раза, газовых в 3,0...10,0 раз. Положительный эффект устойчив во времени – 0,5–1,5 года и более.

Одно из преимуществ технологии: локальность воздействия и управляемое объемное разуплотнение при обработке низкопроницаемых интервалов пласта.

Часто в практике работ по интенсификации притока к скважине требуется обработка маломощных (~ 1–2,5 м) интервалов, которые к тому же разделены (разнесены) по высоте скважины. Все другие методы имеют ограничения, кроме комбинированных устройств – генераторов-перфораторов, которые при работе реализуют перфорацию пласта с одновременным нагнетанием в созданные отверстия пороховых газов, либо корпусных генераторов давления. Медленное горение ГОС в такой скважине приведет к насыщению продуктами горения (водородом и парами активных кислот) прежде всего высокопроницаемых пропластков, а пропластки с низкой проницаемостью насыщаются продуктами горения в меньшей степени. Быстрое горение ГОС и ГРП создадут трещины не только в продуктивном пласте, но и в соседних плотных, непродуктивных, обводненных пластах с выходом на напластования [7].

Один из недостатков взрывной технологии – распространение в скважинной жидкости гидроударной волны (ГУВ), которая может приводить к нарушению сплошности цементного кольца. Эта задача решается путем применения специальных технических средств для гашения энергии ударной волны и гидротока в скважинной жидкости, которые устанавливаются над торпедой, а иногда – под торпедой [1, 8].

По опыту использования технологии в последние несколько лет количество зарядов в торпедах – от двух до пяти. Мини-

мальная длина торпеды – 1,2–1,5 м. Максимальная длина ограничивается только величиной допустимой нагрузки на обсадную колонну скважины. Одно из ограничений для коротких торпед – расстояние между соседними зарядами. Если это расстояние меньше критического, то ГУВ, которая распространяется от первого заряда со сверхзвуковой скоростью, может отбить или разрушить второй заряд до начала его детонации. Такое событие вполне реально в случае, если взрывной патрон расположен в верхней части торпеды. В результате произойдет нештатное срабатывание одного заряда вместо ультракороткозамедленного взрывания двух. Такие технические нюансы при проектировании прострелочно-взрывных работ (ПВР) требуют тщательных расчетов и применения специальных веществ для заполнения промежутка между зарядами в коротких торпедах с целью снижения скорости ударной волны в жидкости и обеспечения более раннего прихода к соседнему заряду волны детонации.

Опишем опыт одной из последних работ, где использовались расчеты для проектирования ПВР в скважине XX одного из месторождений ДДВ. Скважина имеет фактическую глубину 4598 м и искусственный забой на отметке 4560 м.

Эксплуатационные горизонты визейского яруса – В-22 (4500,2–4502,2 м), В-16 (4432,8–4437,4 м), В-15 (4386,4–4389,4 м; 4355,2–4357,8 м).

Пластовое давление в горизонте В-22 = 49,0–50,0 МПа. Пластовая температура – 131,5 °С.

Скважина обсажена кондуктором 426×324 мм (высота цемента Нц до устья), технической колонной 245 мм до глубины 3726 м (Нц до устья) и эксплуатационной колонной 140×168 мм до глубины 4555 м (Нц до устья). По данным акустической цементометрии (АКЦ) сцепление затрубного цемента с обсадной трубой в окрестности горизонта В-22 жесткое, однако выше и ниже идет чередование интервалов жесткого и ослабленного сцепления с полностью отсутствующим сцеплением.

В интервале 4557–4593 м установлен фильтр диаметром 89 мм. На отметке 4482 м – мостовая пробка.

В горизонте В-22 эксплуатационная колонна имеет диаметр 140 мм, марка стали “Л”, толщина стенки – 10,5 мм.

Тип коллектора в горизонте В-22 – поровый, возможно трещинно-поровый. Пористость 12 %, коэффициент нефтегазонасыщения  $k_{HT} = 0,95$ , эффективная мощность  $h_{эф.} = 1,4$  м.

Первоначальный дебит газа 2,3 тыс. м<sup>3</sup>/сут. При подключении пластов В-16, В-15 увеличение дебита было незначительным (0,5 тыс. м<sup>3</sup>/сут).

Горизонт В-22 вскрыт перфораторами с импортными зарядами на основе гексогена и октогена (RDX и HMX).

По плотности перфорации можно предположить, что вскрытие производилось ленточным безкорпусным перфоратором при депрессии на пласт или равновесии. После этого была проведена соляно-кислотная обработка, которая не дала желаемого результата.

При проектировании производились прочностные расчеты обсадной колонны, расчет массы зарядов для повышения производительности скважины в 1,6–1,8 раза, расчет длины шнура-замедлителя детонации.

По согласованию с геологической службой заказчика, работы проводились в горизонте В-22 одной торпедой из двух зарядов одинаковой массы с дополнительной перфорацией плотностью 6 отв./мин. Расчетный радиус зоны разуплотнения ~ 2,2 м. Результат – увеличение дебита скважины в 3,5 (максимальное) и среднее – в 2,9 раза.

Следует подчеркнуть, что стоимость описанного комплекса работ на 1–2 порядка ниже, чем стоимость работ по ГРП.

Аналогичные обработки проведены в двух наклонно-направленных скважинах Ямбургского газоконденсатного месторождения АО “Ямбурггаздобыча”. Пористость пород коллекторов – от 3–5 до 15 %. Пластовое давление ~ 17,0 МПа. Глубина залегания продуктивных пластов

– от 2500 м и ниже. Среднее увеличение дебитов – в 1,9 и 5,9 раза соответственно.

Третий пример описан в работе [11]. Взрывная обработка произведена в скважинах АФ-569 и СОА-875 одного из месторождений района Палеоканал Чиконтепек. Интервал обработки в первой из указанных скважин 1635–1658 м, во второй – 1675–1695 м. Песчаник А-60, который обрабатывался, состоит из песка (75 %) и глинистого сланца (25 %). Проницаемость – 0,1–0,2 мД.

Первый из указанных объектов обрабатывался тремя торпедами длиной 2,5 м, диаметром 90 мм, второй – двумя. Радиус разуплотнения, по мнению авторов, – 8 м. Результат вскрытия и интенсификации притока в первой скважине – 211 брл/сут. фонтан нефти (75 %) с водой (25 %); во второй – 90 брл/сут. (максимально), затем – 69 брл/сут. Следует подчеркнуть, что в соседних скважинах песчаник А-60 вообще не разрабатывался. Тем самым продемонстрирована эффективность вскрытия и интенсификации притока в горизонте с низкопористым глинистым песчаником, в то время как раньше в наших работах речь шла преимущественно о коллекторах с малой глинистостью и средней проницаемостью [1, 5, 6]. По мнению авторов, эффективность технологии соизмерима с эффективностью ГРП. Напомним, что проницаемость традиционных коллекторов находится в диапазоне ~ 0,1–10000 мД, плотных коллекторов – ~ 0,001–0,1 мД, сланцевых пород ~ 0,00001–0,001 мД. То есть последний из приведенных примеров демонстрирует эффективность метода на объекте, который граничит с плотными коллекторами. Есть и другие примеры, на которые мы обращали внимание раньше [7].

В большинстве известных статей, посвященных результатам работ по интенсификации нефтегазодобычи, мало внимания уделяется анализу причин неудачных обработок. В то же время именно анализ этих причин является необходимым условием для повышения эффективности каждой конкретной технологии в

различных горногеологических условиях. Из более чем 50-ти скважин, в которых были проведены взрыво-прострелочные работы по интенсификации процессов нефтедобычи, включая повышение приемистости нагнетательных скважин, автору известны пять скважин, в которых получены отрицательные результаты, либо результат отсутствовал: № 119 Глинско-Розбышевского месторождения (1998 г.), № 203 Скороходовского (1998 г.) и № УУ N-ского месторождения (2014 г.). В первой из указанных скважин ее дебит уменьшился по газу. В двух других – особых изменений с дебитами не произошло. Во всех трех скважинах применялось штатное взрывчатое вещество (ВВ) – гексоген как в основных зарядах, так и в замедлителях (детонирующих шнурах).

В скважине № 203 Скороходовского месторождения обработка производилась одиночным зарядом: торпедой ТШТ 65/70. В результате произошло незначительное изменение дебита в сторону увеличения. В скважине № УУ N-ского месторождения ДДВ произошло срабатывание одного заряда в одной из двухсекционных торпед в результате, по-видимому, более раннего подхода к соседнему заряду гидроударной волны, чем волны детонации по шнуру замедлителю. Скорость движения ГУВ в скважине превышает скорость движения ее в безграничной жидкости, а давление за фронтом ГУВ в условиях наличия гидростатического давления на 10–25 % больше, чем при отсутствии начального давления в жидкости [9]. Поэтому вероятность такого события весьма велика. В результате скважина вначале практически не изменила своих рабочих параметров. И только через год работы производительность постепенно увеличилась на 25–30 % по сравнению с начальным дебитом.

В скважинах № 181 Пивденно-Панасовского и № 176 Оровско-Уличинского месторождений использовались штатное ВВ – баллистит, предположительно марки РСИ-12к, которое горит при слабом инициирующем импульсе или детонирует

со скоростью ~6 800–7 000 м/с при достаточно мощном импульсе, возбуждающем детонацию. В скважине № 181 Пивденно-Панасовского месторождения (2000 г.) заряд сгорел в режиме дефлограции вместо детонации, о чем свидетельствовало отсутствие звуковых сигналов и рывка кабеля. В то же время подъем температуры в интервале обработки был зафиксирован. Иницирование двухсекционной торпеды из баллистита осуществлялось штатным взрывным патроном ПВГ-170. При таком иницирующем импульсе возбуждение детонации баллистита является событием с вероятностью меньшей единицы. Поскольку масса заряда не превышала 9 кг ВВ, то эффект обработки закономерно отсутствовал. Скважина № 176 Оровско-Уличинского месторождения (2000 г.) обрабатывалась путем возбуждения горения заряда большой массы (~ 50–100 кг, аналог ПГД БК). Результат отрицательный с уменьшением дебита по нефти.

Причины отрицательных результатов, во-первых, связаны с несоответствием свойств пород-коллекторов и применяемых технологий, во-вторых, отсутствием знаний о закономерностях взрывчатого превращения нештатного ВВ – баллистита при горении и взрыве в скважине в условиях гидростатического давления. Так, анализ микрофотографий шлифов терригенных пород из продуктивных разрезов нижнего карбона, распространенных на средних и больших глубинах, показывает, что часто цемент, соединяющий зерна кварца представлен минералами группы каолинита (глинистые составляющие), в том числе по Глинско-Розбышевскому месторождению. Отсутствие керна, данных по физико-механическим свойствам и результатов петрофизических исследований повышают риски получения отрицательных результатов. Обрабатываемый продуктивный горизонт (3 360–3 368 м), видимо, представлен песчаником с глинистым цементом. Отсутствие такой информации по керну среди исходных данных и привело к закономерному результату по скважине № 119.

Современные методы каротажа скважин и технические средства позволяют получать данные о физико-механических свойствах пород-коллекторов *in situ* как минимум в двух азимутальных плоскостях. А поскольку свойства песчаников с глинистым цементом отличаются от свойств песчаников с другими видами цемента [8], то решение о применении той или иной технологии может быть принято на основании этих данных с меньшим риском даже при отсутствии керна материала.

Одним из путей повышения эффективности метода является увеличение масс зарядов в торпедах, либо использование ВВ с пониженной скоростью детонации. Известно, что увеличение массы заряда, переход от сферической к цилиндрической симметрии, снижение скорости детонации приводит к увеличению длительности фазы сжатия во взаимодействующих волнах и увеличению размеров областей дилатансионного разуплотнения. Однако массы зарядов ограничены условием безопасности для эксплуатационной колонны (ЭК). Поэтому при проектировании прострелочно-взрывных работ в конкретной скважине проект обязательно включает расчеты на прочность для ЭК.

Известным методом повышения эффективности является использование при торпедировании физически и химически активных жидкостей (растворов ПАВ, кислотных растворов и т. п.), а также жидкостей, совместимых с пластовыми, например, дизельного топлива [11], растворов ПАВ, метанола с активными добавками и других [1].

Из практики нефтегазопромысловой геологии известно, что повторная перфорация после длительного поддержания депрессии или замены флюида в ПЗП является одним из наиболее эффективных методов интенсификации притоков пластовых флюидов. Термометрия, проведенная до и после перфорации, позволяет оценить упругую энергию пласта [5]. Если эта энергия достаточно большая, а эффект после повторной перфорации от-

существует, то рекомендуется использование малогабаритных торпед, генераторов давления, комплексных аппаратов без подъема НКТ в условиях депрессии на пласт. Некоторые результаты таких обработок описаны в работе [4] и показывают достаточно высокую эффективность воздействия на ПЗП. Следует заметить, что даже в случае слабых результатов, описанные выше обработки имеют побочный положительный эффект: они создают в прискважинной зоне продуктивного пласта начальные трещины, способствующие снижению давления гидроразрыва на ~ 15–25 % и экономии ресурсов.

В связи с увеличением объемов глубокого и сверхглубокого бурения в ближайшие годы важной задачей для решения проблемы нефти и газа глубоких и сверхглубоких горизонтов будет разработка методов интенсификации добычи для этих условий. Это требует как адаптации известных методов интенсификации нефтегазодобычи, так и разработки новых термостойких высокоэнергетических материалов.

В заключение обратим внимание на развитие других передовых технологий, в частности, первый успешный опыт использования медленного горения ГОС (термобарохимическая обработка пласта (ТБХО)) в горизонтальных скважинах [6]. Все это дает основание надеяться на успешную адаптацию непрерывно развивающихся передовых взрыво-импульсных технологий для добычи нефти и газа не только из традиционных коллекторов, но и из плотных песчаников, либо с применением длинных сборок дилатансионных торпед, либо быстрого или медленного горения ГОС в наклонно-горизонтальных скважинах. На наш взгляд, комбинации методов разрыва пласта, в том числе и ГРП без расклинивания трещин, с ТБХО может быть альтернативой ГРП с расклиниванием для плотных коллекторов.

#### **Вывод**

Риски получения отрицательного результата в случае применения взрывных и взрыво-импульсных технологий интенсификации

нефтегазодобычи можно уменьшить путем всеобъемлющего анализа исходной информации и, прежде всего, данных широкополосного акустического каротажа, результатов исследования кернового материала для получения достоверных сведений по акустическим, упругим, прочностным свойствам, анизотропии перечисленных свойств в продуктивном разрезе, минеральному составу цемента и т. п., а также путем тщательной оценки последствий взрывного воздействия на ЭК.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Войтенко Ю. И., Лысюк Н. А., Красько В. И., Митюк Л. А.* Взрывные и импульсные методы интенсификации добычи нефти и газа и опыт их использования на месторождениях Украины и России//Физ.-техн. пробл. разраб. полезн. ископаемых. – 2002. – № 2. – С. 47–53.
2. *Войтенко Ю. И., Прожогина О. И.* Перспективи використання потужних методів інтенсифікації нафтогазовидобутку для розробки нетрадиційних ресурсів//Международная научно-практическая конференция “Перспективы использования альтернативных и возобновляемых источников энергии в Украине (REU 2013)”, 9–13 сентября 2013 года, г. Судак (АР Крым, Украина).– С. 19–22.
3. *Гайворонский И. Н., Замахаев В. С., Леоненко Г. Н.* Коллекторы нефти и газа Западной Сибири, их опробование и вскрытие// М.: Геоинформцентр, 2003. – 364 с.
4. *Дудаев С. А., Павлов В. И.* Газодинамический метод воздействия на прискважинную зону пластов с целью повышения их нефтеотдачи//Каротажник. Научно-технический сборник. – 2010. – № 1. – С. 15–45.
5. *Замахаев В. С., Кончаков В. Н.* К вопросу оценки продуктивных пластов в разведочных скважинах//Прострелочно-взрывные и импульсные виды работ в скважинах. – М.: ВИЭМС, 1989. – С. 142–149.
6. *Кравченко О. В.* Удосконалення технології комплексного впливу на продуктивні пласти нафтових і газових свердловин//Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2014. – Т. 6. – № 5. – С. 4–9.
7. *Михалюк А. В., Войтенко Ю. И.* Импульсный гидроразрыв пород. – Киев: Наукова думка, 1991. – 204 с.
8. *Михалюк А. В.* Дилатансионные технологии торпедирования скважин для интенсификации

фикации добычи подземных флюидов/Михалюк А. В., Мухин Е. А., Михалюк С. А., Захаров В. В. – Киев: ВПОЛ, 1999. – 66 с.

9. *Нагорный В. П., Денисюк И. И.* Спектры и их приложения к задачам взрывного дела. – Киев: НАН Украины, Институт геофизики им. С. И. Субботина, 2010. – 184 с.

10. Подводные и подземные взрывы. – М.: Мир, 1974. – 414 с.

11. *Skakovsky I., Torres M. G.* Испытание нового устройства для вызова и интенсификации притока//Нефтегазовые технологии. – 2009. – № 7. – С. 30–33.

#### REFERENCES

1. *Voytenko Yu. I., Lysyuk N. A., Krasenko V. I., Mityuk L. A.* Blasting and pulse methods of enhanced oil and gas production and their utilization in the fields of Ukraine and Russia// Fiz.-tehn. probl. razrab. polezn. iscop. – 2002. – № 2. – P. 47–53. (In Russian).

2. *Voytenko Yu. I., Prozhogina O. I.* The prospect use powerful methods of intensification of oil and gas production for developing alternative resources//International scientific-practical conference “Prospects for the use of alternative and renewable energy sources in Ukraine (REU 2013)”, 9–13 September, 2013, Sudak (Crimea, Ukraine). (In Ukrainian).

3. *Gajvoronskij I. N., Zamahaev V. S., Leonenko G. N.* Collectors of oil and gas in Western Siberia, their testing and proving//Moskva: Geoinformcentr, 2003. – 364 p. (In Russian).

4. *Dudaev S. A., Pavlov V. I.* The gas-dynamic method of influence on the near-zone formations in wells to increase their oil production//Karatzhnic. Nauchno-tehnicheskij sbornik. – 2010. – № 1. – P. 15–45. (In Russian).

5. *Zamahaev V. S., Konchakov V. N.* On assessment of productive formations in exploration wells//Shooting-explosive and impulsive types of work in the wells. – Moskva: VIJEMS, 1989. – P. 142–149. (In Russian).

6. *Kravchenko O. V.* Improving technology complex effects on the productive strata oil and gas wells//Eastern European Journal of advanced technologies. – 2014. – V. 6. – № 5. – P. 4–9. (In Ukrainian).

7. *Mikhaliuk A. V., Voytenko Yu. I.* Impulse fracturing rocks. – Kyiv: Naukova dumka, 1991. – 204 p. (In Russian).

8. *Mikhaliuk A. V., Mukhin E. A., Mikhaliuk S. A., Zakharov V. V.* New technology torpedoing of wells for enhanced oil recovery. – Kiev: VIPOL, 1999. – 66 p. (In Russian).

9. *Nagornyy V. P., Denisjuk I. I.* Spectra and their applications to problems of blasting work. – Kiev: Ukraine’s National Academy of Sciences, S. I. Subbotin Institute of Geophysics, 2010. – 184 p. (In Russian).

10. Underwater and underground explosions. – Moskva: Mir, 1974. – 414 p. (In Russian).

11. *Skakovsky I., Torres M. G.* Testing new devices for calling and stimulation//Oil and Gas Technologies. – 2009. – № 7. – P. 30–33.

Рукопис отримано 15.02.2016.

**Ю. І. Войтенко**, Український державний геологорозвідувальний інститут, м Київ, Україна, voytenkou@gmail.com,

**Є. А. Мухін**, Науково-впроваджувальна виробнича фірма “Геотехнологія”, м. Київ, Україна

#### АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ВИБУХОВО-ІМПУЛЬСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ НАФТОГАЗОВИДОБУТКУ ТА ШЛЯХИ ЙОГО ПІДВИЩЕННЯ

Описано передовий досвід використання сучасних вибухово-імпульсних технологій розкриття пластів та інтенсифікації припливів нафти й газу. Проаналізовано причини негативних результатів. Визначено способи підвищення ефективності.

**Ключові слова:** проникність породи пласта, вибух, горіння заряду, торпеди, продуктивність свердловини.

**Yu. I. Voytenko**, *Ukrainian State Geological Research Institute, Kyiv, Ukraine,*  
voytenkou@gmail.com,

**E. A. Mukhin**, *scientific production firm "Geotechnology", Kyiv, Ukraine*

## **ANALYSIS OF EFFECTIVENESS OF MODERN EXPLOSIVE STIMULATION TECHNOLOGY OIL AND GAS PRODUCTION AND THE WAYS OF THEIR IMPROVEMENT**

*Advanced technologies increasing the productivity of oil and gas wells, including at the completion of drilling and testing of new objects in exploration wells include: modern methods of fracturing gas-dynamic methods, slow thermal and chemical treatment productive reservoirs, explosive action on the zone near wellbore of the reservoir, and combined methods which include the use of chemically and physically active liquids.*

*The paper analyzes the most recent results of the explosive method of increasing the productivity of oil, gas and exploratory wells using sectional torpedoes in the fields of Ukraine, USA and Russia. The reasons of unsuccessful treatments and negative results of specific examples are analyzed.*

*It is shown that the causes that lead to negative results in the application of technology in specific geological conditions, mainly related to not taking into account the parameters of physical processes in the liquid and the rock and inconsistency of these parameters physical nature of technology.*

*Scheduled the ways to improve the technology of the explosive increasing productivity oil and exploration wells and reduce risk when selecting objects, including:*

- involving modern methods of data logging for research properties of rocks in the processing zone at the stage of design work;*
- increasing volumes of treatments for depression in the reservoir;*
- use of complex treatments with chemically and physically active liquids and solutions;*
- careful design work in wells with possible accidental results;*
- expanding the range combustible and explosive materials.*

**Keywords:** *permeability reservoir rock, explosion, charge combustion, wells torpedoes, the well productivity.*