

**NEWS**

**OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

**SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES**

ISSN 2224-5278

Volume 2, Number 428 (2018), 236 – 241

**K. A. Vdovkin, M. V. Ponomareva, A. V. Sadchikov**

Karagandystate technical university, Karagandy, Kazakhstan.

E-mail: applebulla@gmail.com, mv\_ponomareva18@mail.ru, a.sadchikov@kstu.kz

**ACID-PERFORATION FRACTURE**

**Abstract.** In the course of developing wells their daily production rate begins decreasing overtime, and subsoil users need to carry out measures to increase oil recovery of productive layers. In oilfield practice there are well-known methods of intensifying oil recovery, such as deep penetrating perforation with the use of thermo-gas-cumulative effect (perforation with forming cracks up to 4 meters), and methods of chemical treatment of the formation that permit increasing the productivity factor by dissolving a part of the formation skeleton and forming oil drainage channels. These methods have recently proved well and have been widely used in the primary and secondary opening of reservoirs and in increasing oil recovery of oil reservoirs. However, these methods of layer intensification have certain drawbacks. In this regard in this article, there are considered factors affecting the reduction of oil recovery from the layers. There are analyzed advantages and disadvantages of present-day methods of chemical treatment of a layer and the method of perforation with the use of the thermo-gas-cumulative effect. There has been revealed and justified the need for the joint use of these methods. The authors propose to combine the two technological processes and present a new technological process that will combine the advantages of both technologies, as a result of which their effectiveness will increase. The essence of the process is to carry out deep penetrating perforation with simultaneous injection of chemical reagents into the formation, in order to study and to fix the formed cracks in the formation which leads to a significant increase in the inflow of formation fluid into the well.

**Keywords:** perforation, enhanced oil recovery, acid treatment, secondary opening of layers, swabbing, near-well region, cumulative charge.

УДК 550.839

**К. А. Вдовкин, М. В. Пономарева, А. В. Садчиков**

Карагандинский государственный технический университет, Караганда, Казахстан

**КИСЛОТНО-ПЕРФОРАЦИОННЫЙ РАЗРЫВ ПЛАСТА**

**Аннотация.** В процессе освоения скважин их суточный дебит с течением времени начинает уменьшаться, и у недропользователей возникает необходимость в проведении мероприятий по увеличению нефтеотдачи продуктивных пластов. В нефтепромысловой практике хорошо известны методы интенсификации нефтеотдачи такие, как глубоко проникающая перфорация с применением термогазокумулятивного воздействия (перфорация с созданием трещин до 4 метров), и методы химической обработки пласта, позволяющие увеличить коэффициент продуктивности за счет растворения части скелета пласта и образования каналов дренирования нефти. Данные методы в последнее время хорошо зарекомендовали себя и нашли широкое применение при первичном вскрытии пластов и в увеличении нефтеотдачи нефтяных пластов. Однако у этих методов интенсификации пластов имеются определенные недостатки. В связи с этим в данной статье рассмотрены факторы, влияющие на уменьшение нефтеотдачи пластов. Проанализированы преимущества и недостатки современных методов химической обработки пласта и метода перфорации с применением термогазокумулятивного воздействия. Выявлена и обоснована необходимость совместного использования этих методов. Авторами предлагается объединить два технологических процесса и представить новый технологический процесс, который позволит объединить преимущества обеих технологий, вследствие чего увеличится их эффективность. Сущность процесса заключается в проведении глубоко проникающей перфо-

рации с одновременной закачкой химических реагентов в пласт, с целью проработки и закрепления созданных трещин в пласте, что приводит к значительному увеличению притока пластового флюида в скважину.

**Ключевые слова:** перфорация, увеличение нефтеотдачи, кислотная обработка, вторичное вскрытие пластов, сваби́рование, прискважинная зона, кумулятивный заряд.

После проведения бурения и вскрытия продуктивных нефтяных пластов начинается процесс освоения скважины, то есть комплекс операций по вызову притока пластового флюида из продуктивных горизонтов. Со временем пласты истощаются, суточный дебит падает, и на первое место для недропользователя встает вопрос о интенсификации нефтеотдачи пластов.

Проводить мероприятия по повышению нефтеотдачи пластов целесообразно после определения коэффициента их остаточной нефтенасыщенности такими методами как импульсный нейтрон-нейтронный каротаж (ИННК), импульсный нейтрон-гамма каротаж спектрометрический (ИНГКС), широкополосный акустический каротаж (ШАК). Выделяются следующие факторы, снижающие нефтеотдачу:

- уменьшение пористости пласта и схлопывание трещин из-за возникновения в стенках скважины сжимающих напряжений после бурения и проведения перфораций обсадной колонны;

- блокирующее действие воды, которое обуславливается поверхностными и капиллярными явлениями, происходящими в поровом пространстве под действием взаимного вытеснения несмешивающихся жидкостей, так как фазовая проницаемость нефти тем меньше, чем больше водонасыщенность;

- образование битумных коллекторов гидрофобных участков, если буровой раствор проникает в пласт на глубину около 0,2–3 м;

- образование глинистой корки на стенках скважины в интервале перфорации;

- набухание породы коллектора (особенно подвержены этому глинистые породы);

- набухание глинистых частиц, содержащихся в порах коллектора;

- образование в пласте стойких водонефтяных эмульсий, а также нерастворимых осадков в результате взаимодействия пластовых жидкостей и фильтратов;

- фазовые превращения, происходящие в пластовой жидкости (например, выделение газов из нефти и их растворение в фильтратах, и т.д.);

- закупоривание пор пласта твердыми частицами (кольматация), проникшими в коллектор вместе с фильтратом;

- изменение свойств поверхности горной породы в фильтрационных каналах (гидрофилизация) из-за повышения водонасыщенности порового пространства горной породы;

- изменение pH среды [1].

В нефтепромысловой практике хорошо известны методы интенсификации глубоко проникающей перфорации с применением термогазокумулятивного воздействия (перфорация с созданием трещин до 4 метров). Данные методы в последнее время зарекомендовали себя и нашли широкое применение при первичном и вторичном вскрытии пластов. Однако у этого метода интенсификации имеются определенные недостатки. При создании депрессии более 30 МПа происходит схлопывание микротрещин под воздействием горного давления и смещения частиц горной породы, что приводит к снижению проницаемости горных пород [2].

Другим способом увеличения продуктивности скважин являются методы химической обработки пласта, позволяющие увеличить коэффициент продуктивности за счет растворения части скелета пласта и образования каналов дренирования нефти. У методов химической обработки пласта также имеются определенные недостатки. При закачке химических реагентов в пласт, в первую очередь прорабатываются наиболее проницаемые пропластки, и таким образом в процесс эксплуатации не вовлекаются менее проницаемые пропластки, что в свою очередь приводит к неполной выработке коллектора [3].

На практике стоит применить комплексный подход к решению вышеперечисленных проблем, объединив два технологических процесса, и представить новый технологический процесс позволяющий значительно увеличить возможности обеих технологий. Сущность заключается в проведении глубоко проникающей перфорации с одновременной закачкой химических реагентов в пласт, с целью проработки и закрепления созданных трещин в пласте, что приводит к значительному увеличению притока пластового флюида в скважину.

Кислотно-перфорационный разрыв пласта состоит из 3 стадий:

1. *Перфорация-реперфорация продуктивного интервала.* В скважину на колонне насосно-компрессорных труб (НКТ) в зависимости от мощности обрабатываемого пласта спускается аппарат комплексного воздействия необходимой длины. Внутреннее наполнение аппарата представляет собой каркас, снаряженный кумулятивными и газогенерирующими зарядами. Наружная часть корпуса перфоратора, в зависимости от результатов программного моделирования дизайна обработки, также может быть оснащена газогенерирующей оболочкой (рисунок 1).

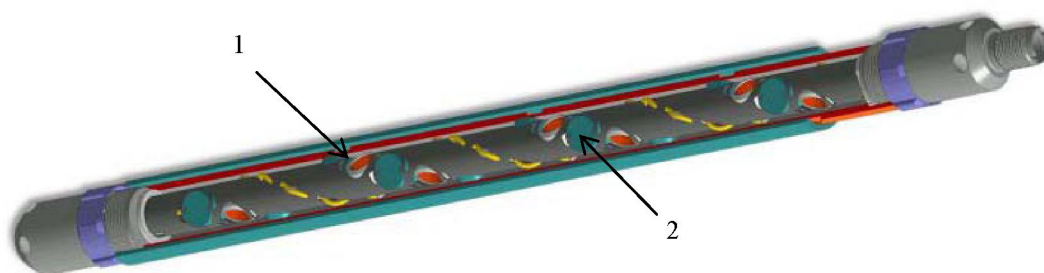


Рисунок 1 – Корпус перфоратора:  
1 (красные) – кумулятивные заряды, 2 (зеленые) – газовые заряды

Аппарат приводится в действие с помощью гидромеханической иницирующей головки путем повышения давления в колонне НКТ до заданного значения, либо сбрасыванием ударной штанги с устья скважины [4]. Глубина пробития в зависимости от мощности и веса взрывчатого вещества кумулятивного заряда может достигать 1600 мм (рисунок 2).

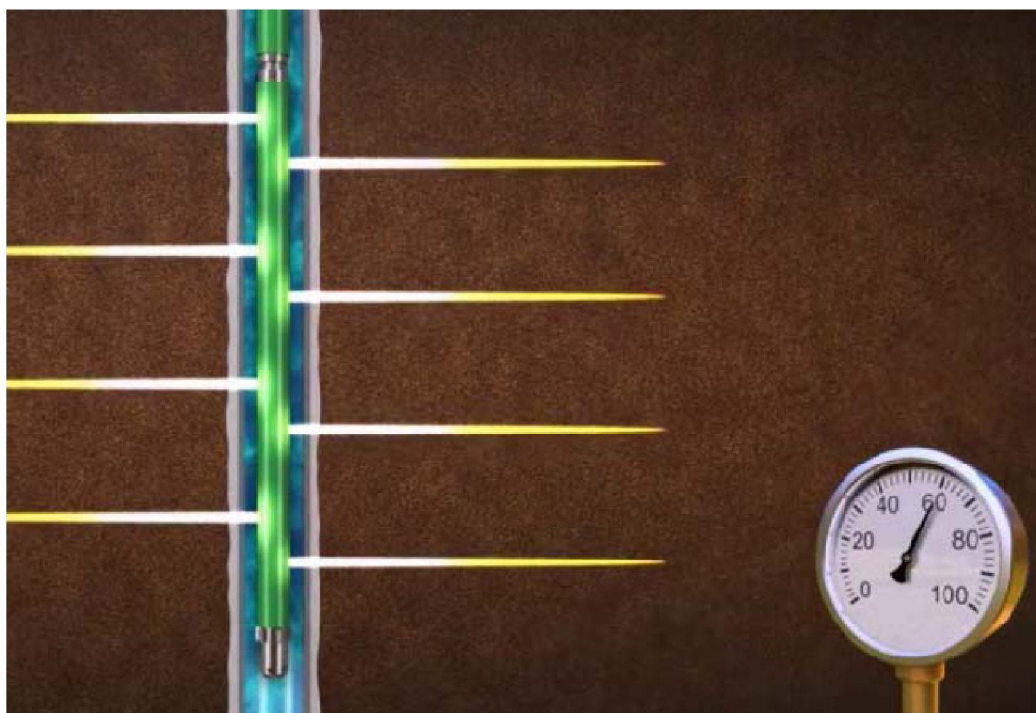


Рисунок 2 – Перфорация продуктивного интервала

2. *Термогазовое воздействие.* После вскрытия пласта кумулятивной перфорацией, которая в свою очередь приводит в действие газогенерирующие внутренние и наружные заряды практически сразу создается нагружение коллектора давлением разрыва непосредственно в каналы перфорации (рисунок 3).



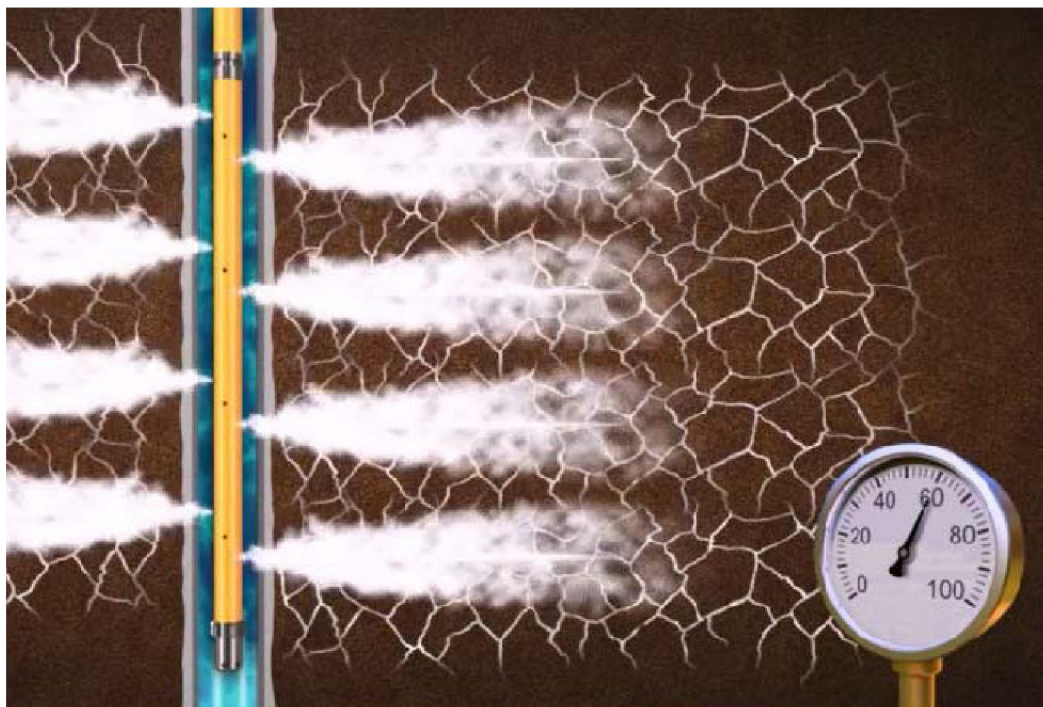


Рисунок 3 – Термогазовое воздействие на пласт

Давление поднимает столб жидкости в скважине. После прихода отраженного от поверхности скважинной жидкости импульса, давление в зоне обработки становится меньше гидростатического и продукты реакций с песчано-глинистыми частицами удаляются из трещин коллектора. Длительность таких циклов «депрессия-репрессия» составляет примерно 101–102 с, что способствует очистке прискважинной зоны пласта с одновременным созданием протяженных каналов в коллекторе, а также эффективно улучшает гидродинамическую связь скважины с пластом в широком диапазоне значений пористости и проницаемости.

3. *Кислотная обработка с последующим извлечением продуктов реакции.* После спада давления разрыва, происходит сброс давления в колонне НКТ заполненной активным реагентом. В пласт начинает поступать реагент, заполняя образовавшиеся трещины. Одновременно на устье скважины включается в работу насосный агрегат, продавливающий расчетный объем приготовленного состава. После заполнения объема трещин происходит дальнейшая закачка реагента для воздействия на удаленную зону пласта [5].

Реагирование происходит в течение 6-12 часов в зависимости от концентрации активного вещества, приемистости и скорости закачки (рисунок 4).

По окончании указанного времени, происходит извлечение продуктов реакции из пласта. Это операция является обязательной. Она позволяет очистить образовавшиеся трещины от вторичных осадков и очистить каналы фильтрации.

Успешность проведения кислотно-перфорационного разрыва пласта зависит от следующих факторов:

- 1) совместимость кислотного состава с пластовыми флюидами;
- 2) охват воздействием низкопроницаемых участков продуктивной части залежи;
- 3) низкое межфазное натяжение на границе раздела фаз нефти и кислотного состава при закачке, а также отработанного раствора при освоении;
- 4) отсутствие осадкообразования в процессе реакции кислоты с минералами пласта-коллектора и на всех этапах движения кислоты в ходе операции;
- 5) низкая коррозионная активность кислотного состава;
- 6) использование пролонгировано реагирующих с горной породой кислотных составов при высоких значениях пластовых температур [6].

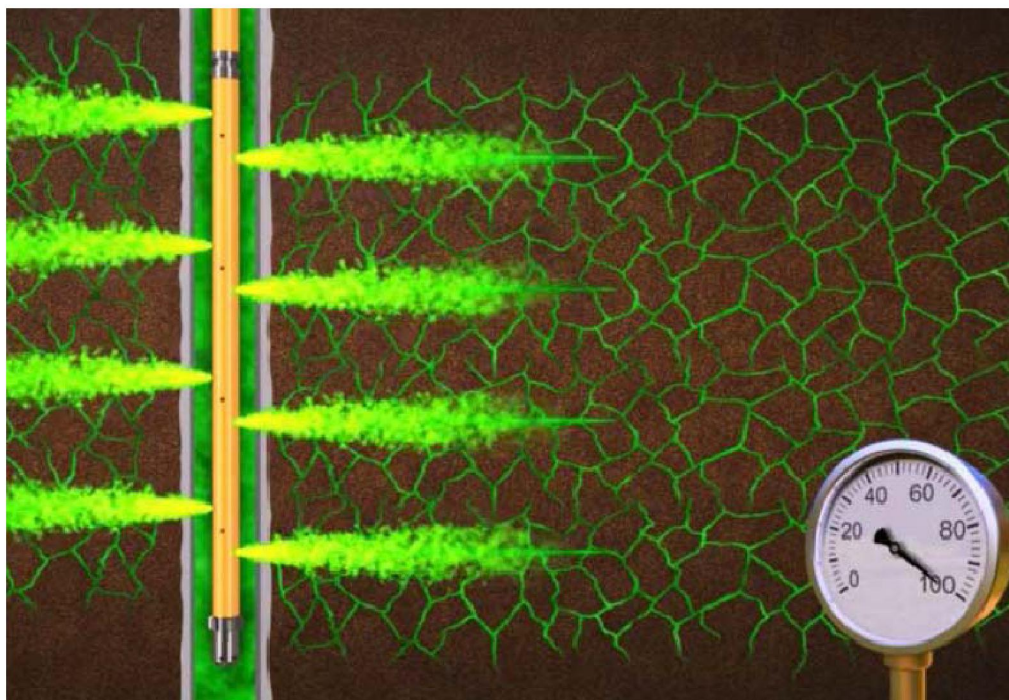


Рисунок 4 – Кислотное воздействие на пласт

Также благоприятным условием является наличие в пласте-коллекторе тонких глинистых пропластков для создания более устойчивой системы трещин.

Разработанный метод был применен на скважинах месторождения Кок-Арна Западного Казахстана. В качестве кислотного состава использовалась следующая смесь: 60% соляной кислоты (концентрация 15%); 15% плавиковой кислоты (концентрация 35%), 25% растворителя – керосин. Сравнив изменения дебита скважин (таблица 1) и изучив график изменения дебита в скважинах (рисунок 5), можно утверждать, что применение метода увеличило нефтеотдачу скважин на 50-70%.

Таблица 1 – Сравнение суточного дебита скважин до и после проведения кислотно-перфорационного разрыв пласта

№ скважины	Суточный дебит до применения метода, м <sup>3</sup> /сут	Суточный дебит после применения метода, м <sup>3</sup> /сут
62	25.8	39.5
53	19	32.2
30	12.1	20.3

После проведения анализа данных со скважин месторождения Кок-Арна метод использовался на месторождениях Матин (7 скважин), С. Нуржанова (10 скважин), Сазан-Курак (10 скважин). Эффективность метода на данных месторождениях составила от 35 до 60%. На основе предоставленных данных можно сделать вывод, что благодаря комбинированию метода перфорации с применением термогазокумулятивного воздействия и методов химической обработки пласта можно добиться ликвидации недостатков обоих методов и расширить возможности и эффективность этих методов.



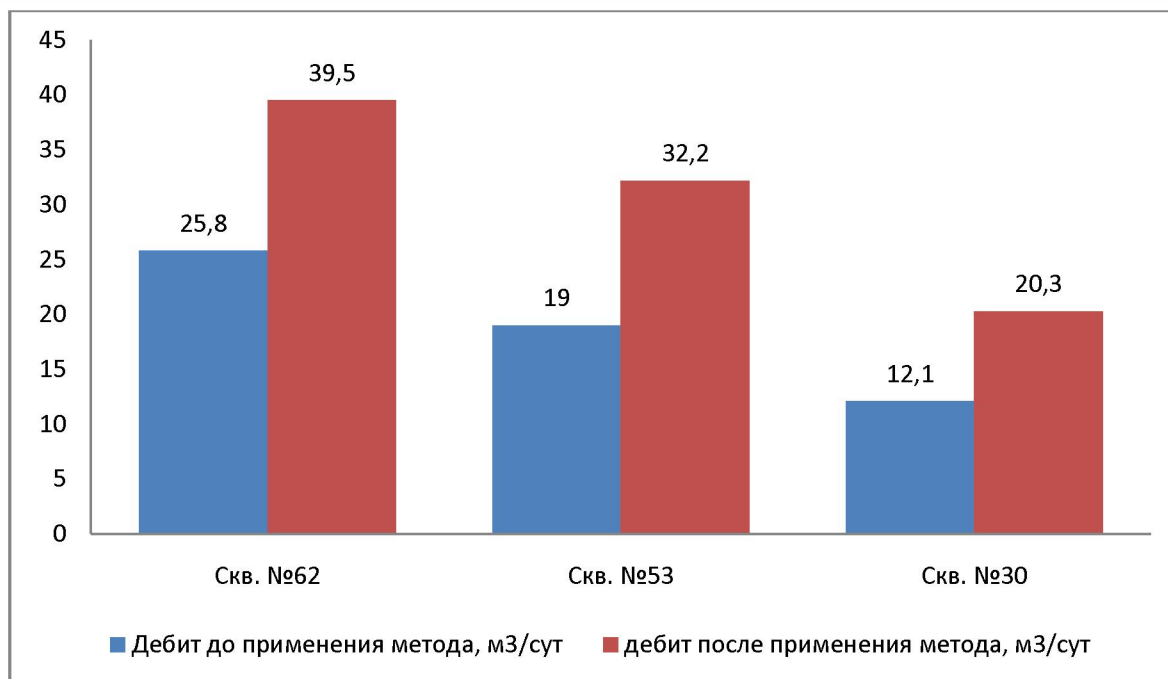


Рисунок 5 – График изменения дебита в скважинах месторождения Кок-Арна

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Омелянюк М.В., Концевич О.В. Повышение эффективности химических методов интенсификации добычи нефти // Булатовские чтения. – 2017. – № 2. – С. 188-191.
- [2] Иванов С.И. Интенсификация притока нефти и газа к скважинам. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2006. – 565 с.
- [3] Байков Н.М. Новые технологии кислотных обработок продуктивных пластов // Нефтяное хозяйство. – 2003. – № 3. – С. 114.
- [4] Маскет М. Физические основы технологии добычи нефти. – М.: Институт компьютерных исследований, 2004. – 609 с.
- [5] Федоров Ю.В. Повышение эффективности технологии кислотного гидравлического разрыва пласта // Нефтепромысловое дело. – 2010. – № 11. – С. 39.
- [6] Силин М.А., Магадова Л.А., Цыганков В.А., Мухин М.М., Давлетшина Л.Ф. Кислотные обработки пластов и методики испытания кислотных составов: Учеб. пособие для студентов вузов. – М.: РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2011. – 120 с.

**К. А. Вдовкин, М. В. Пономарева, А. В. Садчиков**

Қарағанды мемлекеттік техникалық университет, Қарағанды, Қазақстан

#### ҚЫШҚЫЛДЫҚ-ПЕРФОРАЦИЯНДЫҚ АБАТТЫҢ ЖЫРТЫЛУЫ

**Аннотация.** Ұңғымаларды игеру кезінде олардың тәулік дебиті азаяды, сондықтан жер қойнауын пайдаланушыларда, өнімділік қабаттардың мұнай беруін жоғарлату қажеттілігі туады. Мұнайкәсіпшілік тәжірибеде, термогазкумулятивті әсерді қолданым терең енетін перфорация (4 метрге дейінгі жарықшақтарды жасау перфорациясы) және қабат қаңқасын ерітіп және мұнайды сорғытатын каналдарды жасау арқылы өнімділік коэффициентін жоғарлату үшін қабатты химиялық өндеу әдістері мұнайөнімділік қарқындығын жоғарлату үшін кең таралған. Соңғы кездері берілген әдістер, мұнайлы қабаттардың мұнай өнімділігін жоғарлату үшін қабаттарды екінші және бірінші ашу кездерінде өздерін жақсы көрсеткен. Бірақ қабаттардың қарқындылығын жоғарлату кезінде бұл әдістердің белгілі бір кемістіктері бар. Осыған байланысты берілген мақалада қабаттың мұнай өнімділігін азайтатын факторлар қарастырылған. Қабатты химиялық өндеудің қазыргы заманғы әдістері және термогазкумулятивті әсерін қолданумен перфорация әдістерінің анализі өткізілді. Осы әдістерді бірлесе қолданылуының қажеттілігі анықталып негізделді. Авторлар осы екі технологиялық процестерді қосып, екі технологияның жетістіктерін қосып, соның салдарынан олардың тиімділігін жоғарлататын жаңа технологиялық процесті ұсынды. Процестің маңызы, ол ұңғымаға қабат флюидінің ағуын жоғарлату үшін, пайда болған жарықшаларды бекіту және өндеу үшін бір уақытта терең ену перфорациясымен қабатқа химиялық реагенттерді сығындау.

**Түйін сөздері:** перфорация, мұнай өнімділікті жоғарлату, қышқылды өндеу, қабаттарды екінші рет ашу, сваптау, ұңғыма жанындағы аймақ, кумулятивті заряд.