

УДК: 622.22.4; <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2023-6.09>

<https://orcid.org/0000-0003-4707-3322>

<https://orcid.org/0000-0002-4947-5686>

<https://orcid.org/0000-0001-7704-9679>

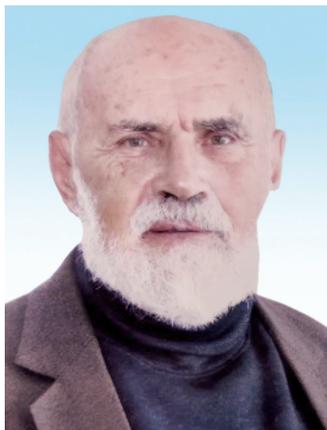
<https://orcid.org/0000-0001-6417-4841>

<https://orcid.org/0000-0002-3507-3096>

## НОВЫЙ МЕТОД БУРЕНИЯ, РАЗРАБОТКА ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ И НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН С ИМПЛОЗИВНЫМ ЭФФЕКТОМ



**Б.Т. РАТОВ<sup>1</sup>**,  
доктор технических наук,  
профессор, зав. кафедрой  
«Геофизика и сейсмология»,  
[b.ratov@satbayev.university](mailto:b.ratov@satbayev.university)



**М.Т. БИЛЕЦКИЙ<sup>1</sup>**,  
кандидат технических наук,  
доцент,  
[marc.biletsky@yandex.kz](mailto:marc.biletsky@yandex.kz)



**А.Т. МАКЫЖАНОВА<sup>1</sup>**,  
PhD, ассоциированный  
профессор кафедры  
«Гидрогеология, инженерная  
и нефтегазовая геология»  
[a.makyzhanova@satbayev.university](mailto:a.makyzhanova@satbayev.university)



**А.Р. БОРАЩ<sup>2</sup>**,  
докторант PhD,  
[borash.ard@gmail.com](mailto:borash.ard@gmail.com)



**С.К. МУРАТОВА<sup>1</sup>**,  
кандидат технических наук,  
ассоц. профессор,  
[s.muratova@satbayev.university](mailto:s.muratova@satbayev.university)

<sup>1</sup>SATBAYEV UNIVERSITY,  
Республика Казахстан, 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22

<sup>2</sup>YESSEN OV UNIVERSITY,  
Республика Казахстан, 130000 г. Актау, 32 мкр.

Особенности колматационных зон продуктивного пласта учитываются при вращательном бурении скважин с использованием бурового раствора. Представлен краткий анализ наиболее распространенных и принципиально различных процедур деколлации, таких как промывка колодцев водой, откачка и гелеобразование. Особое влияние оказывает очень эффективный и перспективный метод деколлации с использованием эффекта имплозии. Приведен подробный пример известного устройства с анализом особенностей его применения, а также существенных недостатков в виде сложности и функциональности, высокой стоимости. Было разработано и предложено принципиально отличное новое устройство, свободное от всех недостатков противоположного устройства, для которого было запрошено изобретение. Это исключает использование насосных и компрессорных труб и их уплотнение, а также герметик для горловины. Также нет необходимости в компрессоре и поверхностной проводке с многочисленными задвижками. Замена задвижки впускного клапана на дисковый исключает возможность закрытия впускного клапана в результате вызванного эффектом имплозии притока пластовой жидкости с высоким содержанием колматирующих материалов. Особенности конструкции и функционирования предлагаемого устройства и отдельных его элементов учитываются как при создании единичного, так и при любом количестве повторяющихся импловивных воздействий. Пределы генерации, необходимые для осуществления эффекта взрыва, заполненного жидкостью пространства, были математически проанализированы, чтобы предотвратить сминание корпуса под гидростатическим давлением раствора, оставшегося в пространстве для хранения. Пример зависимости допустимой длины пустого пространства от толщины колонны корпуса и, в частности, от толщины стенок проиллюстрирован с помощью компьютерной программы.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** месторождение, бурение, скважина, разработка, кольматация, гидрогеология.

## БҰРҒЫЛАУДЫҢ ЖАҢА ӘДІСІ, ИМПЛОЗИВТІ ӘСЕРІ БАР ГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ МҰНАЙ ҰҢҒЫМАЛАРЫН ӘЗІРЛЕУ

**Б.Т. РАТОВ**<sup>1</sup>, техника ғылымдарының докторы, профессор, «Геофизика және сейсмология» кафедрасының меңгерушісі, [b.ratov@satbayev.university](mailto:b.ratov@satbayev.university)

**М.Т. БИЛЕЦКИЙ**<sup>1</sup>, техника ғылымдарының кандидаты, «Геофизика және сейсмология» кафедрасының доценті, [biletskymarc@yandex.ru](mailto:biletskymarc@yandex.ru)

**А.Т. МАКЫЖАНОВА**<sup>1</sup>, PhD, «Гидрогеология, инженерлік және мұнай-газ геологиясы» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, [a.makyzhanova@satbayev.university](mailto:a.makyzhanova@satbayev.university)

**А.Р. БОРАШ**<sup>2</sup>, Экология және геология кафедрасының PhD докторанты, [borash.ard@gmail.com](mailto:borash.ard@gmail.com)

**С.К. МУРАТОВА**<sup>1</sup>, техника ғылымдарының кандидаты, ассоц. профессор, доцент, Геология және табиғи ресурстар дыбарлау бағдарламасының жетекшісі, [muratova\\_s.k@mail.ru](mailto:muratova_s.k@mail.ru)

<sup>1</sup>SATBAYEV UNIVERSITY,  
Қазақстан Республикасы, 050013, Алматы қ., Сәтбаев к-сі, 22

<sup>2</sup>YESSEN OV UNIVERSITY,  
Қазақстан Республикасы, 130000, Ақтау қ., 32 ы / а.

Өнімді қабаттың колматациялық аймақтарының ерекшеліктері бұрғылау ерітіндісін қолдана отырып, ұңғымаларды айналмалы бұрғылау кезінде ескеріледі. Ұңғымаларды сумен жуу, айдау және гельдеу сияқты ең көп таралған және түбегейлі әртүрлі деколлатация процедураларына қысқаша талдау ұсынылған. Имплузия әсерін қолдана отырып деколлатацияның өте тиімді және перспективалы әдісі ерекше әсер етеді. Белгілі құрылғының егжей-тегжейлі мысалы, оны қолдану ерекшеліктерін, сондай-ақ күрделілік пен функционалдылық, жоғары шығындар түріндегі елеулі кемшіліктерді талдай отырып келтірілген. Өнертабыс сұралған қарама-қарсы құрылғының барлық кемшіліктері жоқ түбегейлі ерекше жаңа құрылғы әзірленді және ұсынылды. Бұл сорғы мен компрессорлық құбырларды пайдалануды және оларды тығыздауды, сондай-ақ мойын тығыздағышын болдырмайды. Сондай-ақ, көптеген клапандары бар компрессор мен беттік сымдардың қажеті жоқ. Кіріс клапанының клапанын дискіге ауыстыру имплузия әсерінен жоғары колматизациялық материалдары бар қабат сұйықтығының ағыны нәтижесінде кіріс клапанының жабылу мүмкіндігін болдырмайды. Ұсынылған құрылғының және оның жекелеген элементтерінің дизайны мен жұмыс істеу ерекшеліктері біреуін құру кезінде де, қайталанатын имплузивті әсерлердің кез-келген санында да ескеріледі. Сұйықтықпен толтырылған кеңістіктің жарылыс әсерін жүзеге асыру үшін қажетті генерация шектері сақтау кеңістігінде қалған ерітіндінің гидростатикалық қысымымен корпусстың мыжылып қалуын болдырмау үшін математикалық түрде талданды. Бос кеңістіктің рұқсат етілген ұзындығының корпус бағанының қалыңдығына, атап айтқанда қабырғалардың қалыңдығына тәуелділігінің мысалы компьютерлік бағдарламаның көмегімен суреттелген.

**ТҮЙІН СӨЗДЕР:** кен орны, бұрғылау, ұңғыма, игеру, колматация, гидрогеология.

## NEW DRILLING METHOD, DEVELOPMENT OF HYDROGEOLOGICAL AND OIL WELLS WITH IMPLOSIVE EFFECT

**B.T. RATOV**<sup>1</sup>, doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Geophysics and seismology Department, [b.ratov@satbayev.university](mailto:b.ratov@satbayev.university)

**M.T. BILETSKIY**<sup>1</sup>, candidate of technical sciences, associate professor of the department " Geophysics and seismology ", [biletskiy@yandex.ru](mailto:biletskiy@yandex.ru)

**A.T. МАКЫЖАНОВА**<sup>1</sup>, PhD, Associate Professor of the Department of Hydrogeology, Engineering and Oil and Gas Geology, [a.makyzhanova@satbayev.university](mailto:a.makyzhanova@satbayev.university)

**A.R. BORASH**<sup>2</sup>, PhD student of the Department of Ecology and Geology, [borash.ard@gmail.com](mailto:borash.ard@gmail.com)

**S.K. MURATOVA**<sup>1</sup>, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Leader of Geology and Natural Resources Exploration Programs, [muratova\\_s.k@mail.ru](mailto:muratova_s.k@mail.ru)

<sup>1</sup>SATBAYEV UNIVERSITY,  
Republic of Kazakhstan, 050043, Almaty, Satpayev st., 22

<sup>2</sup>YESSENOV UNIVERSITY,  
Republic of Kazakhstan, 130000, Aktau, 32 md.

*The peculiarities of the collimation zones of the productive formation are taken into account when rotary drilling of wells using drilling mud. A brief analysis of the most common and fundamentally different decollation procedures, such as washing wells with water, pumping and gelation, is presented. A very effective and promising method of decollation using the implosion effect has a special influence. A detailed example of a well-known device is given with an analysis of the features of its application, as well as significant disadvantages in the form of complexity and functionality, high cost. A fundamentally different new device was developed and proposed, free from all the disadvantages of the opposite device for which the invention was requested. This eliminates the use of pumping and compressor pipes and their sealing, as well as a sealant for the neck. There is also no need for a compressor and surface wiring with numerous valves. Replacing the intake*

*valve valve with a disc valve eliminates the possibility of closing the intake valve as a result of the influx of reservoir fluid with a high content of collating materials caused by the implosion effect. The design and functioning features of the proposed device and its individual elements are taken into account both when creating a single, and with any number of repeated implosive effects. The generation limits necessary for the explosion effect of the liquid-filled space were mathematically analyzed to prevent the case from crumpling under the hydrostatic pressure of the solution remaining in the storage space. An example of the dependence of the permissible length of empty space on the thickness of the housing column and, in particular, on the thickness of the walls is illustrated using a computer program.*

**Keywords:** field, drilling, well, development, colmatation, hydrogeological.

**В**ведение. Разработка призвана довести дебит скважин, вскрывших продуктивный пласт, до запланированных значений путем деколматизации прискважинной зоны [1]. Вращательное бурение обычно выполняется с использованием промывочных жидкостей. Их использование предотвращает аварии и осложнения, вызванные нестабильностью стенок скважины. В этом случае растворы закупоривают поры продуктивного слоя и блокируют подход его жидкости к скважине. Частицы твердой фазы раствора, размер которых превышает поры продуктивного слоя остаются на стенках скважины и образуют корку. Частицы, способные проникать через поры, проникают в зону прессования тем дальше, чем выше степень вытеснения и ниже вязкость раствора. Когда достигается максимальная глубина, раствор перестает двигаться и переходит в состояние геля. В то же время область продуктивного слоя также может стать непроницаемой. Фильтрат раствора проникает наиболее глубоко из-за низкой вязкости и определяет внешнюю границу колматации. Фильтрат раствора, обработанного реагентами, может содержать вещества, которые вступают в реакцию со слоистой жидкостью и образуют отложения, которые также могут блокировать поры слоя.

**Материалы и методы исследований.** Процедуры деколматации подразделяются по эффективности и, прежде всего, по способности воздействовать на все исследуемые участки колматации или только на участки, наиболее близкие к скважине [2].

Самый дешевый и распространенный метод деколмате – это мытье. Раствор в отстойниках заменяется водой и через опущенную буровую колонну подается в скважину, вытесняя заполняющий раствор, который направляется в дренаж. Поскольку вязкость воды (0,0001 Па\*с) на порядок ниже, чем у глинистого раствора, промывка удаляет фильтрационную корку со стенок скважины, а также очищает отверстия фильтра. В целом, промывка, включая гидравлическую промывку, не оказывает существенного влияния на более глубокие участки колматации.

Промывка обычно сопровождается перекачиванием послойной жидкости. Он опускается со статического уровня на динамический уровень, при этом уменьшение характеризует депрессию на слое. Жидкость поступает в скважину из удаленных участков пласта и в то же время переносит колматирующий материал в скважину.

При перекачивании деколматация достигается за счет постоянного и длительного (до нескольких дней) статического вдавливания в пласт [2]. Более сильным эффектом может обладать динамическая депрессия, которая реализуется в виде импульсов. Самый простой способ создать такие импульсы – это гелеобразование. Желоб

крепится к тросу буровой лебедки и опускается ниже уровня воды. При спуске под действием сопротивления воды обратный клапан желоба открывается и заполняется. После заполнения желоб вытягивается, и когда он поднимается под тяжестью воды, клапан закрывается, и вода удерживается в желобе. На поверхность выливается вода и процесс повторяется. Каждый раз, когда цикл перил заканчивается в момент снятия соединений, уровень в рабочей колонне падает, поскольку вода удаляется из объема соединений, и соответствующая депрессия вызывает приток воды, который продолжается до тех пор, пока статический уровень не будет восстановлен.

Значительно более мощный импульс создает эффект взрыва. Метод имплозии заключается в создании углубления на слое путем непосредственного соединения продуктивной зоны скважины, находящейся под пластовым давлением, с зоной низкого давления. При этом пластовая жидкость поступает в скважину со скоростью до 200 м/с. Такая струя отрывает колматирующий материал от места его закрепления – от поверхности фильтра, от стенки скважины, от глубоких участков прискважинной зоны – и направляет его в скважину, из которой он поступает в скважину и обычно его удаляют промывкой.

На *рисунке 1* использование эффекта имплозии для освоения скважины представлено в опубликованном в 1973 г. изобретении [3], (исходный вариант [4] этого устройства опубликован в 1959 г).

После завершения процесса углубки, а также спуска и прострела обсадной колонны устройство спускают в скважину на колонне насосно-компрессорных труб (НКТ) 1. После установки патрубка 11 с перфорированным хвостовиком 5 на конце на забой «устройство весом НКТ распакеровывается, шток 7 входит по пазам в грундбуксу 13, перекрывая отверстия 8 и разобщая надпакерную и подпакерную части скважины».

Расположенный на автомобиле компрессор подает сжатый воздух в пространство между насосно-компрессорные трубы (НКТ) и обсадной колонной. Поскольку устье обсадной колонны перекрыто герметизирующей головкой 2, то сжатый воздух движется вниз и вытесняет заполняющую кольцевое пространство жидкость. Дойдя до установленного в НКТ циркуляционного (обратного) клапана 6, жидкость открывает его и, повернув вверх, через НКТ доходит до устья скважины и из него выбрасывается на поверхность. Путь вытесняемой сжатым воздухом жидкости вниз, – в муфту 9 и далее в подпакерную зону к забою скважины – перекрывает обратный клапан 10.

**Результаты и обсуждения.** Описанный процесс, удаляя жидкость из кольцевого пространства и заменяя ее воздухом, снижает гидростатическое давление в кольцевом пространстве между НКТ и обсадкой. В зависимости от количества поданного воздуха, гидростатическое давление снижается до атмосферного – при полном удалении жидкости либо при ее частичном удалении, до некоторого заданного, более высокого, чем атмосферное, давления.

За этапом удаления из НКТ и кольцевого пространства находившейся там жидкости и создания там низкого давления наступает этап имплозионного воздействия на пласт. «При подъеме колонны труб шток 7 выходит из грундбуксы 13, открывая отверстия 8, через которые забойная жидкость устремляется в надпакерную часть

кольцевого пространства и далее, через циркуляционный клапан 6 – в колонну НКТ, и по ней – на поверхность».

Наиболее вероятно, что принцип пакеровки здесь тот же, где эластичный материал пакера расположен между двумя смещающимися относительно друг друга в осевом направлении частями колонны.

В рассматриваемом устройстве одновременно с разобщением двух пространств, пакеровка, благодаря возникающему во время ее сокращения длины НКТ, используется для перекрытия впускного (здесь он именуется запорным) клапана за счет перекрытия отверстий в штоке 7 при углублении последнего в грундбуксу 13.

Во втором процитированном отрывке приводится описание создания «мгновенной депрессии на пласт» путем подъема колонны труб. Какой именно колонны – колонны НКТ или колонны обсадных труб – не указывается (обсадная колонна демонстрируется на рисунке, но не имеет обозначения). По-видимому, речь идет о подъеме колонны НКТ.

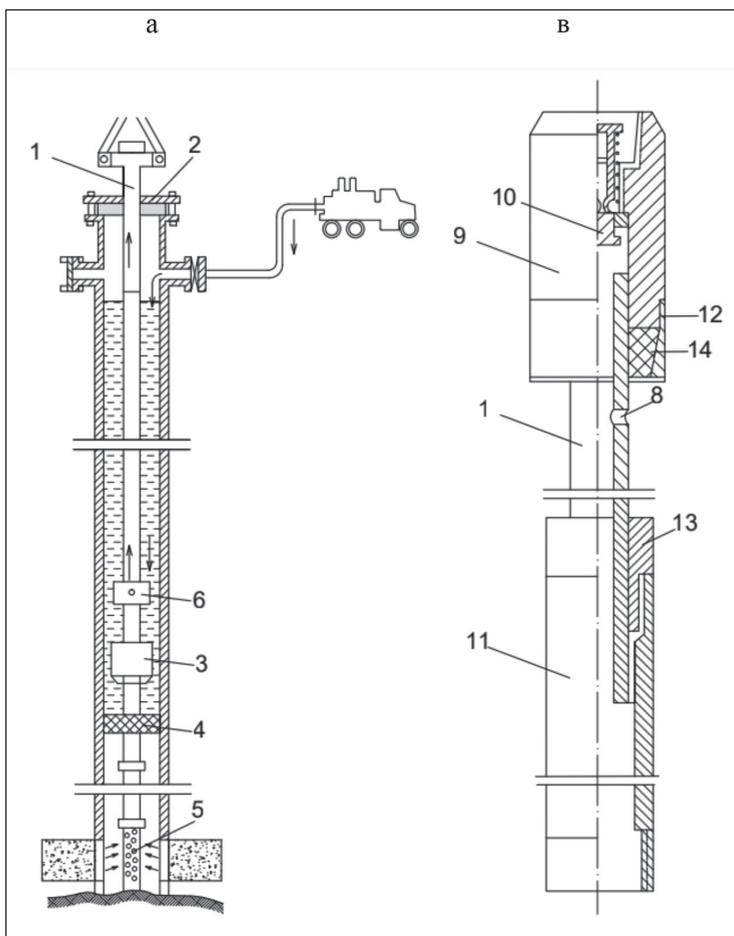
Из *рисунка 1* непонятно, каким образом шток 7 соединяется с неподвижной трубой 11 снизу, и муфтой 9 сверху. Согласно рисунку, какой-либо элемент, с помощью которого труба 11 подвешивается к штоку отсутствует. Таким образом, даже неясно, как эта труба была доставлена к забою.

Из процитированных отрывков следует, что шток 7 каким-то способом закреплен в муфте 9. Однако резьбовое соединение на верхнем конце штока не показано. Если это только упущение рисунка и резьба на самом деле имеется (иных соединений не видно), то она должна в достаточной мере герметизировать соединение штока и муфты. Но в таком случае непонятна роль резинового кольца 14 и связанной с ним муфты 12. Остается предположить, что при отсутствии в соединении с муфтой 9 резьбы резиновое кольцо 14 служит для удержания расположенной ниже части колонны НКТ, т.е. трубы 11 и связанных с нею элементов. Действительно, кольцо 14 имеет существенную высоту, а муфта 12 обладает конической поверхностью, так, что ее завинчивание может «запакеровать» шток 7 в муфте 9, настолько плотно, что соединение выдержит определенный вес. Но, с одной стороны, этот вес все-таки будет ограниченным и риск его срыва всегда будет присутствовать, а, с другой стороны, непонятно, почему нельзя подвесить шток с помощью обычной резьбы; тем более, что соединение муфты 9 со штоком 7 не предназначено для осевого смещения.

Указанные упущения в описании изобретения приводят к некоторой потере определенности сделанных утверждений. Тем не менее, эти упущения являются чисто техническими и пути их исправления не представляют особой сложности. Поэтому принципиально использование в данном устройстве имплозионного эффекта для повышения притока пластовой жидкости к приемной части скважины не вызывает сомнения.

Согласно описанию изобретения, процедура осуществления этого эффекта после полного либо частичного удаления из кольцевого пространства и колонны НКТ заполняющей их жидкости (бурового раствора и т.п.) представляется следующим образом.

1. Приподнимается колонна НКТ. Вместе с ней поднимается муфта 9 и шток 7.
2. Так как труба 11 остается на месте, то при подъеме штока 7 выше торца



**Рисунок 1 – Устройство для создания мгновенных депрессий на пласт [3]**

*А – общий вид; В – запорный клапан. 1 – насосно-компрессорные трубы; 2 – герметизатор устья; 3 – запорный клапан; 4 – пакер; 5 – перфорированный хвостовик; 6 – циркуляционный клапан; 7 – профилированный шток; 8 – отверстие; 9 – муфта; 10 – обратный клапан; 11 – патрубок; 12 – муфта; 13 – грундбукса; 14 – резиновое кольцо.*

грундбуксы 13 появляются отверстия 8, связывающие подпакерную, т.е. приемную, часть скважины с кольцевым пространством.

3. Мгновенное резкое снижение давления вызовет сильный приток пластовой жидкости, включая материал кольматирующих пробок.

4. Пластовая жидкость будет двигаться из стенок скважины в перфорированный хвостовик 5 и далее – в трубу 11 и шток 7. Через отверстия 8, она попадает в кольцевое пространство между НКТ и стенками обсадки и таким образом обходит обратный клапан 10.

5. В конечном итоге скважинная жидкость поднимется до своего статического уровня.

6. При возврате осевой нагрузки на НКТ, шток 7 снова погрузится в грундбуксу 13 и его выходные отверстия 8 опять окажутся перекрытыми. Таким образом, происходит возвращение к началу имплозионного цикла, который можно повторить,

включив компрессор и понизив уровень пластовой жидкости в пространстве между НКТ и обсадкой с последующим снятием осевой нагрузки. Так имплозионный эффект можно повторять требуемое число раз.

Основным недостатком описанного устройства является тот факт, что открытие входного клапана связано с процессом пакеровки.

По этому принципу работает и устройство, представленное на *рисунке 1*. Однако там открытие впускного клапана происходит при движении хвостовика 5 вниз. При этом определенную сложность представляет необходимость скоординировать момент надежной пакеровки с моментом выхода отверстий хвостовика ниже стенок горловины трубы 2. Так, если в месте пакеровки скважина пересекла плотные породы с минимальной разработкой стенок, то плотная пакеровка может осуществляться уже при минимальном сокращении высоты пакера. Такого сокращения может оказаться недостаточно и открытия впускного клапана не произойдет. В мягких породах с большой разработкой стенок необходимое для открытия впускного клапана сокращение высоты пакера может быть достигнуто раньше, чем осуществится надежная пакеровка. В обоих случаях цель получения имплозионного эффекта достигнута не будет.

Таким образом, в пластоиспытателе размеры и эластичность материала пакера должны быть с достаточной точностью согласованы не только с номинальным диаметром скважины, но и со свойствами пород в пакеруемом месте.

В случае рассматриваемого устройства, показанного на *рисунке 1*, важным отличием является тот факт, что пакеровка осуществляется не в породе стенки скважины, а в обсадной колонне, внутренний диаметр которой соблюдается с точностью до долей миллиметра. Разница между этим диаметром и наружным диаметром пакера должна обеспечить свободный спуск устройства и поэтому не превышает 3-5 мм. Когда при пакеровке диаметр пакера возрастает на величину этой разницы, то соответствующее уменьшение его высоты, т.е. сокращение длины колонны, также окажется небольшим. Использование столь малого перемещения для открытия входного клапана движением хвостовика (штока 7) вниз представляет существенные конструктивные неудобства.

В отличие от пластоиспытателя, в устройстве на *рисунке 1* для открытия впускного клапана решено использовать перемещение колонны НКТ не вниз, а вверх. Однако движение колонны НКТ вверх означает снятие с пакера 4 ее веса, с помощью которого осуществлена пакеровка.

Под действием гидростатического давления и сил трения пакер может и после снятия веса колонны продолжать сохранять свое положение. Известны случаи, когда пакер оказывался как бы прихваченным и возникали трудности с распакеркой. В частности [5-8], в пластоиспытателе с целью гарантированного снятия пакера в колонну НКТ предусмотрена установка яса (выше пакера – на рисунке не показано), позволяющего наносить удары в направлении вверх.

Тем не менее, риск ухудшения условий пакеровки после снятия веса НКТ, несомненно, существует, и это снижает надежность работы устройства.

Впрочем, приходится допустить, что снятие пакера в момент осуществления мгновенного соединения подпакерной зоны с надпакерной практически равносильно приведению в действие впускного клапана. Другое дело, что это нарушает единство конструктивного замысла устройства в целом.

Описываемое устройство очень сложное. Он включает в себя дульный уплотнитель, колонку НКТ, специальный упаковщик, золотниковую головку и поверхностный композит с многочисленными задвижками. Требуется практически непрерывная работа компрессора. Надежность этого устройства ставится под сомнение, поскольку колматирующие частицы, взятые в избытке из скважины, могут блокировать движение змеевика.

Эти недостатки препятствуют широкому внедрению устройства, поэтому предлагается устройство, лишенное всех этих недостатков (см. *рисунок 2*) [9]. Получен патент РК на изобретение «Устройство для интенсификации притока пластовой жидкости в скважину № 36269, 2023г., опуб. от 20.10.2023, бюл. №42.

**Заключение и выводы.** При бурении на глубине, близкой к продуктивному участку, осуществляется переход на меньший диаметр. После завершения бурения рабочая колонна 2, соединенная переходником с фильтрующей колонной 5, отключается. При этом впускной клапан 8 удерживается закрытым с помощью пружины 10 и сопротивления жидкости. Следовательно, обсадная колонна может оставаться пустой, а буровой раствор вытесняется через разделенное кольцевое пространство и устье. В месте перехода на меньший диаметр на обсадной колонне устанавливается прижимная шайба 3 и уплотнение 4, изолирующее продуктивную зону скважины от размещенного сверху хранилища. При упоре в планку уплотнитель под действием веса колонны отделяет нижнюю часть накладываемого пространства от его верхней части. Лебедка опускает желоб 11 перед тем, как положить его конец на перегородку 7.

За долю секунды до этого шток клапана 16 желоба вставляется пружиной 10 в перегородку 7, и клапан 16 начинает подниматься при открытии отверстий 15. Когда клапан желоба опускается в конечный упор 17, полный вес желоба начинает воздействовать на пружину 10, и впускной клапан 8 открывается. 9 и только после завершения описанных процессов конец падающих соединений окажется на перегородке 7, а возникшая пробивная сила троса сигнализирует о процессе имплозии. Открыв клапан 8, пустое пространство колонны корпуса, расположенное над перегородкой 7, немедленно соединяется с приемной частью, в которой жидкость находилась под послонным давлением. Немедленно возникающая депрессия создает сильный приток воды в скважину за счет удаления колматационных пробок из пласта и создания новых каналов притока. Вода над перегородкой 7 будет подниматься до тех пор, пока не достигнет своего статического уровня.

Чтобы повторить эффект взрыва, желоб удаляют из скважины, при этом пружина 10 закрывает впускной клапан 8, а клапан желоба удерживает содержащуюся в нем воду. Затем в столбце 2 снова создается пустое пространство путем вытягивания той же миски с водой до тех пор, пока вода не опустится до определенного уровня. После этого желоб снова опускают на перегородку 7.

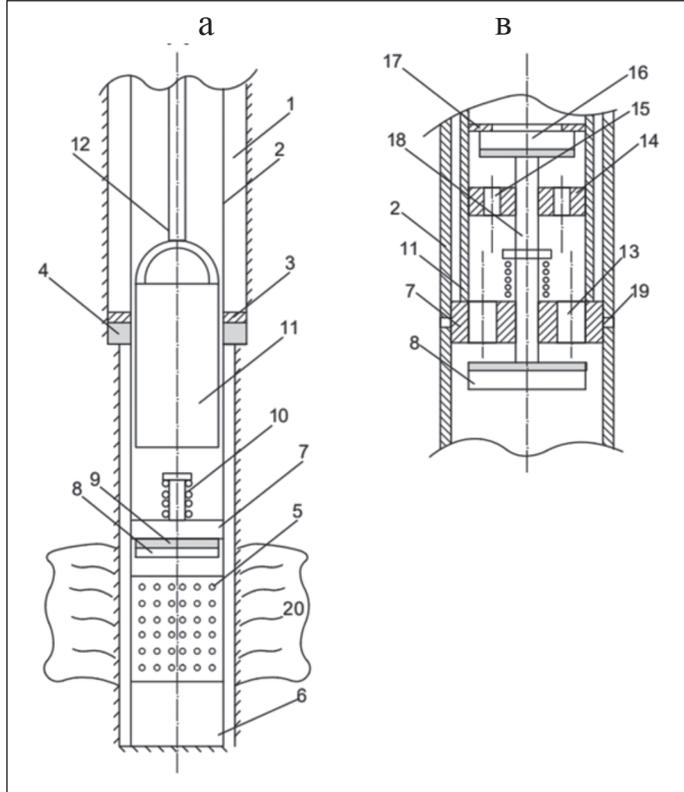
После завершения имплозионной обработки впускной клапан 8 удаляют, срезая штифты 19 резким ударом по желобу.

Если в колонне корпуса создается пустое пространство для создания взрывоопасного эффекта, существует риск того, что она будет смята. Вам необходимо определить допустимые пределы размеров для этого пространства.

Запас прочности отверстия в корпусе для смятия:

$$n_{\phi} = \frac{P_{крт}}{P_{\phi}}, \quad (1)$$

где  $P_{крт}$  – максимально допустимое критическое давление, а  $P_{\phi}$  – фактически действующая разность давлений снаружи и внутри обсадной колонны (дифференциальное давление).



**Рисунок 2 – Устройство для разработка нефтяных и гидрогеологических скважин путем использования имплозионного эффекта:**

**А – общий вид; Б – Воздействие желонки на впускной клапан;**

- 1 – скважина; 2 – эксплуатационная колонна; 3 – упорный диск; 4 – уплотнение; 5 – фильтр; 6 – отстойник; 7, 14 – перегородки; 8 – впускной клапан; 9 – прокладка; 10 – пружина; 11 – желонка; 12 – канат; 13, 15 – отверстия; 16 – желоночный клапан; 17 – ограничитель; 18 – хвостовик; 19 – штифт; 20 – пласт.

Приведенные ниже формулы содержат следующие значения:  $\sigma_m$  – предел текучести стали  $E$  – ее модуль упругости;  $D_n$  – наружный диаметр трубы;  $D_{\min}$  и  $D_{\max}$  – ее допустимые минимальные и максимальные диаметры;  $\sigma$ ,  $\sigma_0$ ,  $\sigma_{\min}$  номинальное, средне-статистическое и минимально допустимое значения толщины ее стенки. Рекомендуется [5] принять:  $\sigma_0 = 0.905\delta$ ,  $\sigma_{\min} = 0.875\sigma$

$$K_0 = \frac{\sigma_0}{D_n}, \quad K_{\min} = \frac{\sigma_{\min}}{D_n}, \quad \rho = \frac{\sigma_0}{\sigma_{\min}}, \quad B = EK_0^2 \rho, \quad e = \frac{D_{n\max} - D_{n\min}}{D_n} \quad (2)$$

$e$  – овальность. Для труб диаметром до 219 мм она не должна превышать 0.01, до 324 мм – 0.015, для больших диаметров – 0.02

$$A = \sigma_m + B \left( 1 + \frac{3e}{2\rho^3 K_{\min}} \right) \quad (3)$$

С учетом формул (2) и (4) определяем:

$$p_{KPT} = 1.1 K_{\min} (A - \sqrt{A^2 - 4\sigma_m B}). \quad (4)$$

При практическом применении учитываются минимальные запасы прочности. Для рабочих колонн они равны 1.3, для технических колонн – 1.1

С их учетом

$$P_K = \frac{P_{KPT}}{n_{\min}} \quad (5)$$

глубина  $H_K$ , на которой обсадная колонна может опустеть без риска смятия, определяется гидростатическим давлением бурового раствора в камере хранения, равным  $P_K$ ,

$$H_K = \frac{P_K}{\rho_P g} \quad (6)$$

$\rho_P$  – плотность бурового раствора. Гидростатическое давление раствора на остальной длине полипропиленового корпуса  $H_{II}$  компенсирует необходимую часть гидростатического давления в камере хранения, чтобы предотвратить сминание колонны. [10-20]

Величина депрессии, вызывающей взрыв:

$$P_D = p_{III} - \rho_P g H_{II} \quad (7)$$

Чтобы обеспечить высоту  $H_{II}$ , при спуске колонны количество раствора, объем, в который она должна быть залита должен быть:

$$V_{II} = \frac{\pi}{4} (D_1 - 2\sigma_1)^2 * H_{II} \quad (8)$$

**Таблица 1 – Зависимость расчетных параметров колонны обсадной колонны диаметром 168 мм на смятие от толщины стенки трубы**

Параметр	Толщина стенки $\sigma_1$ , мм						
	6.5	7	8	9	10	11	12
$P_{KPT}$ , Па	2.54	2.82	3.37	3.92	4.47	5.04	5.60
$P_K$ , МПа	1.96	2.16	2.59	3.02	3.44	3.87	4.30
$H_K$ , м	194	214	256	298	340	383	424
$H_{II}$ , м	236	216	174	132	90	47	6
$V_{II}$ , м <sup>3</sup>	4.45	4.02	3.16	2.33	1.55	0.79	0.07
$P_{D'}^*$ , МПа	1.57	1.77	2.19	2.62	3.04	3.48	3.91

\*В формуле (8) условно приняты: пластовое давление  $P_{III} = 3.95$  МПа плотность раствора 1030 кг/м<sup>3</sup>

При увеличении толщины стенки в 1.85 раз  $P_{крт}$  и  $P_k$  возросли 2.2 раза. В той же пропорции допустимое значение пустого пространства увеличилось со 196 до 424 м. При этом непосредственно вызывающее имплозионный эффект дифференциальное давление  $P_d$ , возрастало существенно интенсивней: а именно в 2.49 раз – с 1.57 МПа до 3.91 МПа. При толщине стенки 12 мм рабочая колонна практически полностью пуста без риска смятия.

**Выводы.** Учтены особенности зоны колматации продуктивного пласта промысловой жидкостью; проанализированы основные процедуры деколматации методом имплозии; проанализирован характерный пример существующей имплозионной установки, и были обнаружены серьезные дефекты; была предложена новая установка, которая лишена всех недостатков существующей установки; представлен конкретный пример работы модели в популярных условиях. 

### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Johnson E.E. The principles and practical methods of developing water wells // St. Paul Bull. 1959. – P.1033. MN. Soiland grop science Society of Florida P.465
- 2 Driscoll F.G. Ground Water and Wells, 2-nd edition. Johnson Division, St. Paul, Minnesota, 1986. – Scientific Research – P.38-46
- 3 Абдулин Ф.С. и др. Авторское свидетельство СССР № 408008 опубликовано 10 декабря 1973 г., бюллетень № 47. [Abdulin F.S. i dr. Avtorskoye svidetel'stvo SSSR № 408008 opublikovano 10 dekabrya 1973 g, byulleten' № 47]
- 4 Абдулин Ф.С. Гарифулин Ш.С. Авторское свидетельство СССР. № 121398 опубликовано в бюллетене № 15, 1959 г. [Abdulin F.S. Garifulin SH.S. Avtorskoye svidetel'stvo SSSR. № 121398 opublikovano v byulletene № 15, 1959 g.]
- 5 Концепция водоснабжения Мангыстауской области Республики Казахстан. Астана, 2012. [Konserciya vodosnabzheniya Mangystauskoj oblasti Respubliki Kazahstan. Astana, 2012.]
- 6 Башкатов Д.Н. Справочник по бурению скважин на воду. – М.: Недра, 1979. – С. 560 [Bashkatov D.N. Spravochnik po bureniyu skvazhin na vodu. – М.: Nedra, 1979.]
- 7 Авторское свидетельство № 408008 СССР. Устройство для создания мгновенных депрессий на пласт / Абдулин Ф.С. и др. Оpubл. 10.12.1973. Бюл. № 47. [Avtorskoe svidetel'stvo № 408008 SSSR. Ustroystvo dlya sozdaniya bystrykh depressiy na plast / Abdulin F.S. i dr. Opubl. 10.12.1973. Byul. № 47.] 6 Авторское свидетельство № 848605 СССР. Устройство для обработки призабойной зоны скважины /Абдулин Ф.С. Оpubл. 25.07.1981. Бюл. № 27. [Avtorskoe svidetel'stvo № 848605 SSSR. Ustroystvo dlya obrabotki prizaboynoy zony skvazhiny /Abdulin F.S. Opubl. 25.07.1981. Byul. № 27.]
- 8 Авторское свидетельство № 848605 СССР. Устройство для обработки призабойной зоны скважины /Абдулин Ф.С. Оpubл. 25.07.1981. Бюл. № 27. [Avtorskoe svidetel'stvo № 848605 SSSR. Ustroystvo dlya obrabotki prizaboynoy zony skvazhiny /Abdulin F.S. Opubl. 25.07.1981. Byul. № 27.]
- 9 Патент РК. Билецкий М.Т., Ратов Б.Т., Бораш А.Р., Бораш Б.Р. Устройство для интенсификации притока пластовой жидкости в скважину / (11) № 36269, 2023г. Заявка (21) 2022/0231.1 ((22) 15.04.2022. опуб. 20.10.2023, бюл. №42 [Patent RK. Bileckij M.T., Ratov B.T., Borash A.R., Borash B.R. Ustrojstvo dlya intensivkacii pritoka plastovoj zhidkosti v skvazhinu / (11) № 36269, 2023g. Zayavka (21) 2022/0231.1 ((22) 15.04.2022. opub. ot 20.10.2023, byul. №42]

- 10 Билецкий М.Т., Ратов Б.Т., Бораш А.Р., Муратова С.К. (2023). Разработка нового устройства для осуществления имплозионного метода освоения скважин. Журнал «Нефть и Газ», 2023 1(133). С.29-42. [https://doi.org/ 10.37878/2708-0080/2023-1.03](https://doi.org/10.37878/2708-0080/2023-1.03) [Bileckij M.T., Ratov B.T., Borash A.R., Muratova S.K. (2023). Razrabotka novogo ustrojstva dlya osushchestvleniya implozionnogo metoda osvoeniya skvazhin. Zhurnal Neft' i Gaz, 2023 1(133). P.29-42. [https://doi.org/ 10.37878/2708-0080/2023-1.03](https://doi.org/10.37878/2708-0080/2023-1.03)]
- 11 Biletskiy, M. T., Ratov, B. T., Sudakov, A. K., Sudakova, D., & Borash, B. R. (2023a). Modeling of drilling water supply wells with airlift reverse flush agent circulation. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, (1), 53-60. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-1/053>
- 12 Biletskiy M.T., Ratov B.T., Khomenko V.L, Borash B.R, Borash A.R. (2022). Increasing the Mangystau peninsula underground water reserves utilization coefficient by establishing the most effective method of drilling water supply wells. NEWS of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan Series of geology and technical sciences, P.51-62. 2022. <https://doi.org/10.32014/2518-170X>
- 13 Chernova, M., Kuntsyak, Y., Ratov, B., Sudakov, A., & Nuranbayeva, B. (2022). Substantiation of the use of polymer-composite materials, which reduce the influence of dynamic friction forces of macrostructural surfaces, when drilling wells. SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference EXPO Proceedings. <https://doi.org/10.5593/sgem2022/1.1/s03.049>
- 14 Sudakov, A., Dreus, A., Ratov, B., Sudakova, Khomenko, O., Dziuba, S., Sudakova, D., Muratova, S., & Ayazbay, M. (2020). Substantiation of thermomechanical technology parameters of absorbing levels isolation of the boreholes. NEWS of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2(440), P.63-71. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170x.32>
- 15 Ratov B.T., Sudakov A.K., Sudakova D.A., Borash B.R., (2023). Modeling of drilling water supply wells with airlift reverse flush agent circulation. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 53-60 <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-1/053>.
- 16 Ratov B.T., Chudik I.A., Fedorov B.V., Sudakov A.K., Borash B.R. (2023) Results of production tests of an experimental diamond crown during exploratory drilling in Kazakhstan. SOCAR Proceedings, No.2 (2023) 023-029. [https://doi.org/ 10.5510/OGP20230200842](https://doi.org/10.5510/OGP20230200842)
- 17 Ratov, B. T., Fedorov, B. V., Omirzakova, E. J., & Korgasbekov, D. R. (2019a). Development and improvement of design factors for PDC Cutter Bits. Mining Informational and Analytical Bulletin, 11, 73-80. <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2019-11-0-73-80>
- 18 Borash, B. R., Biletskiy, M. T., Khomenko, V. L., Koroviaka, Ye. A., & Ratov, B. T. (2023). Optimization of technological parameters of airlift operation when Drilling Water Wells. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, (3),– P.25-31. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-3/025>
- 19 Ratov, B.T., Fedorov, B.V. (2013) Hydroimpulsive development of fluid-containing recovery. Life Science Journal, 10(SPL.ISSUE11),– P. 302-305. ISSN 10978135
- 20 Pavlychenko, A. V., Ihnatov, A. O., Koroviaka, Y. A., Ratov, B. T., & Zakenov, S. T. (2022). Problematics of the issues concerning development of energy-saving and environmentally efficient technologies of well construction. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1049(1), 012031. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1049/1/012031>