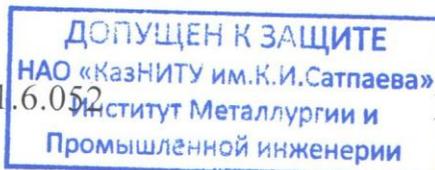


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Satbayev university

Институт металлургии и промышленной инженерии

УДК: 621.694;621.65/.69;621.6.052



На правах рукописи

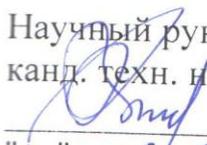
Нетбаев Алмат Болатович

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

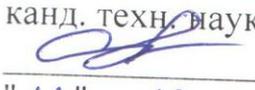
На соискание академической степени магистра техники и технологий

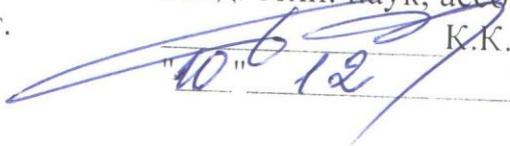
Название диссертации " Исследование закономерностей образования
кольматанта в призабойной зоне технологических скважин "

Направление подготовки 6М072400-Технологические машины и
оборудование

Научный руководитель,
канд. техн. наук, ассоц. профессор

Калиев Б.З.
"10" 12 2019 г.



Нормоконтроль
канд. техн. наук, сениор лектор

С.А.Бортебаев
"11" 12 2019 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой ТМиО
канд. техн. наук, ассоц. профессор

К.К. Елемесов
"10" 12 2019 г.

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Satbayev university

Институт металлургии и промышленной инженерии
Кафедра "Технологические машины и оборудование"
6M072400-Технологические машины и оборудование


УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой ТМиО
канд. техн. наук, ассоц. профессор
К.К. Елемесов
" 19 " 10 2018 г.

ЗАДАНИЕ на выполнение магистерской диссертации

Магистру Нетбаеву Алмату Болатовичу

Тема: "Исследование закономерностей образования кольматанта в призабойной зоне технологических скважин"

Утверждена приказом Ректора университета №1597-М от "30" 10 2017г

Срок сдачи законченной диссертации "05" декабря 2019 г.

Исходные данные к магистерской диссертации: Технологические скважины с различными условиями эксплуатации; Условия для проведения буровых работ урановых месторождений "Орталык", "Аппак", "Инкай", АО "Волковгеология".

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

- а) краткие сведения о геологическом строении горных пород для бурения месторождений урана
- б) определение причин образования колматанта в технологических скважинах;
- в) разработка методики определения причин образования кольматации призабойной зоны технологических скважин;
- г) разработка технологии применения кольцевых конусных фильтров для восстановления проницаемости горных пород;
- д) разработка конструкции конического каркасно-дискового фильтра для снижения кольматации в рудного горизонта;
- е) получение экспериментальных данных работоспособности предлагаемой конструкции фильтра в условиях пескообразования.

Перечень презентационного материала;

- а) обоснование причин образования кольматации при подземном выщелачивании.
- б) предлагаемая конструктивная схема каркасно-дискового фильтра;
- в) общий вид в сборе;
- г) схема функционирования предлагаемой конструкции фильтра.

Перечень использованной литературы:

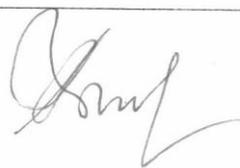
- 1 Аренс В.Ж. Физико-химическая геотехнология.- Москва, : Изд. МГГУ, 2001.-656с.
- 2 Скороваров Д.И. Справочник по геотехнологии урана. – Москва, : «Энергоиздат», 1997. -672с.
- 3 Кедровский О.Л. «Комплексы подземного выщелачивания», Москва, : «Недра» 1986г.- 272с.
- 4 Мамилов В.А.«Добыча урана методом подземного выщелачивания», Москва, Атомиздат 1980г.-248с.
- 5 Михайлов Н.Н. Изменение физических свойств горных пород в окопоскважинных зонах Москва, «Недра» 1987г 152с.
- 6 Башкатов А.Д. Сооружение высокодебитных скважин.- Москва, «Недра», 1992г.-109с.
- 7 Сердюк Н.И. Кавитационные способы декольматации области буровых скважин.-М.: ВНИИОЭНТ,2004.-175с.
- 8 Кристиан М., Сокол С., Континеску А. Увеличение продуктивности и приемистости скважин. Москва, «Недра», 1985г. 185с.
- 9 Зинченко В.М., Шапорев А.М., Забазнов В.Л. и др. Основные проблемы и возможные пути восстановления производительности геотехнологических скважин на месторождении Канжуган. //Сборник докладов III Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы урановой промышленности».- Алматы: НАК «Казатомпром», 2005.-578 с.
- 10 Сидоровский В.А. Вскрытие пластов и повышение продуктивности скважин. Москва, «Недра», 1978 г.245с.
- 11 Романенко В.А., Вольницкая Э.М. Восстановление производительности водозаборных скважин.-Л.: «Недра», 1986.-111с.
- 12 Башкатов Д.Н. Олоновский Ю.А. Дрягалин Е.Н. Разглинизация буровых скважин на воду.-Москва.: Колос, 1969.-111с.
- 13 Сулейманов А.Б., Карапетов К.А., Яшин А.С. Практические расчеты при текущем и капитальном ремонте скважин. М: «Недра», 1984. -224 с.
- 14 Оноприенко М.Г. Бурение и оборудование гидрогеологических скважин.-Москва, «Недра», 1978г.-165с.
- 15 Мирзаджанзаде А.Х., Крылов В.И., Аветисов В.И. Теоретические вопросы проведения скважин в поглощающих пластах.-М.: Изд.ВНИИОЭНГ, 1973,-66с.

ГРАФИК
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Современные способы и технические средства восстановления дебита технологических скважин		
Физические методы освоения и восстановления дебита скважин		
Химические методы обработки продуктивных пластов		
Физико-химические методы обработки продуктивных пластов		
Разработка технологии применения при сооружении технологических скважин универсального щелевого фильтра с различной гравийной обсыпкой в кожухе		

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную магистерскую диссертацию с указанием относящихся к ним разделов диссертации

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Современные способы и технические средства восстановления дебита технологических скважин	канд. техн. наук, ассоц. профессор Калиев Б.З.		
Физические методы освоения и восстановления дебита скважин	канд. техн. наук, ассоц. профессор Калиев Б.З.		
Химические методы обработки продуктивных пластов	канд. техн. наук, ассоц. профессор Калиев Б.З.		
Физико-химические методы обработки	канд. техн. наук,		

Разработка технологии применения при сооружении технологических скважин универсального щелевого фильтра с различной гравийной обсыпкой в кожухе	канд. техн. наук, ассоц. профессор Калиев Б.З.		
---	---	--	--

Научный руководитель



(подпись)

Калиев Б.З.

(Ф.И.О.)

Задание принял к исполнению обучающийся



(подпись)

Хембаев А.А.

(Ф.И.О.)

АННОТАЦИЯ

В диссертационной работе на основе анализа исследованы причины выхода из строя технологических скважин. Представлены причины снижения производительности их в призабойной зоне скважин, установлены закономерности возникновения кольматантной зоны и приведен анализ способов восстановления проницаемости рудоносного горизонта технологических скважин, определены условия применения каркасно-дисковых фильтров для снижения количества ремонтно-восстановительных работ (РВР), от которых в значительной мере зависят и срок службы скважины, и ее производительность.

В результате исследований подтверждена принципиальная возможность их применения на технологических скважинах для добычи урановых руд. Полученные результаты могут представлять научный и практический интерес при разработке новых конструкций технологической оснастки для проходки рудных интервалов технологических скважин.

АНДАТПА

Диссертациялық жұмысты талдау барысында технологиялық ұңғымалардың істен шығу себептері зерттелді. Ұңғымалардың түп маңы аймағында олардың өнімділігінің төмендеу себептері көрсетілген, кольматантты аймақтың пайда болу заңдылықтары белгіленген және технологиялық ұңғымалардың кендік горизонттарының өткізгіштігін қалпына келтіру тәсілдеріне талдау жасалынған, жөндеу-қалпына келтіру жұмыстарының (ЖҚК) санын азайту үшін каркас-дискілі сүзгілерді қолдану шарттары анықталған, оларға ұңғыманың қызмет ету мерзімі және оның өнімділігі айтарлықтай тәуелді.

Зерттеулер нәтижесінде аталған мәселелерді уран кендерін өндіру үшін технологиялық ұңғымаларда қолданудың принципті мүмкіндігі расталды. Алынған нәтижелер технологиялық ұңғымалардың кен аралықтарын ұңғылау үшін технологиялық жабдықтардың жаңа құрылымдарын әзірлеу кезінде ғылыми және практикалық қызығушылық танытуы мүмкін.

ANNOTATION

In the dissertation work on the basis of the analysis the reasons of failure of technological wells are investigated. Presents reasons for the decline in the performance of their in the bottomhole zone of Skagen, the regularities of occurrence almatinskoy area and an analysis of ways to restore the permeability of the ore-bearing horizon of technological wells, the conditions for the application of frame and disc filters to reduce the amount of repair and rehabilitation works (RVR), which largely depend on the life of the well, and its performance. As a result of researches the principal possibility of their application on technological wells for production of uranium ores is confirmed. The obtained results may be of scientific and practical interest in the development of new designs of technological equipment for sinking ore intervals of technological wells.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	8
1	Современные способы и технические средства восстановления дебита технологических скважин	9
1.1	Причины выхода из строя и снижение производительности технологических скважин	9
1.2	Физические методы освоения и восстановления дебита скважин	16
1.3	Химические методы обработки продуктивных пластов	23
1.4	Физико-химические методы обработки продуктивных пластов	24
1.5	Обработка прифилтровой зоны гидромеханическими колебаниями	25
1.6	Акустический метод воздействия на продуктивные пласты	29
1.7	Методы и технические средства для ремонтно-восстановительных работ в НАК «Казатомпром»	30
1.8	Систематизация способов восстановления дебита технологических скважин	41
2	Разработка технологии применения при сооружении технологических скважин универсального щелевого фильтра с различной гравийной обсыпкой в кожухе	44
2.1	Разработка эффективной технологии применения при сооружении технологических скважин универсального щелевого фильтра с различной обсыпкой в кожухе	44
2.2	Разработка конструкции фильтра с улучшенными техническими характеристиками	47
	Заключение	51
	Список использованной литературы	52

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Наиболее передовым способом в области добычи урана является подземное скважинное выщелачивание (ПСВ) руд. Подземное выщелачивание металлов и, в частности, урана является одной из разновидностей гидрометаллургического передела руд. Основной ее специфической чертой является осуществление первой стадии передела – извлечение полезного компонента из руд в условиях их естественного залегания. Для обеспечения такой возможности руды должны обладать достаточной проницаемостью и минеральным составом, не требующим создания жестких условий.

Подземное растворение и выщелачивание минералов с использованием скважин уже не одно десятилетие успешно применяется, наряду с традиционными способами добычи полезных ископаемых – открытым и подземным. В частности, так добывается поваренная соль, эффективно используется способ ПСВ при разработке месторождений, представленных слабосцементированными рудами зон окисления и коры выветривания – железных и марганцевых руд, бокситов, кварцевых песков и др. до глубины 1000 м и более. В этих условиях он используется и при добыче урана.

Рудники ПСВ характеризуются по сравнению с традиционными – карьерами, шахтами – меньшими капитальными (в 2 – 3 раза) и эксплуатационными (на 25 – 40%) затратами, возможностью отработки руд, находящихся в сложных горнотехнических условиях и ускорением ввода в строй добычных предприятий. Так способ ПСВ, используемый на казахстанских месторождениях, позволяет запустить новый урановый рудник мощностью 1000т в год практически за 1,5 – 2 года. Поэтому этот прогрессивный способ находит все большее распространение при добыче урана в разных странах, в частности, в России, Узбекистане, Киргизии, Украине.

Важно отметить, что применение ПСВ исключает необходимость использования в подземных условиях людских ресурсов и обеспечивает высокую экологичность.

Основное требование, предъявляемое к технологическим скважинам ПСВ – длительное время эксплуатации (от 1 – 2 до 3 – 5 лет) при сохранении их производительности.

Опыт эксплуатации таких скважин на предприятиях АО «Национальная атомная компания (НАК) «Казатомпром» показывает, что основной причиной снижения их производительности и ресурса являются кольтационные процессы пород в прифилтровой зоне (ПФЗ) скважин и самих фильтров. Это явление известно также по опыту эксплуатации гидрогеологических и нефтяных скважин.

При эксплуатации скважин кольтация происходит постепенно и заключается в зарастании пор и трещин (ПФЗ) скважин и ячеек фильтров

продуктами химических реакций и механическими осадками – песком, глиной и т.д.

Для восстановления проницаемости (ПФЗ) и самих фильтров проводят достаточно трудоемкие ремонтно-восстановительные работы (РВР), от которых в значительной мере зависят и срок службы скважины, и ее производительность.

Вопросам устранения кольматационных процессов в призабойной зоне скважин (ПЗС) посвящен ряд исследований. Однако эти исследования касались нефтедобычных скважин. Отсюда весьма актуальное значение имеют исследования, и разработка средств и технологии способных обеспечить эффективное восстановление дебита технологических скважин при добыче урана.

Объектом исследования является технологические скважины для добычи урана методом подземного скважинного выщелачивания

Предметом исследований являются физико-химические процессы, происходящие в закольматированной прифильтровой зоне технологической скважины.

Целью работы является обоснования параметров восстановления дебита технологических скважин при подземной скважинной добыче урана.

Задачи исследования:

- на основе анализа исследовать причины выхода скважин из строя или снижения их производительности;
- установить закономерность возникновения кольматантной зоны в технологических скважинах.
- обосновать использование конических фильтров на прифильтровую зону технологических скважин для снижения образования кольматантной зоны/

Научная новизна работы заключается в следующем:

- установлена целесообразность применения конических фильтров для снижения кольматации в призабойной зоне рудоносного горизонта и увеличения дебита технологических скважин при добыче урана методом ПСВ;
- теоретически исследованы причины образования кольматации, зависящие от коллекторских свойств призабойной зоны технологических скважин.
- практически изучен процесс изменения проницаемости пористых сред кольматантной зоны через конические отверстия каркасно-дискового фильтра;
- определены рациональные параметры применения каркасно-дисковых фильтров для прифильтровой зоны технологических скважин.

Практическая значимость исследований заключается в получении достоверных результатов в теоретическом и практическом плане, а также в технико-экономическом обосновании применения каркасно-дискового фильтра как наиболее экономически эффективного для повышения дебита технологических скважин.

1 Современные способы и технические средства восстановления дебита технологических скважин

1.1 Причины выхода из строя и снижение производительности технологических скважин

Геотехнологические скважины предназначены для подземного выщелачивания руд и делятся на закачные, через которые производят закачку выщелачивающих растворов, и откачные – для откачивания растворов, насыщенных полезным ископаемым. Оба типа технологических скважин оборудуются фильтрами, устанавливаемыми в зонах продуктивных пластов [1, 2].

Основной причиной снижения производительности откачных скважин в условиях рудоуправлений является механическая и химическая кольматация их фильтров и прифильтровой зоны (ПЗП). Кольматирующим веществом обычно является пластовый песок, частицы глины и продукты химических соединений. Заполнение фильтра механическими взвесями происходит в течение всего периода эксплуатации скважин. Часть взвесей откачивается вместе с раствором, а часть, состоящая из более крупных частиц, оседает и накапливается в отстойнике, а затем и в зоне фильтра [3, 4, 5].

Кольматация пласта в результате попадания в него механических взвесей, может распространяться на некоторые расстояния от стенок скважины и привести пласт в первоначальное состояние бывает очень затруднительно.

К механической кольматации относится, и глинизация фильтра при спуске его в скважину, и глинизация рудного горизонта при его вскрытии с применением глинистого раствора. Образование кольматанта в откачных скважинах обусловлено накоплением на поверхности фильтра пластового песка, частицы глины, продуктов коррозии и химических соединений.

Проницаемость глинистой корки в 10^3 - 10^4 раз меньше проницаемости пласта, поэтому в рудовмещающие породы попадает глинистый раствор, содержащий тонкодисперсные и коллоидные частицы глины, проникающие в пласт. Глинистые частицы набухают в водной среде, и в связи с этим, изменяется внутренняя геометрия порового пространства породы, а её коэффициент фильтрации может уменьшиться в несколько раз [5, 6]. Глинистая корка на стенах скважины с течением времени уплотняется за счёт усиления адсорбционных и молекулярных связей между глинистыми частицами, её удаление представляет значительную сложность [7, 8].

Несоответствие проходных отверстий фильтров гранулометрическому составу пород рудного горизонта вызывает заклинивание или перекрытие отверстий песком, глиной, уменьшая его скважность, что снижает удельный дебит скважины на 20-30%.

Пескообразование в откачных скважинах наблюдается на всех эксплуатируемых месторождениях с разной степенью интенсивности, зависящей от производительности скважин, типа раствороподъёмника,

конструкции фильтров и его параметров, гранулометрического состава песков продуктивного горизонта, минералогического состава пород, концентрации выщелачивающего раствора и технологических этапов выщелачивания.

В большинстве случаев осадки, кольматирующие фильтры и прифильтровые зоны являются многокомпонентными и могут содержать одновременно соли железа, марганца и их гидроксиды, карбонаты кальция или магния, соединения кремнекислоты и сульфиды, а также песок и глину. Они осаждаются на поверхности фильтров и в порах прилегающих пород под действием силы тяжести или адсорбируются под действием поверхностного натяжения[9, 10].

В начальной стадии образования они имеют сравнительно небольшую прочность и легко могут быть удалены при использовании любых методов обработки скважин.

Со временем осадки обезвоживаются и уплотняются. Отложения имеют конгломератовидную структуру и на различных стадиях образования характеризуются разной прочностью и химической активностью.

Образование конгломератообразных осадков связано с процессами химической и механической цементации прилегающих к фильтру рудоносных пород или гравийной обсыпки химическими отложениями. Такие осадки характеризуются высокой прочностью, которая с течением времени увеличивается[11].

В процессе эксплуатации скважин осадки отлагаются на внутренних и наружных поверхностях, и в проходных отверстиях фильтров, между каркасом и водоприёмной поверхностью, в гравийной обсыпке, в породах, прилегающих к фильтру, на насосном оборудовании и подъёмных трубах. Глубина кольматажа прифильтровой области, как правило, невелика и составляет 10-15 см.

Вскрытие пласта практически всегда сопровождается нарушением его естественных фильтрационных свойств в прифильтровой зоне, что обусловлено перемещением частиц породы и проникновением в поровое пространство промывочной жидкости, ее фильтрата и шлама. Поэтому изучение природы загрязнения прифильтровой зоны пласта имеет первостепенное значение в практике бурения технологической скважины [10].

При вращательном бурении проницаемость прифильтровой зоны снижается главным образом в результате проникновения в пласт фильтрата промывочной жидкости и бурового шлама. Это явление обусловлено избыточным гидростатическим давлением в скважине, необходимым для предотвращения обрушения стенки скважины. Усиление процесса кольматации возникает при бурении по глинистым породам, при недостаточной промывке, когда выбуренная порода многократно перетирается на забое скважины[12].

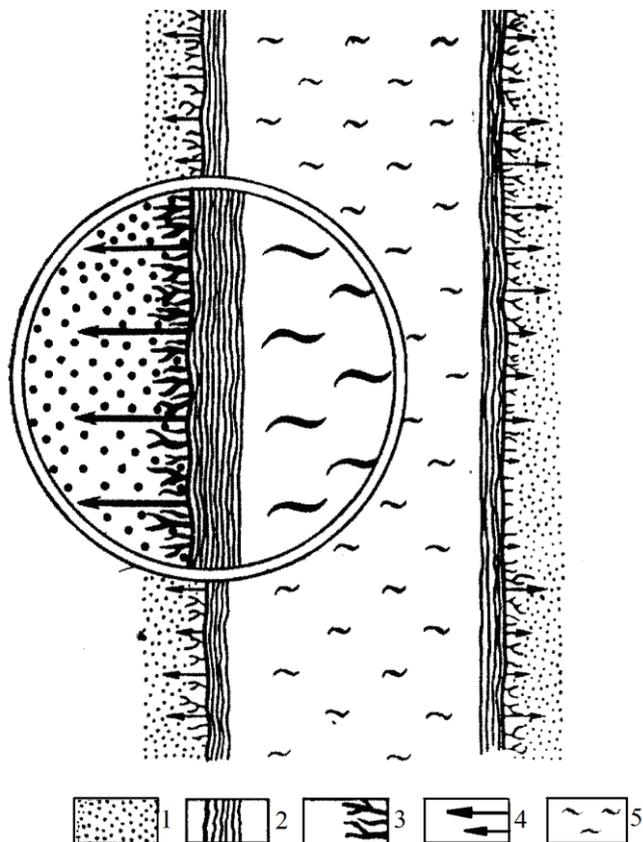
Многочисленные исследования показали, что можно выделить три зоны кольматации стенок скважины промывочными жидкостями [13, 14, 15], рисунок 1:1:

-зона образования глинистой корки;

- зона проникновения раствора в пласт;
- зона проникновения жидкой фазы раствора (фильтрата).

Вместе с раствором в пласт проникают частицы бурового шлама.

Образование глинистой корки происходит вследствие вытеснения фильтрата раствора в поры горной породы и уплотнения в стенки скважины глинистых минералов и частиц выбуренных пород. Через глинистую корку в приствольное



- 1- проницаемая зона; 2-глинистая корка; 3- зона проникновения твердой фазы раствора и шлама; 4- зона проникновения жидкой фазы; 5- раствор.

Рисунок 1.1- Схема кольматации стенок скважин в процессе бурения (по М.Г. Оноприенко)

пространство может пройти только фильтрат раствора и мельчайшие частицы шлама.

При углублении скважины в пластичных глинистых породах буровой раствор, обогащаясь коллоидальной глиной, приобретает свойство склеивать набухшие частицы шлама и откладывая на стенках скважины липкую глинистую корку.

Проникновение в пласт промывочной жидкости, обуславливающее кольматацию призабойной зоны скважины (ПЗС), следует рассматривать с двух позиций:

- как результат механического проникновения в поры и трещины пород бурового раствора;

– как результат физико-химического взаимодействия раствора и породы.

Величина механического проникновения промывочной жидкости в пласт зависит от его вязкостных свойств, фильтрационной способности породы и избыточного гидростатического давления на пласт.

Существуют несколько аналитических зависимостей для определения указанной глубины [14, 15]. Наиболее универсальной является формула А.Х.Мирзаджанзаде [15]:

$$\ell = \frac{\Delta P_0 \sqrt{K}}{\alpha \tau_0}, \quad (1.1)$$

где ℓ - глубина проникновения раствора в пласт;

ΔP_0 - перепад давления на пласт в случае предельного равновесия;

K - проницаемость пористой среды при фильтрации вязкопластической жидкости;

α - безразмерная постоянная, по опытным данным для вязкопластической жидкости ($\alpha = 155 \dots 180$) [16];

τ_0 - предельное напряжение сдвига раствора.

В свою очередь величина ΔP_0 равна:

$$\Delta P_0 = 0,1\gamma h + \frac{2\tau_0 H}{R_c - R_{\text{ок}}}, \quad (1.2)$$

где, γ - удельный вес промывочной жидкости;

h - глубина статического уровня воды в скважине;

H - глубина поглощающего пласта;

$R_c, R_{\text{ок}}$ - соответственно радиусы скважины и бурительной колонны.

Под влиянием разности давлений между пластом и глинистым раствором последний будет проникать в глубь пласта до тех пор, пока разность давлений будет не в состоянии преодолеть сопротивление начального сдвига раствора. При наступлении равновесия проникновение в пласт прекращается.

Зона проникновения фильтрата (жидкой фазы) раствора значительно больше по масштабам, чем зона проникновения промывочной жидкости, т.е. ее твердой и жидкой фазы.

Для расчета глубины R - проникновения фильтрата глинистого раствора пользуются формулой [14]:

$$R = \sqrt{\frac{W}{\pi \alpha_e t} + R_c^2}, \quad (1.3)$$

где W - количество промывочной жидкости, проникающей в пласт;

R_c - радиус скважины, см;

α_e - коэффициент остаточного водонасыщения;

t - пористость пласта.

Горная порода и жидкость, заполняющая ее поры, представляют дисперсную систему, в которой вода и растворимые в ней соли рассматриваются как дисперсионная система, а твердые частицы - как дисперсная система. Поверхностная энергия такой системы измеряется произведением поверхностного натяжения на границе соприкосновения указанных систем на величину суммарной поверхности частиц дисперсной системы [14, 15].

Всякая дисперсная система стремится уменьшить свою поверхностную энергию. В данном случае это происходит в результате уменьшения суммарной поверхности и понижения поверхностного натяжения воды. Совместное действие указанных факторов порождает поглощающую способность системы. Стремление такой системы уменьшить поверхностное натяжение воды приводит к концентрации веществ в слое, непосредственно примыкающем к поверхности дисперсных частиц. Это явление называется положительной адсорбцией.

Глины обладают наибольшей адсорбционной способностью, особенно в диспергированном состоянии. Поэтому они выполняют главную роль в кольматации пор и трещин пород, вскрываемых бурением с промывкой.

Рудный горизонт, представленный рыхлыми отложениями, особенно средне- и мелкозернистыми песками, часто содержат определенное количество глинистых минералов. Глинистые минералы, контактируя с привычными жидкостями, при вскрытии пластов участвуют в сложных физико-химических процессах.

Кольматацию, возникшую в результате набухания глин, присутствующих в продуктивном пласте, устранить невозможно без разрушения скелета грунта.

При взаимодействии пластовой воды и воды, отфильтровавшейся из раствора, в зависимости от разницы их физико-механических свойств может произойти флокуляция - коагуляция коллоидно-дисперсных частиц и оседание их в поровом пространстве [12, 14, 15].

Особенно большое влияние на выпадение в нерастворимый осадок химических соединений оказывает изменение щелочно-кислотных условий, характеризующихся величиной pH, и окислительно-восстановительного потенциала eH. Изменение указанных параметров при смешивании вод приводит к выпадению в осадок одних соединений и растворению других. Обнаружить и устранить химическую кольматацию очень трудно. Поэтому важно, чтобы химический состав и физические свойства пластовой воды и воды, используемой для приготовления бурового раствора, были одинаковыми.

Газовые виды кольматации образуются при взаимодействии растворов кислоты с породами содержащие карбонаты, в условиях образования углекислого газа в пласте, который не имеет возможность высвободиться в атмосферу заполняет поровое пространство, происходящее по следующей химической формуле



где Me – кальций, магний или закисное железо.



Рисунок 1.2 – Погружной насосный агрегат поднятый со скважины с наростами химических осадкообразований

Кольматация продуктивного пласта возникает даже тогда, когда во вскрываемом пласте отсутствуют глинистые частицы, а вскрытие осуществляется с промывкой водой. Такое явление, названное механической кольматацией, обусловлено проникновением в поровое пространство призабойной зоны бурового шлама в результате избыточного давления и поглотительной способности пласта.

При увеличении гидростатического давления на пласт, его поры расширяются. В восходящем от забоя потоке воды содержится определенное количество твердых частиц. Последние, проникая вместе с водой в поры и трещины околоскважинного массива, закупоривают их, вызывая механическую кольматацию.

При снятии избыточного давления на пласт размеры пор призабойной зоны уменьшаются, а проникшие в пласт твердые частицы шлама оказываются заземленными, вследствие чего проницаемость призабойной зоны понижается. Устранить такую кольматацию очень трудно. Для ее уменьшения следует создавать минимально необходимое избыточное давление, предотвращающее обрушение стенок скважины[5,12].

Кольматация фильтров вызывает увеличение гидравлических сопротивлений при пропуске продуктивного раствора в скважину и, как следствие, снижение ее дебита.

Основной причиной снижения дебита технологических скважин является механическая и химическая кольматация их фильтров и прифильтровой зоны. Кольматирующим веществом является пластовый песок и продукты коррозии и химических соединений [13].

Механическая кольматация наблюдается в сетчатых, щелевых, блочных фильтрах вследствие несоответствия проходных отверстий фильтрующих поверхностей гранулометрическому составу продуктивного раствора. В результате такой кольматации проходные отверстия фильтров заклиниваются или перекрываются песком, глиной, удельный дебит снижается на 20-30% [14, 15].

К механической кольматации следует также отнести глинизацию фильтра при установке напротив рудного горизонта. С течением времени глинистая корка на фильтре уплотняется за счет усиления адсорбционных и молекулярных связей между глинистыми частицами, и ее удаление представляет значительную сложность.

При установке фильтра необходимо стремиться к уменьшению его глинизации. Для этого следует опускать фильтр с нижним открытым концом или с промывочными окнами, устанавливая выше фильтра цементный мост, разбуриваемый после установки фильтра, покрывать фильтр специальными составами, растворяемыми после его установки в скважине. Снижению механической кольматации способствует также создание вокруг фильтра правильно выполненной гравийной обсыпки [12, 13].

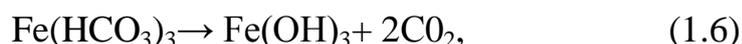
При уменьшении давления воды в ней уменьшается растворимость газов (в основном CO_2), происходит их выделение и нарушается углекислотное равновесие, в соответствии со следующей реакцией:

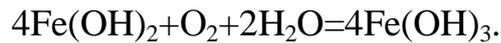


Присутствие в воде катионов кальция и магния приводит к образованию трудно растворимых осадков CaCO_3 и MgCO_3 . Наиболее интенсивно происходит выделение карбонатных осадков в зоне фильтров. В фильтрах, имеющих большие гидравлические сопротивления, возрастают потери давления, что приводит к более активному выделению из воды CO_2 и еще большему увеличению количества карбонатных осадков.

Заращение фильтров и прифильтровых зон карбонатными отложениями происходит в основном в скважинах, заложенных в известняках и доломитах [4, 9].

Наиболее распространенными кольматирующими отложениями являются железистые осадки, которые выделяются при заборе подземных вод, содержащих закисное железо. Переход железа из закисного в окисное и выпадение в осадок происходит при наличии в воде растворимого кислорода. Этому также способствует выделение CO_2 и повышение рН воды вследствие нарушения углекислотного равновесия:





Гидрат окиси железа, имеющий студнеобразный вид, отлагается на поверхности фильтров и в поровом пространстве прифильтровых зон пласта.

1.2 Физические методы освоения и восстановления дебита скважин

В эту группу входят гидравлические, механические и гидроимпульсные методы воздействия на фильтры, прифильтровую зону.

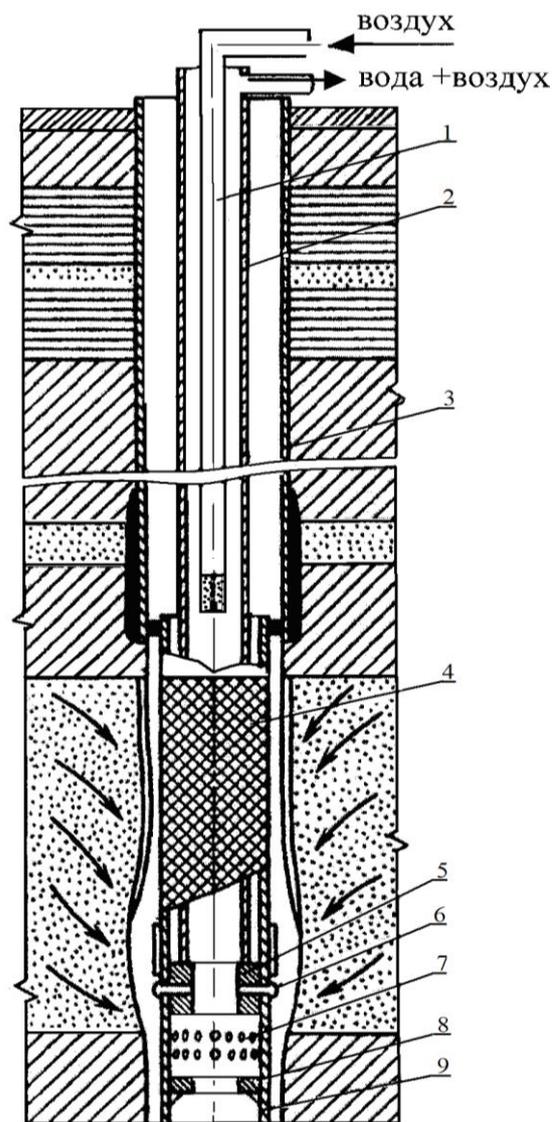
Гидравлические методы основаны на размыве глинистой корки струей воды и создании перепада давлений в системе пласт - скважина. В результате происходит обрушение заглинизированной зоны ствола. Гидравлические методы применяются для разглинизации высоконапорных пластов и осуществляются по следующим технологическим схемам.

Промывка зафильтрового пространства через башмак отстойника фильтра заключается в том, что вода нагнетается по бурильным трубам, соединенным с крышкой отстойника, в которую вмонтирован обратный клапан. В результате поток воды устремляется в кольцевой зазор между фильтром и стенками скважины, размывая и удаляя глинистую корку. По окончании разглинизации бурильные трубы вывинчивают, а дно отстойника засыпают гравием.

Откачка эрлифтом или струйным насосом создает понижение столба жидкости в скважине. Тем самым создаются условия, при которых пластовое давление становится больше гидростатического давления столба жидкости в скважине. Под действием возникшего перепада давления глинистая корка разрушается, удаляются при откачке.

Метод разглинизации пластов обратновсасывающей промывкой, разработанный ВСЕГИНГЕО заключается в удалении породы (обрушенной в зафильтровом пространстве) через специальные окна в период откачки, рисунок 1.3.

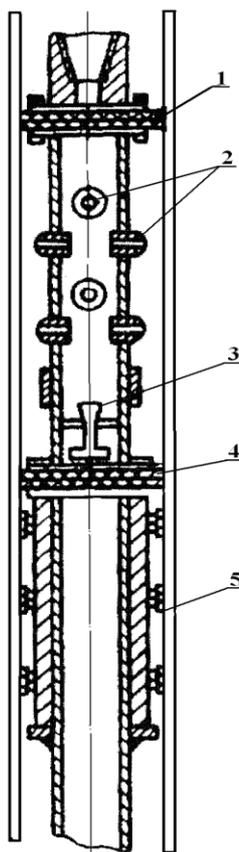
Для этого в обсаженную кондуктором 3 скважину между фильтром 4 и отстойником монтируют устройство, состоящее из насадки 9 с упорным кольцом 8, промывочных окон 7, скользящей втулки 5, которая фиксируется срезными штифтами 6. В процессе откачки эрлифтом 1 вследствие понижения уровня воды создается перепад давления в системе пласт - скважина. В результате происходит обрушение стенок и удаление породы вместе с жидкостью через промывочные окна 7 и водоподъемную колонну 2 на поверхность. После окончания разглинизации ударом водоподъемной колонны 2 по скользящей втулке 5 срезают штифты 6. Втулка перемещается вниз, перекрывая окна 7.



1 – эрлифт; 2 – водоподъемная колонна; 3 – кондуктор; 4 – фильтр; 5 – втулка; 6 – срезные штифты; 7 – промывочные окна; 8 – упорное кольцо; 9 – насадка.

Рисунок 1.3 - Схема разглинизации пластов обратнo-всасывающей промывкой (метод ВСЕГИНГЕО)

Гидроерши также используют для удаления глинистого раствора из пространства между рабочей частью фильтра и водоносным пластом и размыва глинистой корки. Гидроерш Ф.И. Письменского и И.Р. Мельникова (рисунок 1.3) состоит из следующих узлов: верхнего 1 и нижнего 4 поршней с грузом для создания гидравлического удара в рабочей части фильтра, приемного клапана 3, механического ерша 5 для очистки внутренней поверхности фильтра и гидравлических насадок 2. Устройство на бурильных трубах опускают в скважину без верхнего поршня 1 и придают ему возвратно-поступательное перемещение.



1 – поршень; 2 – гидравлическая насадка; 3 – приемный клапан; 4 – поршень; 5 – механический ерш.

Рисунок 1.4- Схема гидроерша и свабирования

Нижний поршень с приемным клапаном представляет собой сваб, с помощью которого жидкость перемещается в надпоршневое пространство и создается перепад давления в системе пласт - скважина. С установленным верхним поршнем устройство используется для промывки рабочей поверхности фильтра и стенок скважины в пространстве между поршнями высоконапорными струями воды, выбрасываемыми через гидронасадки.

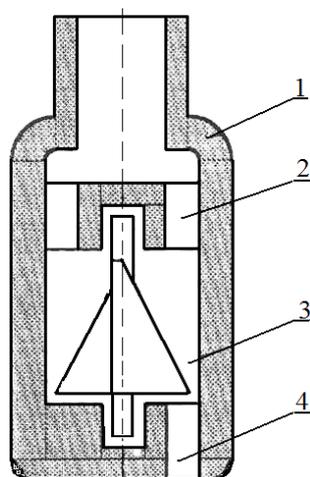
Свабирование заключается в том, что при возвратно-поступательном перемещении сваба, (поршень 4 с клапаном 3), жидкость порциями перемещается в надпоршневое пространство. В результате создается депрессия на продуктивный пласт, вызывающая приток раствора или воды из пласта в скважину, обеспечивающий очистку фильтра и призабойной зоны скважины от кольматанта. Свабирование наиболее эффективно при освоении напорных водоносных пластов при глубине их залегания свыше 100 м.

Механические методы освоения водоносных или продуктивных пластов заключаются в разрушении зоны глинизации лопастным расширителем. Образовавшаяся каверна заполняется гравийной обсыпкой. Для очистки рабочей поверхности фильтра от осадков применяются механические ерши.

Гидроимпульсные методы освоения скважин наиболее эффективны и заключаются в воздействии ударных волн на эксплуатируемый продуктивный

пласт в сочетании с откачкой. Средства для создания гидроимпульсов могут быть самыми различными: вибрации, откачка эрлифтом с прерывателем потока жидкости, электровзрыв, пневмовзрыв, взрыв заряда твердых ВВ, свабиrowание и т.д.

Гидроимпульсный генератор упругих волн состоит из корпуса, входного и выходных каналов, вращающейся крыльчатки, установленной внутри его, и узла фиксации генератора в колонне насосно-компрессорных труб с уплотнительными элементами. Выходные каналы на дне корпуса генератора имеют резьбу для использования различных насадок с разными проходными сечениями. Расположение их и конфигурация крыльчатки выполнены таким образом, что при вращении крыльчатки под напором потока жидкости попеременно открывается полное проходное сечение только одного канала. Площадь проходного сечения канала всегда меньше площади сечения входного канала. Между дном корпуса и основанием крыльчатки имеется зазор. Он заполнен рабочей жидкостью для компенсации давления этой же жидкости на лопасти крыльчатки. Данный аппарат повышает эффективность воздействия обработки призабойной зоны пласта вибровоздействием. Конструкция аппарата представлена на рисунке 1.5.



1-корпус; 2-входные каналы; 3-крыльчатка; 4-выходные каналы

Рисунок 1.5 – Конструкция гидроимпульсного генератора упругих волн

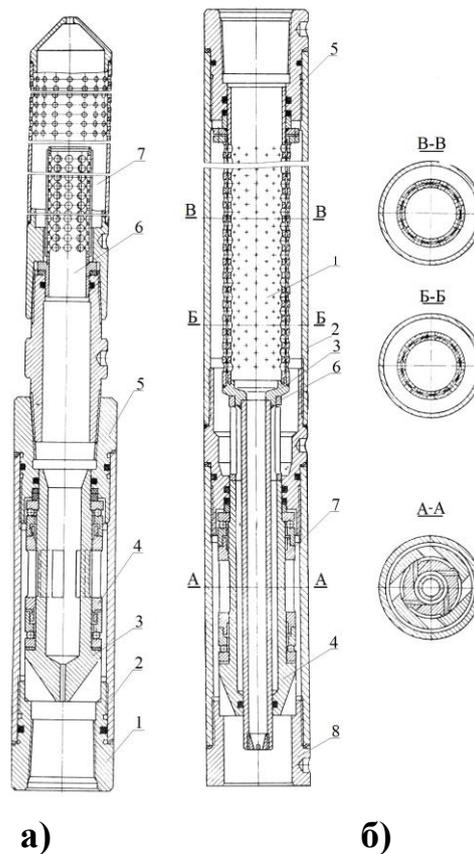
Наибольшую апробацию прошли методы виброволнового воздействия на призабойную зону скважин с помощью скважинных гидравлических золотниковых вибраторов.

Принцип вибрационного воздействия основан на переобращении кинетической энергии жидкости в упругие колебания. В основном для переобращенной энергии применяются гидравлические золотниковые типа ГВЗ, которые спускаются в скважину на насосно-компрессорных трубах на глубину продуктивного пласта. Частота и амплитуда гидравлических волн зависят от расхода жидкости. Рабочий диапазон частот колеблется в пределах

100-150 Гц, амплитуда давления доходит до 15 МПа, расход жидкости – $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$.

Конструкция вибратора ГВЗ – 108 представлена на рисунке 1,6а. Оно состоит из переходника 1, соединяемого с отводящими трубами. Переводник ввернуть в корпус 2, в котором расположен ствол 3, с самовращающимся шибером 4. Затем ствол нижним переводником 5 соединяется с фильтрующим блоком 6, защищенным кожухом 7.

Для заполнения песком создавшиеся трещины на стенках скважины под действием гидроимпульсов, спроектирован вибратор с фильтрующим устройством ВФ – 108, рисунок 1,6б.



а– вибратор ГВЗ– 108; б –вибратор с фильтрующим устройством ВФ – 108.
Рисунок 1.6- Вибраторы с большой амплитудой импульсного давления

На рисунке 1,7 изображена схема гидродинамического ударного клапана. При появлении воды с достаточным расходом, из–под клапана начинается истечение воды с возрастающей во времени скоростью, при котором повышается давление под клапаном. Когда сила давления на клапан превышает его вес, клапан захлопывается, и истечение воды через клапан прекращается. Спустя некоторое время давление под клапаном падает до первоначального уровня, клапан под своим весом опускается и открывает истечение воды с возрастающей скоростью. Этот процесс происходящий при внезапном

изменении скорости движущейся жидкости вызывает гидравлический удар, волна которого распространяется в сторону и вниз в скважину, доходит до фильтра.

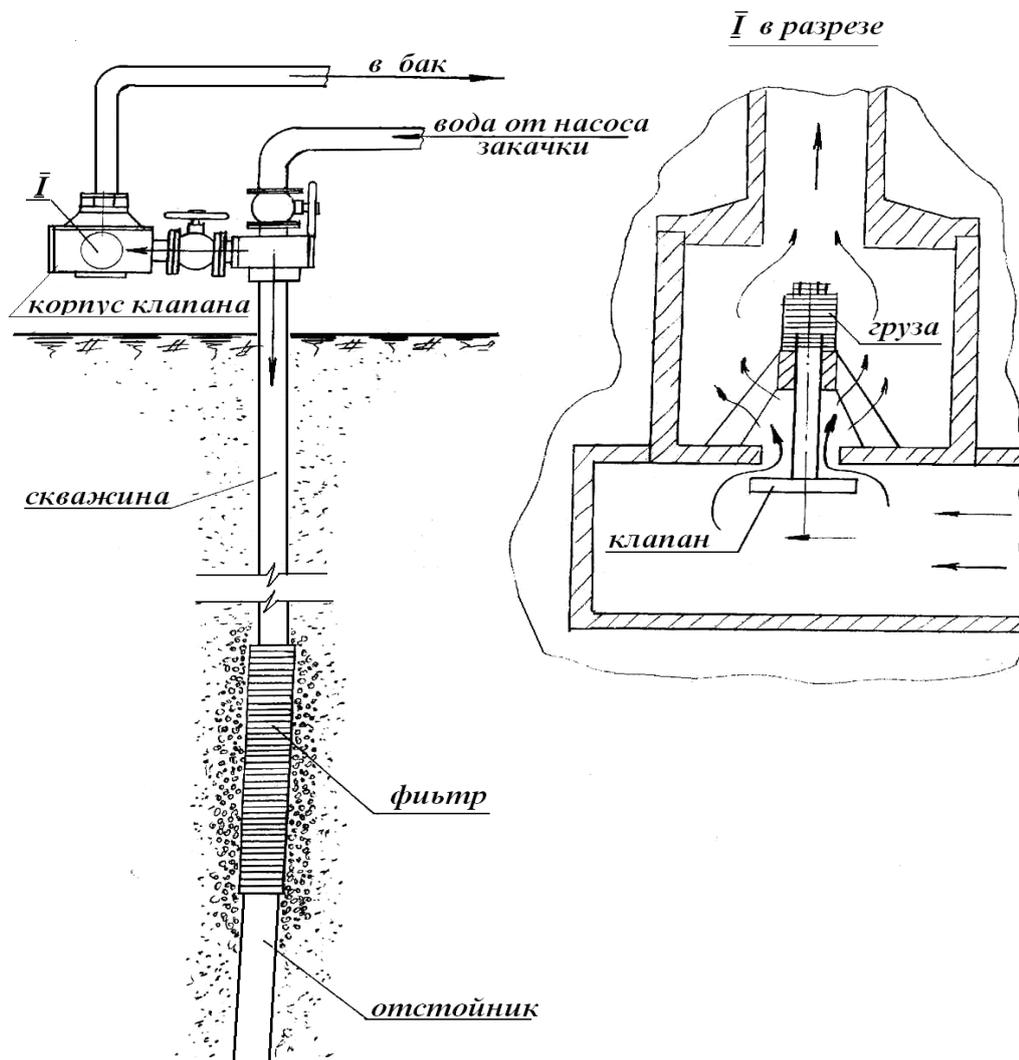
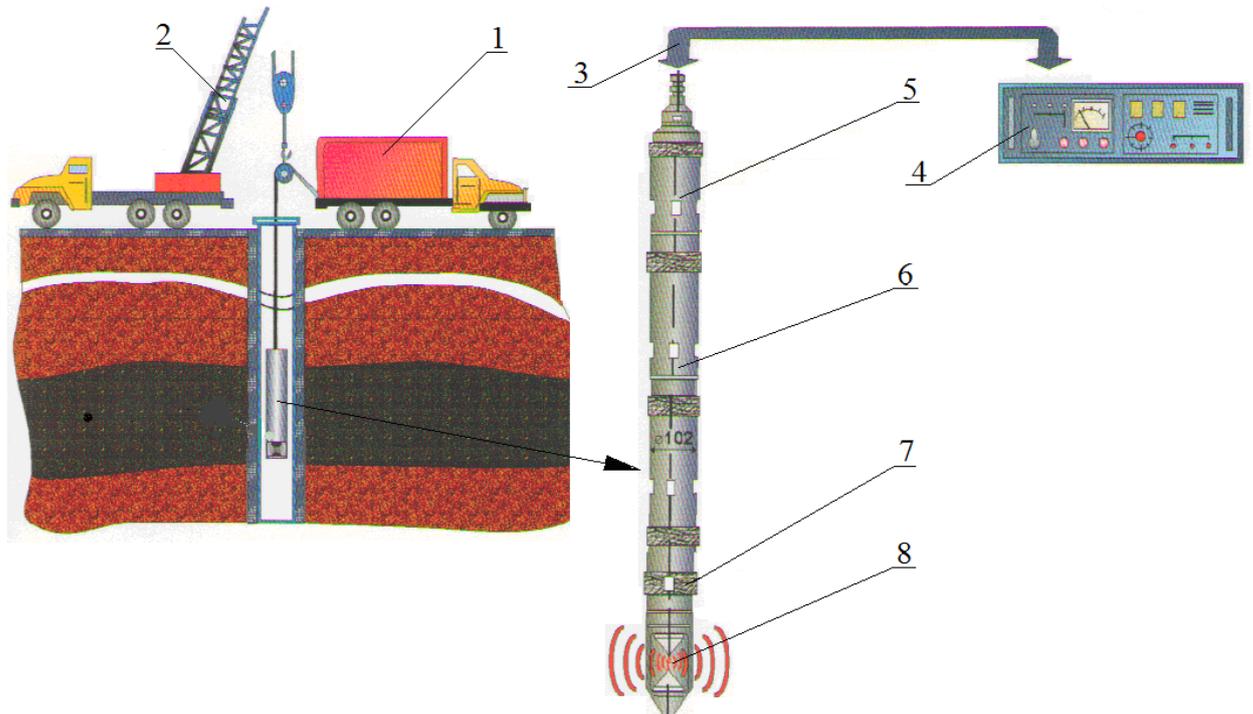


Рисунок 1.7 - Схема работы гидродинамического ударного клапана

Электровзрывной (электрогидравлический) метод обработки скважин основан на импульсном выделении электрической энергии в виде искрового разряда. Для реализации метода используются генераторы импульсов тока с накопителем электрической энергии в виде конденсаторной батареи. При высоковольтном электрическом разряде внутри фильтра возникает ударная волна, которая, распространяясь в радиальном направлении, разрушает осадки на поверхности фильтра и стенках скважины. Последующее движение воды при захлопывании парогазового пузыря вызывает отделение разрушенных осадков и глинистых частиц и их вынос в ствол скважины.

Электроразрядное устройство для обработки призабойных зон скважин. В скважине, заполненной жидкостью, высоковольтным импульсным разрядом возбуждают циклические волны сжатия и гидротоки, которые разрушают отложения в зоне перфорационных отверстий, развивают старые и образуют

новые трещины в породе, что приводит к перемещению жидкости в зону активного дренирования. Реализуется мобильным скважинным устройством. Схема метода электроразрядной обработки призабойных зон скважин представлена на рисунке 1.8.



1 - Установка геофизическая; 2 - Автокран; 3 - Кабель; 4 - Наземный блок управления; 5 - Зарядно управляющий блок; 6 - Конденсаторный накопитель энергии; 7 - Блок разрядника; 8 - Излучатель электроразрядных импульсов.

Рисунок 1.8 - Схема работы электроразрядного устройства для обработки призабойной зоны скважины

Преимущества электровзрывного метода заключаются в возможности многократного воспроизведения электрических разрядов и плавного регулирования гидродинамических параметров путем изменения емкости и напряжения конденсаторов. Недостаток метода - сложность применяемого оборудования.

Пневмовзрывной способ освоения водоносных пластов основан на применении скважинных пневмоснарядов, обеспечивающих быстрый выпуск сжатого воздуха давлением до 10-12 МПа. В результате в жидкости возникают волны давления, разрушающие глинистые и химические осадки на фильтре и стенках скважины. Существенное преимущество пневмовзрывного способа - возможность регулирования частоты и интенсивности выхлопов сжатого воздуха, доступность и безопасность рабочего тела воздуха, недостаток - сложность применяемого оборудования, невозможность применения в технологических скважинах с обсадкой из полиэтиленовых труб.

Взрыв заряда твердых взрывчатых веществ (торпедирование) применяется для освоения водоносных горизонтов, представленных как неустойчивыми, так и крепкими трещиноватыми породами. Возникающая при взрыве ударная волна очищает рабочую поверхность фильтра и, распространяясь далее в пространстве за фильтром, деформирует глинистую зону водоносного пласта. При разрыве газового пузыря возникает депрессия на пласт, и смесь глинистого раствора с песком устремляется внутрь фильтра. Пульсация газового пузыря способствует интенсивной разглинизации пласта.

Для проведения взрывных работ изготавливают специальные торпеды, представляющие собой цилиндр с центрирующими фонарями. Внутри цилиндра находится заряд взрывчатого вещества.

Для разглинизации водоносных песков в качестве ВВ используется детонирующий шнур. Торпеду опускают в скважину на электрическом кабеле. С помощью электродетонатора торпеда взрывается, и скважина очищается от разрушенной породы. Недостатком метода являются повышенные требования к технике безопасности и сложность его применения при оборудовании скважины пластмассовыми трубами.

1.3 Химические методы обработки продуктивных пластов

На зарастание фильтров большое влияние оказывает наличие в подземных водах сероводорода H_2S . Содержание гидросульфитов HS приводит к образованию труднорастворимых и непроницаемых сернистых отложений железа, меди, цинка в результате реакции подземных вод с материалом каркаса фильтра. Сульфиды металлов в виде корковидных наростов черного цвета образуют прочное пленочное покрытие на сетках, проволочных обмотках, каркасах фильтров и способствуют их постепенному разрушению. Следует отметить, что сернистые отложения не откладываются в прифильтровых зонах пласта [3, 5].

Для борьбы вышеприведенными явлениями широко применяются химические методы [2]. Сущность их заключается в воздействии на фильтр и прифильтровую зону реагентов, растворяющих кольматирующие вещества. Кроме того, реагенты могут воздействовать на более удаленную зону пласта, формируя в породе новые фильтрационные каналы. В качестве химических реагентов применяют соляную кислоту, глинокислоту (смесь плавиковой и соляной кислот), дитионит натрия $Na_2S_2O_4$, триполифосфат натрия $Na_5P_3O_{10}$ и др.

Выбор метода кислотной обработки скважин зависит от конструкции фильтров, химического состава отложений. В настоящее время применяются два основных метода: кислотная ванна и задавливание кислоты за контур фильтра сжатым воздухом. Метод кислотной ванны заключается в том, что в скважину по трубкам заливают реагент, который под влиянием большой

плотности и процессов диффузии проникает за контур фильтра и растворяет осадки.

Наиболее часто применяется солянокислотная обработка пластов, представленных карбонатными породами. В результате химической реакции образуются растворимые в воде соли CaCl_2 и MgCl_2 , которые удаляются из пор и трещин пласта при откачке воды. Для разглинизации используется 10-15%-ный раствор HCl , нагнетаемый в скважину по трубам, в фильтровую часть. Химическая обработка закольматированной рудоносной зоны может осуществляться по трем технологическим схемам: создание реагентной ванны в фильтровой части скважины; обработка прифильтровой зоны с однократным вытеснением реагентного раствора из ствола в пласт; многоциклическая схема с периодическим перемещением раствора от ствола в прифильтровую зону и в обратном направлении.

Для химической обработки скважин используется типовое химическое оборудование (резервуары, насосы), защищенное специальными покрытиями. Работы с химическими реагентами ведутся после инструктажа по технике безопасности в спецодежде: резиновый костюм, перчатки, сапоги, противогаз. Химическую обработку скважины следует выполнять в строгом соответствии с проектом работ и требований охраны природы. Недостатком химических методов является ограниченная область применения, повышенные экологические опасности и требования к технике безопасности.

1.4 Физико-химические методы обработки продуктивных пластов

К этой группе относятся термореагентный, виброреагентный, термовиброреагентный и другие методы. [7,8,9].

Термореагентный метод основан на интенсификации процесса растворения кольматирующих соединений путем использования разогретого раствора, поступающего в фильтровую часть скважины. При солянокислотной обработке в качестве термореагента (вещество, взаимодействующее с химическим реагентом с выделением тепла) обычно используется металлический магний.

Виброреагентный метод основан на одновременном воздействии химического реагента и вибраций на прифильтровую зону. В результате интенсифицируется процесс растворения в зоне контактирования реагента с кольматантом. Технологическая схема декольматации этим методом заключается в том, что в скважину, оборудованную вибратором с рабочим органом обычного типа через устье подается реагентный раствор, затем осуществляется вибрирование. Применение виброреагентного метода позволяет увеличить удельные дебиты скважин в 1,5-1,7 раза. Метод весьма перспективен для широкого использования в практике восстановления водоотдачи водозаборных скважин.

Термовиброреагентный метод усиливает эффект применения виброреагентной обработки скважин за счет подогрева реагентного раствора в

призобойной части до температуры 60-80°C. Подогрев осуществляется скважинными электронагревателями или с помощью терморегентов.

Пневморегентный метод представляет собой рациональное сочетание химической обработки и пневмовзрыва. В результате пульсирующее воздействие газовой полости на закольматированную зону дополняется растворяющим воздействием химического реагента.

Недостатки физико-химических методов аналогичны химическим методам освоения пластов.

1.5 Обработка прифилтровой зоны гидромеханическими колебаниями

Более подробно остановимся на группе физических методов, указанных в названии подраздела.

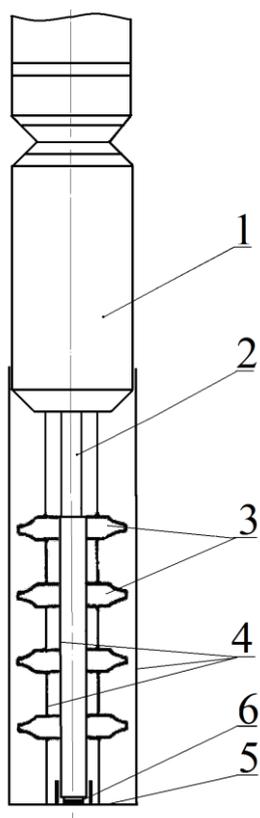
При механических колебаниях столба жидкости внутри скважины возникают знакопеременные гидродинамические давления или кавитация, разрушающее воздействие которых с одновременной откачкой или промывкой скважины вызывает разжижение грунта и вынос из призобойной зоны мелких фракций водоносного пласта (кольматант) [9,10].

Механические колебания столба жидкости с частотой до 1000 Гц могут создаваться механическими или гидравлическими вибраторами. Механические колебания с частотой более 1000 Гц создаются ультразвуковыми генераторами различных типов.

При обработке скважин действием механических колебаний разрушаются кольматирующие отложения в прифилтровой зоне, нарушаются структурные связи между кольматантом и пористым пластом, удаляется кольматант в ходе прокачки скважины при незначительном (до 30%) уплотнении пород или гравийной обсыпки. Указанные методы восстановления производительности скважин предпочтительно применять при небольших зонах кольматации пород (до 20 см от стенки фильтра) и слабосцементированных кольматирующих осадках.

Ниже рассмотрены методы, основанные на передаче столбу жидкости в скважине механических колебаний.

Вихревой скважинный аппарат [13] выполнен на основе устанавливаемого внутри фильтра погружного насосного агрегата типа АП или ЭЦВ с водозаполненным электродвигателем (рисунок 8). Вал электродвигателя имеет шлицевое соединение с пропущенной через пятую электродвигателя штангой 2. В месте сопряжения вращающейся штанги 2 с пятой электродвигателя установлено сальниковое уплотнение. На штанге через 0,4-0,5 м закреплены радиально расположенные пластинчатые лопасти 3, имеющие на концах криволинейное сужение. Вал 2 с лопастями 3 заключен в стержневой цилиндрический каркас 4, предотвращающий касание лопастями поверхности фильтра. Основание каркаса 4 выполнено в виде диска 5 с подпятником 6 для вала 2.

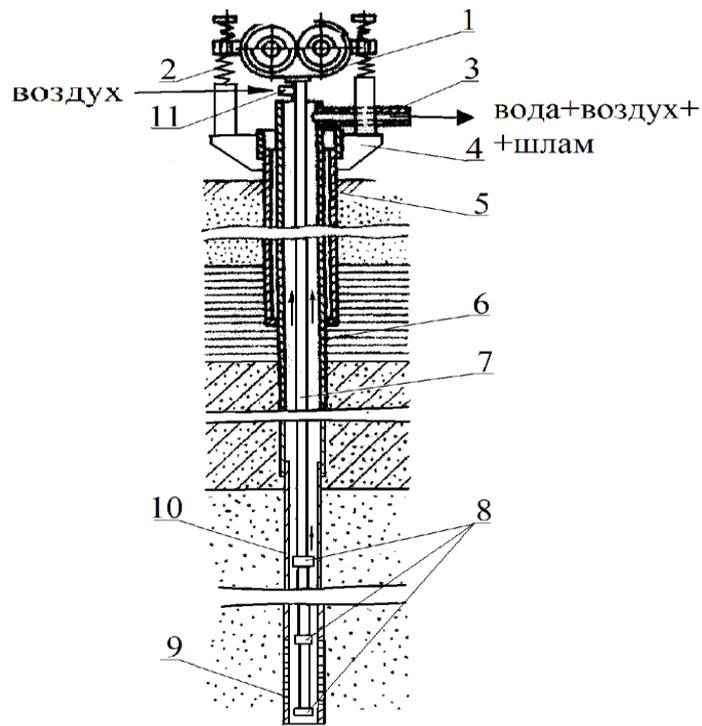


1 - насос; 2 - вал; 3 - пластинчатые лопасти; 4 - стержневой каркас;
5 - опорный диск; 6 – подпятник.

Рисунок 1.9 - Вихревой скважинный аппарат

При обработке скважины аппарат устанавливается на напорной трубе в верхней части фильтра, после чего включается насос 1. При вращении вала 2 на концах его лопастей, имеющих криволинейную форму, происходит образование вихрей. Воздействие вихревых пульсирующих токов воды обеспечивает разрушение, диспергирование и вымывание малопрочных слабощементированных кольматирующих отложений. Одновременно при работе аппарата скважинная вода вместе с находящимся в ней диспергированным шламом, отделившимся от фильтра под действием вихревых пульсирующих токов жидкости, откачивается насосом 1 из скважины и по нагнетательной трубе выносится к устью скважины.

Гидровибрационный метод заключается в том, что одновременно с промывкой или откачкой на водоносный пласт и фильтр воздействуют гидравлические импульсы, которые возбуждаются в столбе жидкости рабочим органом (рисунок 9), представляющим собой трубу 7 с дисками 8. Рабочий орган совершает продольные колебания с амплитудой 5-10 мм при частоте 10-14 Гц с помощью вибратора, расположенного на поверхности. Возникающие перепады давления в пределах 0,2-0,5 МПа достаточны для эффективной разглинизации зоны водоносного пласта и фильтра [11,12].



1 - вибратор; 2 - амортизационные пружины; 3 - патрубок для вывода воды со шлам; 4 - опорная рама; 5 - обсадная труба; 6 - эксплуатационная труба; 7 - насосно-компрессорная труба; 8 - диски; 9- водоносный пласт; 10 - фильтр в скважине; 11 - патрубок для подачи воздуха

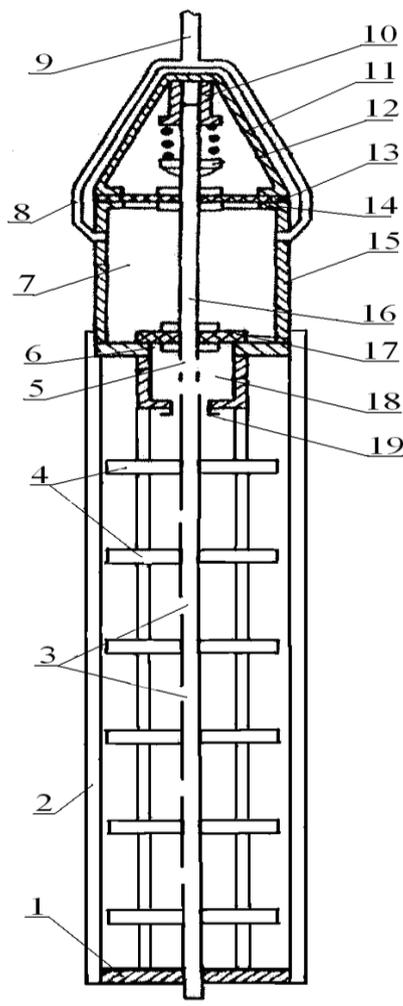
Рисунок 1.10 - Схема вибрационного метода повышения дебита скважин

Гидравлический вибратор [13] может быть использован в комплекте с промывочными насосами, создающими давление в 3-10 МПа. Гидравлический вибратор (рисунок 1.11) выполнен в виде цилиндрического корпуса 15, внутри которого между фланцами 14 жестко закреплена мембрана 13, из упругой стали или резины. Через мембрану 13 по оси корпуса пропущена труба 16, жестко закрепленная на мембране. На трубе 16 установлен перепускной клапан 17, который перекрывает отверстие 6 в основании корпуса 15. Клапан 17 прижат к седлу пружиной 11, расположенной между направляющей трубкой 10 и кольцом 12, прикрепленным к трубе 16. Подача воды в полость 7 между мембраной 13 и клапаном 17 производится по трубкам 8, сообщающимся с буровой трубой 9, присоединенной к насосу высокого давления, расположенному на поверхности земли вблизи устья скважины.

Под отверстием 6 установлена замкнутая камера 18, через основание которой проходит труба 16; при этом место стыка снабжено сальником 19, предотвращающим утечку воды. Внутри камеры 18 труба 16 имеет на боковой поверхности входные отверстия 5. За пределами камеры 18 на трубе 16 установлены с интервалом 40-50 см диски 4, диаметром на 0,5-1,0 см меньше диаметра фильтра. Между дисками 4 на боковой поверхности трубы 16 находятся выходные отверстия 3. Труба 16 с дисками 4. заключена в цилиндрический стержневой каркас 2, служащий для предотвращения касания

дисками 4 боковой поверхности фильтров. Каркас 2 сверху крепится к корпусу 15, а снизу - к опорному диску 1.

Скважинный аппарат монтируется на колонне буровых труб 9 и устанавливается внутри фильтра скважины, после чего вода нагнетается насосом по трубе 9 и трубкам 8 в полость 7. Под действием давления воды мембрана 8 отжимается, и жестко связанный с ней клапан 17 открывает отверстие в днище корпуса 15. Вода устремляется в камеру 18, входит в отверстие 5, проходит по трубе 16 и выбрасывается из отверстий 3, расположенных между дисками 4. После этого давление воды в полости 7



1 - опорный диск; 2 - стержневой каркас; 3 - выходные отверстия; 4 - диски; 5 - входные отверстия; 6 - отверстие; 7 - полость; 8 - распределительные трубки; 9 - буровая труба; 10 - направляющая трубка; 11 - пружина; 12 - опорное кольцо; 13 - упругая мембрана; 14 - фланцы; 15 - цилиндрический корпус; 16 - труба; 17 - клапан; 18 - замкнутая камера; 19 – уплотнение.

Рисунок 1.11- Гидравлический вибратор для обработки фильтров

падает, и под действием пружины 11 мембрана 13 и клапан 17 возвращаются в начальное положение, перекрывая отверстие в днище корпуса. Затем цикл повторяется в той же последовательности.

При вибрации трубы 16 с дисками 4 в воде, заполняющей фильтр, образуются гидродинамические импульсы с давлением 0,2-0,5 МПа. При одновременном воздействии импульсных высокочастотных нагрузок и высоконапорных пульсирующих струй воды кольматирующие фильтр и прифилтрованную зону отложения разрушаются, диспергируются и выносятся с потоком воды через затрубное пространство.

После обработки первой зоны фильтра, соответствующей длине трубы 16 наращивают колонну труб 9 на указанную длину и производят обработку следующего интервала фильтровой трубы. Таким образом, фильтр скважины обрабатывают по всей длине.

Недостатком аппарата являются относительно большие габариты, большой расход воды для его работы и невозможность его применения для разглинизации фильтров диаметром менее 100 мм, что характерно для конструкций геотехнологических скважин.

1.6 Акустический метод воздействия на продуктивные пласты

Разновидностью методов, основанных на использовании гидромеханических колебаний для освоения скважин, является акустический метод, разработанный под руководством А.Б. Мещенского [12,13].

Для реализации способа создана установка УЗРС, смонтированная на автоприцепе грузоподъемностью 4 т. В комплект установки входят генератор тока высокой частоты ВПЧ-30/8000. Щит управления и контроля, электролебедка с силовым кабелем типа КРИТ для питания излучателей ультразвукового снаряда, центробежный насос для водяного охлаждения преобразователя частоты, проволочный ерш для обработки внутренней полости фильтра, два резиновых шланга длиной по 150 м, вентилятор и электронагреватель.

Основным рабочим органом установки является ультразвуковой снаряд. Он состоит из двух магнестрикционных излучателей, соосно закрепленных на стальной опорной трубе. Излучатели представляют собой полые цилиндры, набранные из плоских никелевых колец толщиной 0,1-0,2 мм. Внешний диаметр излучателя 220 мм, внутренний 150 мм, высота активной части 250 мм. Резонансная частота питающего тока 8 кГц. Обмотка излучателей выполнена в закрытых вертикальных пазах. При испытаниях установка дала положительные результаты.

Однако установка имеет высокую стоимость, значительную массу и поперечные размеры, что ограничивает ее область применения.

Скважинный гидроакустический генератор предназначен для освоения скважин и интенсификации притока жидкости, комплексной обработки продуктивного пласта, эксплуатационных скважин с использованием гидроакустической волновой энергии [9, 14, 15]. Скважинный гидроакустический генератор содержит корпус, вихревую камеру с

тангенциальными каналами, камеру предварительного закручивания потока с тангенциальными каналами. Тангенциальные каналы вихревой камеры и камеры предварительного закручивания потока имеют одинаковое вращательное направление. Гидроакустический генератор выполнен с возможностью секционирования и регулирования направленности излучения. Снижаются гидравлические потери в устройстве, происходит повышение гидроакустической мощности, интенсификации притока жидкости за счет генерирования и воздействия мощной гидроакустической энергии направленного излучения и модулированных волн.

Большинство из выше рассмотренных устройств и систем рассчитаны для использования в условиях нефтяных и гидрогеологических скважин, эксплуатационные колонны которых состоят из стальных труб большой прочности и диаметра. Поэтому использования рассмотренных технических средств в условиях технологических скважин НАК «Казатомпром», которые оборудованы трубами из ПВХ и ПНД, и ограничены внутренним диаметром в пределах 74мм, не представляется возможным.

1.7 Методы и технические средства для ремонтно-восстановительных работ в НАК «Казатомпром»

Различные виды ремонтных работ и методы их выполнения требуют наличия различного оборудования и вспомогательных устройств.

При капитальном ремонте скважин в основном используется серийно выпускаемое буровое оборудование и инструмент. Предпочтение отдается легким самоходным передвижным установкам типа УРБ-2, УКБ-200 и др.

Для выполнения работ по восстановлению производительности скважин применяется самое разнообразное оборудование, начиная от очистки скважин от песка и кончая химической проработкой прифилтровой зоны.

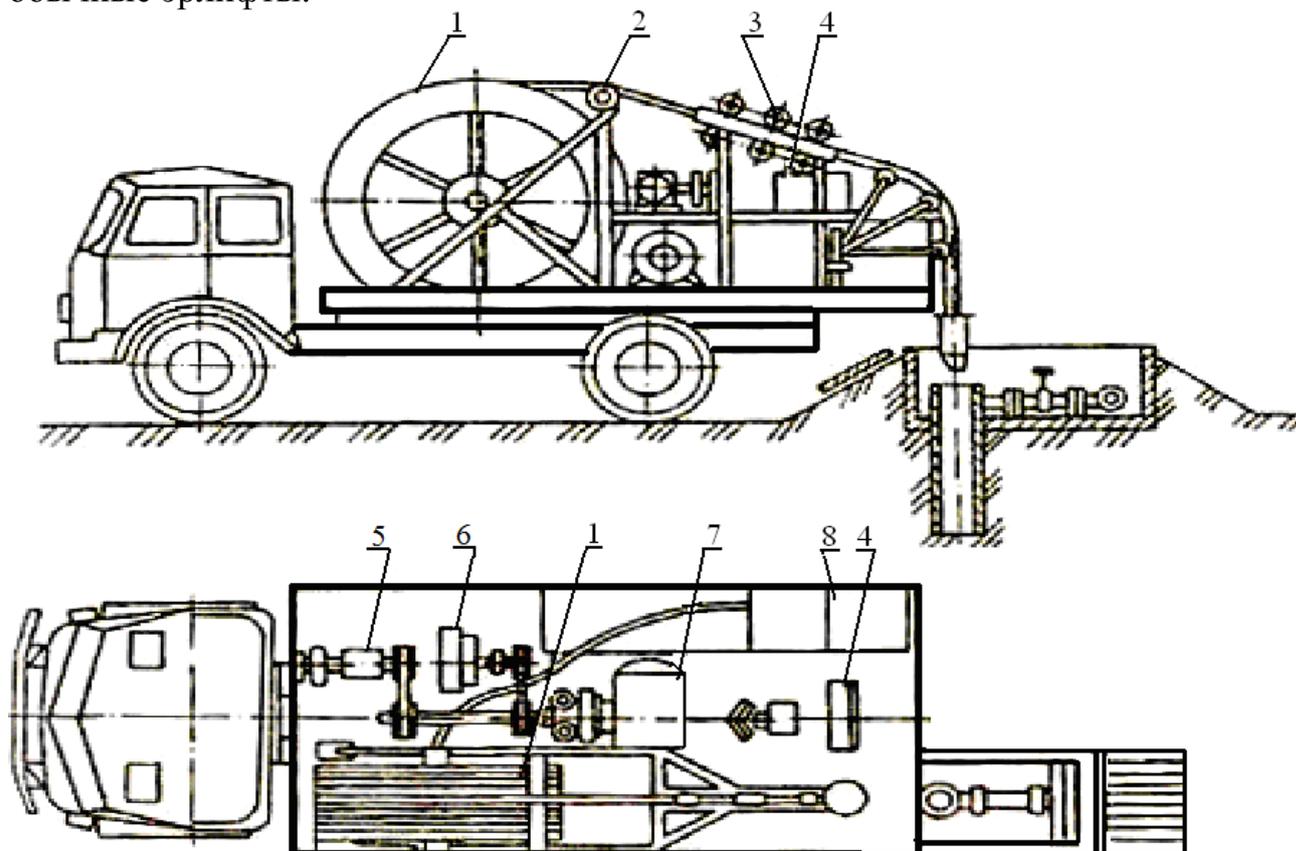
Для чистки скважин от песка широко применяется разработанная на добычных предприятиях установка УОС [14] (рисунок 1.12). Установка смонтирована на автомобильной базе и содержит барабан с навитым на него раствороподъемным и воздухоподающим шлангами, шлангоукладчик, подающее устройство, емкость для сбора раствора, центробежный насос и пульт управления.

В рудоуправлениях используется установка УОС, смонтированная на автомобильном прицепе с приводом от электродвигателя [14].

Техническая характеристика установки УОС с компрессором НВ-10 приведены в таблице 1.

Высокая производительность установки обеспечивается минимальным временем спускоподъемных операций и производительной технологией размыва, когда нижний торец раствороподъемной трубы непосредственно сближен с песчаной пробкой. В среднем очистка одной скважины

обеспечивается за 3-4 часа. Для чистки скважин от песка используются и обычные эрлифты.



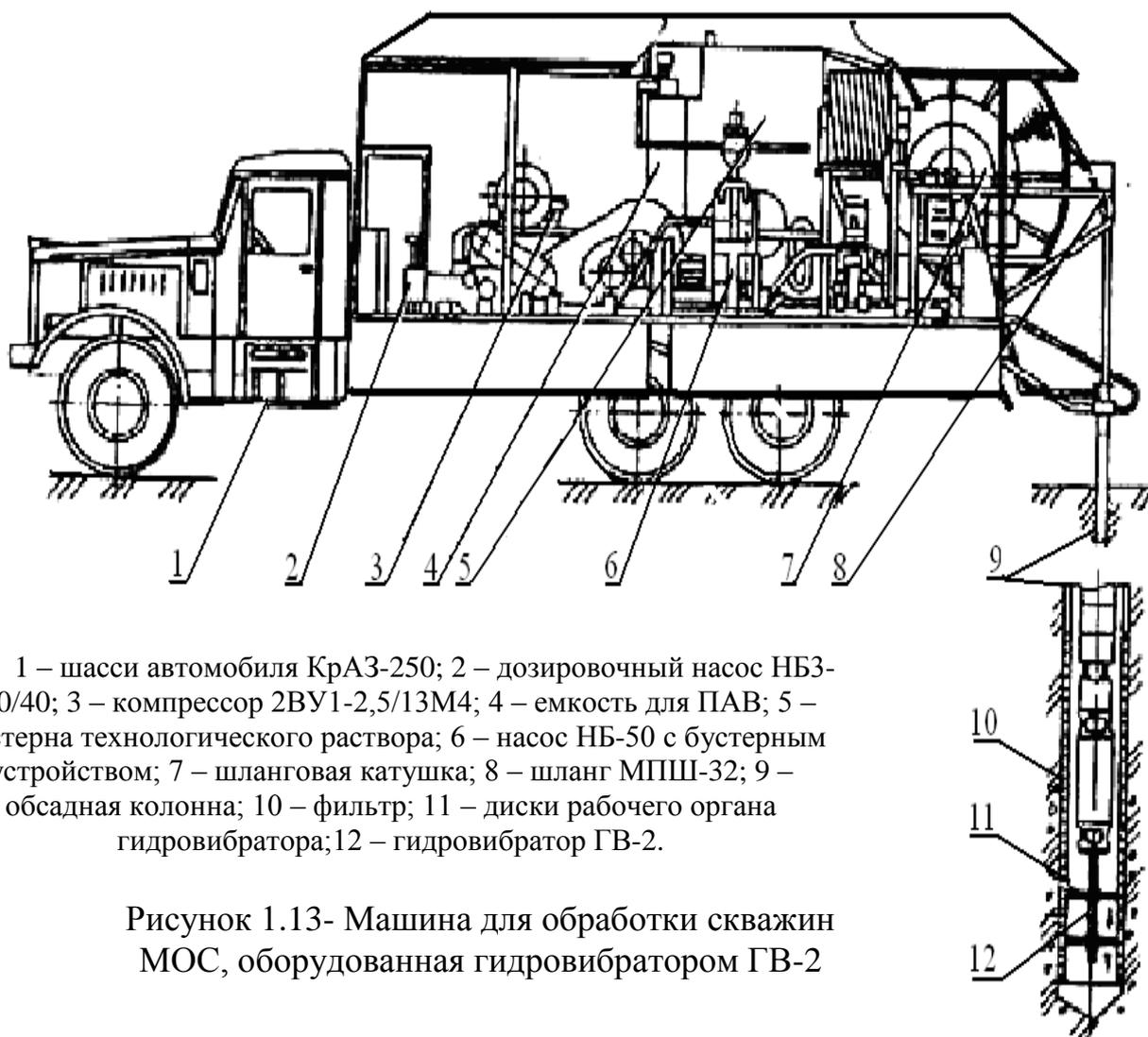
1 – барабан с водоподъемной трубой; 2 – шлангоукладчик; 3 – подающее устройство; 4 – пульт управления; 5 – центробежный насос; 6 – пневмодвигатель с редуктором; 7 – компрессор; 8 – емкость для растворов.

Рисунок 1.12- Схема установки для очистки скважин от песка УОС

Таблица 1.1- Технические характеристики УОС с компрессором НВ –10

Характеристика	Значение
Глубина обработки, м;	300
Минимальный диаметр скважины, мм;	74
Скорость очистки, м/час;	3-6
Диаметр водоприемной трубы, мм;	50
Скорость спуска водоприемной трубы, м/сек;	0,5

Для промывки скважин пеной, водой, реагентом, разрушения и удаления песчаных пробок различной степени сцементированности применяется машина для обработки скважин МОС (рисунок 12) [15].



1 – шасси автомобиля КраЗ-250; 2 – дозировочный насос НБЗ-120/40; 3 – компрессор 2ВУ1-2,5/13М4; 4 – емкость для ПАВ; 5 – цистерна технологического раствора; 6 – насос НБ-50 с бустерным устройством; 7 – шланговая катушка; 8 – шланг МПШ-32; 9 – обсадная колонна; 10 – фильтр; 11 – диски рабочего органа гидровибратора; 12 – гидровибратор ГВ-2.

Рисунок 1.13- Машина для обработки скважин МОС, оборудованная гидровибратором ГВ-2

Технические характеристики машины приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2- Технические характеристики МОС

Характеристика	Значение
Глубина обрабатываемых скважин, м	600
Производительность, скв/смена	3
Вместимость цистерны для воды (химреагента), м ³	3
Вместимость ёмкости для ПАВ, м ³	0,2
Вместимость шламособорника, м ³	0,5

В начале цикла машина работает в режиме разрушения песчаных пробок, после чего производится промывка скважины пеной или водой, возможно применение реагентной обработки для удаления кольматирующих образований.

Разрушение на стенках фильтра и прифильтровой зоны затвердевших продуктов химической кольматации и создание искусственной трещиноватости

в цементированной кольматантом породе осуществляется методом создания гидравлических импульсов в скважине. Импульсы создаются взрывами ТДШ, небольшими зарядами ВВ, электрогидроударами и пневмовзрывами. Создание гидравлических импульсов обеспечивается и применением забойных вибраторов.

Взрывные работы обычно проводятся в скважинах, обсаженных металлическими трубами. Опробование этого метода в скважинах обсаженных трубами из полимерных материалов в условиях Южного рудоуправления Новайского гидрометаллургического комбината (НГМК) дало отрицательные результаты. В 20% скважинах произошло разрушение фильтровой колонны.

При пневмоимпульсной обработке в фильтре скважины с помощью пневмокамеры создаются упругие колебания, возбуждающиеся при быстром истечении в жидкость, находящуюся в скважине, воздуха, который находится в корпусе пневмокамеры под давлением. Для данного вида обработки применяются установки АСП-ПВ, АПБВ-150.

Техническая характеристика установки АСП-ПВ приведена в таблице 3.

Таблица 1.3- Техническая характеристика установки АСП-ПВ

Характеристика	Значение
Глубина обрабатываемых скважин, м	300
Минимальный диаметр обрабатываемой скважины, мм	70
Рабочее давление сжатого воздуха, МПа	15
Частота импульсов, имп/мин	30
Диаметр пневмокамеры, мм	50
Вместимость баллонов сжатого воздуха, л	120

В основу способа восстановления производительности скважин ультразвуковыми колебаниями, положена способность ультразвукового излучения, воздействовать на плотные вещества через упругую среду, диспергировать это вещество, нарушать силы сцепления между его частицами. Источником ультразвуковых колебаний может быть ультразвуковой генератор с частотой электромагнитных колебаний 17-25 кГц.

Работы по опробованию ультразвукового метода восстановления производительности технологических скважин проводились в Степном и Центральном рудоуправлениях и дали отрицательные результаты.

Анализ состояния РВР в НАК «Казатомпром», используемых при этом методов и методов обработки призабойной зоны скважин, известных в мировой практике, показывает следующее.

Наиболее эффективным методом воздействие на закольматированную профильтрованную зону скважин является высокочастотные силовые импульсы. Такое воздействие оказывает пневмоимпульсная обработка, цикличная прокачка скважин компрессорами с использованием эрлифтов, свабирование, периодическое перекрытие потока жидкости [2, 3, 4].

Поскольку средой, заполняющей скважину, является жидкость, на стадии ремонтно-восстановительных работ это чаще всего вода или промывочный

раствор, то непосредственное воздействие на продукты коагуляции оказывают гидроимпульсы, а их генерацию может производить сжатый воздух, взрывы, электрические заряды, механические или гидравлические устройства, меняющие режим потока жидкости.

Генераторы гидроимпульсов разнообразны по своей конструкции, однако наиболее простыми, производительными и надежными из них являются гидравлические устройства, приводимые в действие жидкостью и непосредственно воздействующие на поток жидкости для создания его импульсов, например, гидровибратор ГВ-2 или гидровибраторы, известные по источникам: [9, 13].

При волновой передаче импульсов из генератора на поверхности в жидкой среде они теряют свою интенсивность [13].

Оптимальным будет размещение генераторов в фильтровой зоне, т.е. генераторы должны быть погружными в скважину.

Использование устройств, генерирующих импульсы в иных средах, являющихся передаточными инстанциями, - пневмоимпульсы или электрические импульсы, как правило, сложнее и дороже.

Учитывая вышеизложенное, следует признать, что наиболее перспективным направлением повышения эффективности ремонтно-восстановительных работ технологических скважин является разработка метода гидроимпульсного воздействия на коагулированную прифильтровую зону и забойной машины, генерирующих высокочастотные импульсы непосредственно в жидкости.

В настоящее время в рудоуправлениях НАК «Казатомпром» выполняются следующие виды ремонтно-восстановительных работ в закоагулированных скважинах:

- виброразглинизация;
- кислотная обработка и применение поверхностно-активных веществ;
- устранение механической и химической коагуляции фильтров и прифильтровой зоны с помощью прокачек компрессорами и свабированием;
- ликвидация химической коагуляции с помощью химической обработки химреагентами, пневмоимпульсной обработкой (АСП-ПВ);
- удаление песчаных пробок установками очистки скважин (УОС) и промывкой буровыми насосами;
- извлечение аварийных средств раствороподъема и посторонних предметов из скважин буровой установкой УРБ-2А-2;
- ремонт обсадных труб и фильтровых колон;
- выполнение мелкого ремонта и профилактических работ на трубопроводах и запорной аппаратуре, отбор проб в наблюдательных скважинах.

Ремонтно-восстановительные работы в рудоуправлении № 6 ведутся по двум главным направлениям:

- восстановление производительности откачных и закачных скважин;

-пересооружение скважин, не восстановленных по дебиту применяемыми методами, либо скважин с дефектами обсадных колонн не подлежащих ремонту.

Для выполнения РВР применяется следующая техника:

- буровая установка 1БА-15В – 3;
- компрессор высокого давления XRVS-345 –1;
- пневмоимпульсная установка АСП-ТМ – 3.

Данные по результатам проведения ремонтно-восстановительных работ в рудоуправлении № 6 в среднем за год приведены ниже в таблицах 4 и 5.

Затраты на ремонтно-восстановительные работы, месторождения Северный Карамурун, ТОО «РУ-6» за год приведены в таблице 4.

Таблица 1.4- Затраты на РВР по руднику ПВ-1 за год

Вид РВР	Количество обработок, шт.	Затраты времени, ч.	Затраты на РВР,тенге	Количество действующих скв-н шт.
Пневмоимпульсная обработка	1679	3358	1450650	604
Прокачка компрессором	150	438	801540	-
Промывка скважин*	98	10455	17159800	-
Химобработка HCl*	30	1538	3030985	-
Химобработка H ₂ SO ₄	48	336	1904533	-
Тяжёлый ремонт	2	189	323812	-
Перебурка всего;	21	-	53082047	-
-откачных скважин	8	-	20221733	-
-закачных скважин	13	-	32860314	-
Всего	2007	-	24670320	-
Средние затраты на РВР одной скважины	-	-	38339,4	-

*РВР производится с помощью буровой установки 1БА-15В.

Средние показатели затрат ремонтно-восстановительных работ за год по руднику ПВ-2, Месторождение Южный Карамурун с добычей руды из более глубоких горизонтов, которое относится также к рудоуправлению ТОО «РУ-6» приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5- Затраты на РВР по руднику ПВ-2 за год

Вид РВР	Кол-во обработок	Затраты времени ч	Затраты на РВР, тенге
Пневмоимпульсная обработка	750	1500	1033350
Прокачка эрлифтом	22	66	120780
Промывка скважин*	24	2460	4200000
Химобработка H ₂ SO ₄ *	147	1029	5821200
Химобработка HCl	7	359	707493
Перебурка всего;	5	-	4636896
-откачных скважин	1	-	1200000
-закачных скважин	4	-	3436896
Всего	-	-	11882823
Средние затраты на РВР одной скважины.	-	-	17298,14
*РВР производится с помощью буровой установки 1БА-15В			

Основное направление ремонтно-восстановительных работ в Степном рудоуправлении является восстановление производительности скважин.

Для выполнения этих работ используется следующая техника:

- высокодебитные компрессоры XRVS-345M –2;
- компрессоры ПР - 12/8 – 2;
- пневмоимпульсная установка АСП-ТМ –1;
- установка очистки скважин УОС –2;
- буровая установка УРБ -2А-2 – 1.

Затраты на РВР, месторождения Уванас за год приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6- Затраты на РВР по руднику ПВ-17 месторождения Уванас

Вид РВР	Количество скважин (обработок)	Затраты времени, ч	Затраты на РВР, тенге	Среднее кол-во скважин в работе
Прокачка компрессорами	733	7,7	15290380	904
Средние затраты на ремонт одной скважины	-	-	20860	-

Затраты на ремонтно-восстановительные работы, месторождения Мынкудук за год приведены в таблице 1.7.

Таблица 1.7 - Затраты на РВР по руднику ПВ-19 месторождения Мынкудук

Вид РВР	Кол-во обработок	Затраты времени, ч	Затраты на РВР, тенге	Кол-во скважин в работе
Прокачка компрессорами	1645	13196,5	21919560	-
Промывка скважин	22	150,6	178906	-
Химобработка H ₂ SO ₄	409	613,5	374339	-
Тяжёлый ремонт (подъём насосов)	5	34	41238	-
Перебурка всего;	5			
Откачных скважин	1	56	1329096	-
Закачных скважин	2	112	2108640	-
Всего	2081	6,8	22314043	491
Средние затраты на ремонт одной скважины	-	-	10722,7	-

Доминирующей причиной кольматации скважин на месторождении Уванас, является механическая кольматация закачных скважин. Поэтому необходимости в проведении работ по восстановлению производительности откачных скважин нет.

Основной вид РВР на закачных скважинах – эрлифтная прокачка, обеспечивающая МРЦ до 140 – 200 суток. Из этого можно предположить, что механические взвеси, привносимые с выщелачивающими растворами, не цементируются химической кольматацией и легко выносятся при прокачке.

МРЦ в скважинах с гравийными фильтрами на 40% дольше, чем в скважинах без обсыпки.

Наиболее применимыми видами ремонта на месторождении Мынкудук являются эрлифтная прокачка и химобработка. Причём ремонту подвергались практически только закачные скважины. Исключение составляет прокачка откачных скважин на блоках 24 и 5-5. На месторождении 158 закачных и 97 откачных скважин не требовали ремонта в течение года.

При отсутствии положительных результатов, где использовалась эрлифтная прокачка, производится промывка скважины установкой УРБ-2А-2.

Наибольший эффект при проведении РВР получен при комбинированном использовании кислотной обработки и эрлифтной прокачки. Для восстановления производительности технологических скважин в центральном рудоуправлении проводится комплекс РВР. В него входит обработка установкой АСП-ПВ, УОС с последующей эрлифтной прокачкой компрессором. Этот комплекс является основным для месторождения Канжуган. На месторождении Моинкум используется другой комплекс, включающий в себя: пневмообработку АСП-ПВ или свабирование, с последующей эрлифтной прокачкой.

Для выполнения этих работ используется следующая техника:

- высокодебитные компрессоры –2;
- установка очистки скважин УОС – 2;
- пневмоимпульсная установка АСП-ТМ –2;
- буровая установка УРБ -3А-3 – 1;
- буровая установка УРБ -2А-2 – 1;
- буровая установка УБ-3К –1.

Затраты на ремонтно-восстановительные работы, месторождения Канжуган за год приведены в таблице 1.8.

Таблица 1.8 - Затраты на РВР по руднику ПВ-5 месторождения Канжуган

Вид РВР	Кол-во обработок	Затраты времени ч	Затраты на РВР, тенге	Применяемая установка
Пневмоимпульсная обработка	1182	2,5	11003470	АСП-ПВ
Чистка скважин	673	3,7	9272330	УОС
Прокачка эрлифтом	544	5,5	11141240	-
Промывка скважин	41	11	1679380	УРБ-3А-3
Химобработка	220	-	-	-
Тяжёлый ремонт	84	33,6	10509710	УРБ-2А-2, УБ-3К
Свабирование	53	3	592060	УРБ-3А-3
Перебурка всего;	2	300	2234210	УБ-3К
-откачных скважин	2			
-закачных скважин	0			
Всего	2797	-	44198190	-
Средние затраты на ремонт одной скважины	-	-	15802	-

Затраты на ремонтно-восстановительные работы месторождения Мойнкум за год приведены в таблице 1.9.

Таблица 1.9 - Затраты на РВР месторождения Мойнкум

Вид РВР	Кол-во обработок	Затраты времени, ч	Затраты на РВР, тенге	Среднее кол-во скважин в работе	Применяемая установка
Пневмоимпульсная обработка	621	2,5	5484230	-	АСП-ПВ
Прокачка компрессорами	951	5,5	18476810	-	-
Промывка скважин	5	11	194290	-	УРБ-3А-3
Химобработка	53	-	-	-	-
Свабирование	115	3	1218720	-	УРБ-3А-3
Тяжёлый ремонт (ремонт колон)	35	33,6	4154240	-	УРБ-2А-2
Перебурка всего	0	-	-	-	-
Всего	1780	-	29528280	151	-
Средние затраты на ремонт 1-й скв.	-	-	16588,92	-	-

Результаты проведения ремонтно-восстановительных работ на скважинах по месторождению Мойнкум приведены в таблице 1.10.

Таблица 1.10 - Результаты проведения РВР на скважинах по месторождению Мойнкум

Рудник ПВ-5, залежь 10У	Среднее кол-во скважин в работе	Кол-во обработок	Мин. МРЦ суток	Мак. МРЦ, суток	Мин. допустимый дебит, м ³ /ч	Нормат. экспл-ный дебит, м ³ /ч	Производительность после РВР, м ³ /ч
Откачные	39	239	30	89	3-4	10-12	12
Закачные	112	800	4	98	Регл.	Регл.	Регл.

Основными видами РВР на месторождении Канжуган являются:

- пневмоимпульсная обработка;
- эрлифтная прокачка;
- чистка скважин УОС.

На месторождении Мойнкум, доминируют первые два вида ремонтов.

Анализируя вышеизложенный материал, можно сделать вывод, что самыми распространенными в рудоуправлениях НАК «Казатомпром» являются следующие методы проведения РВР. В целом по рудоуправлениям наибольшее применение находит метод виброимпульсного воздействия на объекты кольтматации с использованием генерации импульсов от сжатого воздуха –

пневмоимпульсный. Его использование составляет 41,3% от общего количества обработок скважин, а доля затрат – 12,2%.

Этот метод осуществляется установками типа АСП, в частности, АСП-ТМ, АСП-ПВ.

В рудоуправлении № 6 задействованы три таких установок, которые дают хорошие результаты в скважинах глубиной до 300 метров. Но в глубоких скважинах такие установки мало пригодны, т.к. оборудованы пневмокамерами недостаточного объема. Поэтому при работах в глубоких скважинах их используют только как источник воздуха высокого давления для кратковременно работающего глубинного эрлифта. Средний срок МРЦ с использованием указанных установок составляет на месторождении Северный Карамурун на закачных скважинах – 11,8 суток, на откачных – 26,8 суток.

В Центральном рудоуправлении указанный метод является преимущественным. На месторождении Канжуган объем работ с использованием этого метода составляет 42%, а на месторождении Мойнкум – 35% от общего количества обработок.

Следующим по объемам применения является метод эрлифтной прокачки. Его объем составляет 39,5% с долей затрат 43,25%.

Технические характеристики применяемой ранее компрессорной техники не позволяли создавать большие давления и эффективно восстанавливать работоспособность глубоких скважин. Но сейчас используются высокопроизводительные компрессоры типа XRVS-345M, развивающие высокие давления и позволяющие создавать знакопеременную депрессию с использованием эрлифтов в глубоких скважинах. Однако использование дорогостоящего оборудования повышает стоимость обработки скважин этим методом.

Широкое применение этот метод нашел в рудоуправлении № 6, в Степном рудоуправлении на месторождениях Уванас, Мынкудук, в Центральном рудоуправлении на месторождении Канжуган, где объем работ с использованием указанного метода составляет 19%, и на месторождении Мойнкум, где объем работ – 24% от общего количества обработок.

Производства РВР с помощью буровых установок, является самым затратным. При объемах работ, составляющих всего 3%, затраты составляют 22,9%.

Работы по чистке скважин от песчаных пробок в фильтровых колоннах используется нерегулярно, что существенно зависит от геологического строения месторождения и в отдельных случаях может достигать значительных объемов. Так, в Центральном рудоуправлении, на месторождении Канжуган объем работ по чистке скважин составляет порядка 24% от общего количества обработок.

Прочие методы, составляющие малую долю от общего числа обработок скважин являются использование гидровибраторов, свабирование (поршневание), использование механических расширителей, химоработка

реагентами, гидроимпульсная обработка с использованием взрывных и электрических импульсов, передаваемых в жидкость.

1.8 Систематизация способов восстановления дебита технологических скважин

Анализируя изложенные в предыдущих подразделах виды применяемых РВР, можно говорить о многообразии причин кольматации фильтров и ПФЗ пласта при эксплуатации технологических скважин.

Многообразие РВР вызвало необходимость разработки многочисленных способов декольматации ПФЗ пласта. Восстановление дебита технологических скважин сводится к разрушению или удалению из фильтра и ПФЗ пласта кольматанта, образовавшейся при добыче руды.

В практике освоения, эксплуатации гидрогеологических и геотехнологических скважин используют свыше 20 способов декольматации. Многочисленность способов восстановления дебита технологических скважин требуют систематизации их по аналогии.

Каждый из указанных способов в свою очередь группируется по методам и средствам воздействия на пласт.

Так, физический способ по методам воздействия на пласт делится на механический, гидравлический и гидроимпульсный. Химический способ делится, по воздействию того или иного химреагента и на физико-химический.

Технология проведения РВР в организациях НАК «Казатомпром» и обзор опубликованных сведений о методах восстановления дебита технологических скважин, путем декольматации, т.е. очистки от механических и химических наслоений, привели к систематизации.

Систематизация методов по способу и характеру воздействия на стенки скважины, рудоносный пласт и фильтр приведена в таблице 1.11.

Из таблицы видно, что наиболее успешная декольматация всех объектов в зоне фильтра осуществляется при химических методах. В то же время они являются наиболее затратными и сложными по технологии.

Такой же эффект производят гидроимпульсные (гидродинамические) методы, но пока не существует технических средств, позволяющих достаточно просто осуществить эти методы. Существующая техника для взрывной или электроимпульсной генерации гидроволн в скважине сложна и имеет высокую стоимость. Методы декольматаций технологических скважин как свабирование и желонирование малоэффективны, дорогостоящие и чреватые возможностью разрушения сплошности обсадной колонны из ПНД, ПВХ.

Другие методы, в частности, механические и комбинированные при существующей технике, эффективны не на всех объектах кольматации. Поэтому для восстановления дебита технологических скважин, предприятия вынуждены иметь комплект технических и иных скважинных средств.

Таблица 1.11 - Систематизация способов восстановления дебита технологических скважин в НАК «Казатомпром»

Способ восстановления дебита пласта	Характер воздействия	Методы осуществления	Тип фильтра	Эффективность способа				Применяемость в НАК
				Основное назначение	Удаление глинистой корки	Очистка пор пласта	Очистка фильтра	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Физический	Гидроимпульсный	Виброкольматация с откачкой	Сетчатый, проволочный	Восстановление проницаемости зоны фильтров	Полное	Полная	Полная	Да
		Электроимпульсная обработка	Сетчатый, проволочный	Восстановление проницаемости призабойной зоны	Полное	Полная	Полная	Да
		Взрыв	Сетчатый, проволочный	Восстановление, интенсификация проницаемости пласта	Полное	Полная	Нет	Нет
		Ультразвуковое воздействие	Все типы	Восстановление проницаемости призабойной зоны	Частичное	Слабая	Частичная	Нет
	Механический	Механический ерш	Сетчатый, проволочный	Очистка фильтра	Нет	Частичная	Нет	Нет

Продолжение таблицы 1. 11

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Химический	Кислотный	Солянокислотная и глинокислотная	Каркасный, проволочный	Для карбонатных пород, при применении меловых растворов	Полное	Полная	Полная	Да
	С применением ПАВ	Разглинизация с ПАВ обмывка фильтров	Сетчатый, проволочный	Предохранение фильтра и ускорение разглинизации	Полное	Полная	Полная	Да
Физико-химический	Гидро-импульсный и химический	Взрыв с инекцией химреагентов	Каркасный, проволочный, без фильтра	Интенсификация притока с образованием дренажных каналов	Частичное	Полная	Нет	Нет
		Электрохимическая обработка	Сетчатый, проволочный	Очистка фильтра	Частичное	Полная	Нет	Нет

2 Разработка технологии применения при сооружении технологических скважин универсального щелевого фильтра с различной гравийной обсыпкой в кожухе

2.1 Разработка эффективной технологии применения при сооружении технологических скважин универсального щелевого фильтра с различной обсыпкой в кожухе

В процессе вскрытия продуктивных пластов вследствие всасывания пульпы с забоя скважины сохраняются их естественные условия пористости и проницаемости.

Фильтры технологических скважин предназначены для свободного пропуска в продуктивный пласт ВР и свободного, без механических примесей, извлечения из пласта продуктивных растворов.

К фильтрам технологических скважин ПВ предъявляются следующие основные требования:

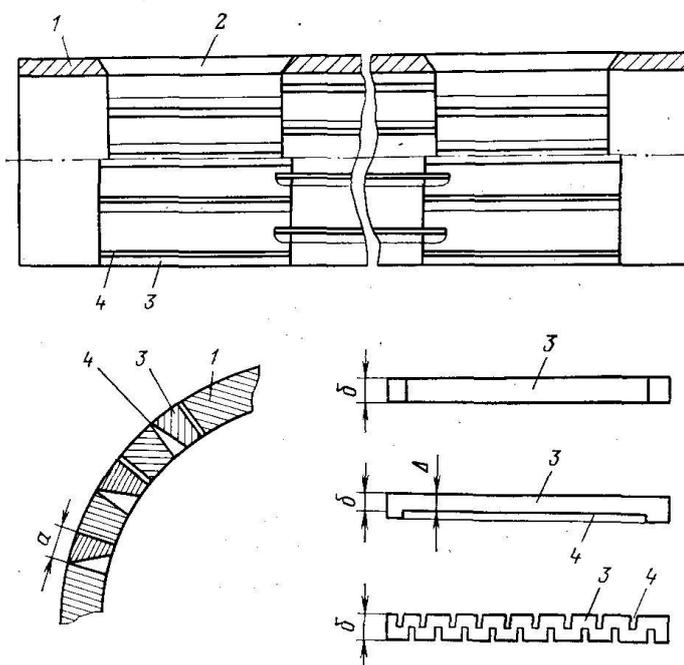
- высокая стойкость материалов, из которых изготовлен фильтр, к химически агрессивным средам;
- повышенная механическая прочность в условиях горного давления и гидродинамических нагрузок;
- размер отверстий фильтра должен соответствовать гранулометрическому составу пород продуктивного горизонта и исключать пескование скважины;
- сохранение работоспособности в течение всего срока эксплуатации скважины;
- скважность фильтра должна обеспечивать проектный или расчетный дебит (приемистость) скважины при заданном градиенте напора;
- возможность обеспечения ремонта;
- небольшая стоимость фильтров.

При сооружении технологических скважин ПВ находят применение трубчатые с круглой и щелевой перфорацией, сетчатые, проволочные, дисковые и гравийно-обсыпные фильтры. В качестве каркасов при изготовлении фильтров используются полиэтиленовые, полипропиленовые, полихлорвиниловые, теоретически могут использоваться фанерные, нержавеющей стали и эмалированные трубы, а также стальные трубы с антикоррозионным покрытием. Стеклопластиковые трубы в качестве фильтров широкого применения не нашли из-за нарушения сплошности волокна навивки при сверлении отверстий или образовании щелей, что снижает прочность каркаса фильтра и увеличивает его кольматацию. Возможно применение в качестве каркаса фильтров бипластмассовых труб. При этом диаметр отверстий или размер щелей в полиэтиленовой оболочке должен быть меньше, чем в наружной, стеклопластиковой оболочке.

Трубчатые фильтры с круглой перфорацией находят ограниченное применение из-за трудностей изготовления отверстий с размерами в соответствии с гранулометрическим составом рудовмещающих пород.

Скважность таких фильтров колеблется в широких пределах (5–25 %). Размеры отверстий и расстояния между ними выбираются в зависимости от диаметра и материала каркаса, назначения скважин и гранулометрического состава пород.

Щелевые фильтры являются довольно распространенными при сооружении технологических скважин ПСВ. Щелевые фильтры изготавливают в основном из полиэтиленовых труб, реже из труб из нержавеющей стали с различной величиной щели. Общий вид щелевого фильтра из нержавеющей стали дан на рисунке 2.1.



1 – труба; 2 – отверстия в трубе; 3 – вкладыши; 4 – щели во вкладыше

Рисунок 2.1- Щелевой фильтр из нержавеющей стали



а. соединение фильтрующего элемента с раструбом



б. фильтрующий элемент



в. вид изнутри, навивка проволоки на стержневой каркас

Рисунок 2.2- Каркасно-стержневой фильтр

Фильтр УЩФ представляет комбинацию из двух труб (изготовленных из полимерных материалов) разного диаметра, с нанесенной по всей наружной поверхности труб перфорацией, из которых труба 3 большего диаметра $\text{Ø}140 \times 5$ м. (кожух) размещена на трубе 1 меньшего диаметра $\text{Ø}90 \times 8$ мм (каркас) и жестко закреплена с помощью двух стопорных колец 4 и стяжных муфт 2, изготовленных из полимерных материалов. В результате чего, образуется межтрубное пространство куда помещается различный дополнительный фильтроэлемент – кислотостойкий гравий или полиэтиленовая гранула округлой формы, различных размеров – от 3 мм – до 5 мм имитирующие гравийную обсыпку, исходя из гранулометрического состава рудовмещающих пород месторождения.

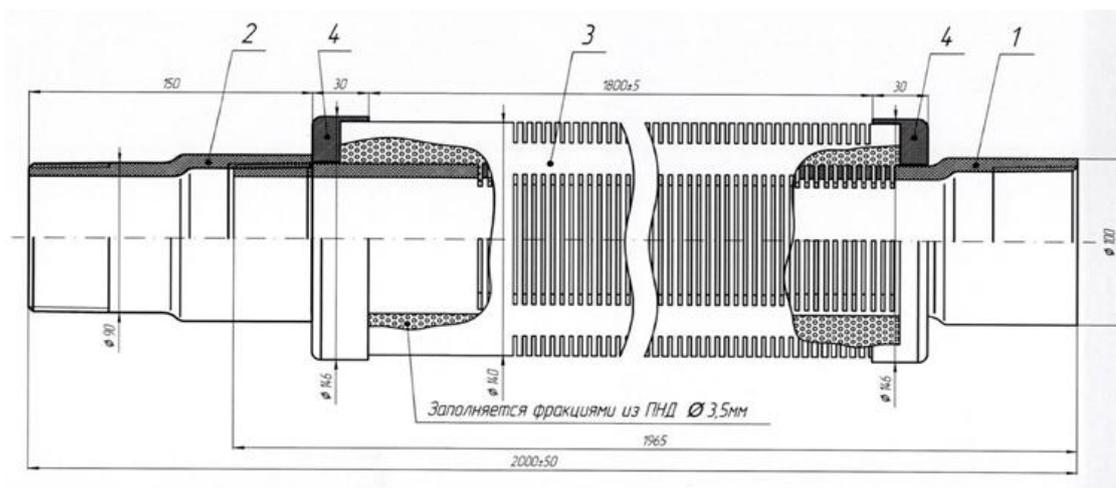
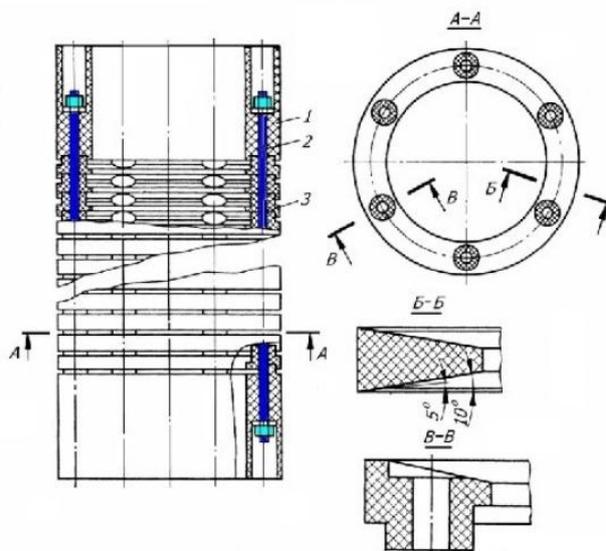


Рисунок 2.3- Каркасно-стержневой фильтр

При наличии в продуктивном горизонте мелкозернистых песков гравийно-обсыпные фильтры являются наиболее эффективными. Они позволяют увеличить проницаемость прифильтровой зоны скважины путем формирования естественного (природного) фильтра.



1 – полиэтиленовый патрубок; 2 – стягивающие шпильки; 3 – диски

Рисунок 2.4- Дисконый фильтр

Применение фильтров с песчано-гравийными обсыпками способствует увеличению дебита в момент освоения скважин. При этом снижаются кольматационные явления в процессе эксплуатации, и увеличивается продолжительность межремонтного цикла скважины.

2.2 Разработка конструкции фильтра с улучшенными техническими характеристиками

Целью разработки является снижение затрат времени на достижение требуемой производительности скважины, повышение скважности водоприемной поверхности фильтра и увеличение межремонтного цикла технологических скважин (предпочтительно закачных), предназначенных для добычи жидких полезных ископаемых методом подземного скважинного выщелачивания.



Рисунок 2.5- Конструкция фильтра КДФ с улучшенными техническими характеристиками

Опытно-фильтрационные работы на участках месторождений проводили как в период опытно-промышленной, так и промышленной эксплуатации. В процессе бурения эксплуатационных скважин, вскрывавших на всю мощность рудоносный пласт, из керна было отобрано около 1500 образцов пород для анализа их гранулометрического состава и лабораторных определений коэффициентов фильтрации. По результатам лабораторных исследований керна были составлены литолого-фильтрационные разрезы по линиям рядов эксплуатационных скважин. Как в плане, так и в разрезе изученные породы рудоносных пластов характеризовались крайней неоднородностью фильтрационных свойств, что объясняется чередованием линзообразных прослоев пород различной проницаемости (0,01–8,0 м/сут.).

По результатам расчетов средневзвешенных (по мощности) значений коэффициентов фильтрации отдельных разновидностей пород были построены карты водопроницаемости продуктивных горизонтов. Для проверки и уточнения средних значений вычисленных параметров выполнялись опытные откачки-наливы пластовой воды в эксплуатационные скважины. Вычисления значений коэффициентов фильтрации K по данным этих откачек-наливов производилось по формуле:

$$S = \frac{Q}{4\pi Km} \cdot \ln \frac{\rho}{r}.$$

Вскрытия прифильтровых зон скважин свидетельствуют о том, что радиус зон, в которых сказываются кольматационные процессы, не превышает 0,5 м. При этом интенсивность процессов кольматации существенно уменьшается с увеличением расстояния от стенки фильтра. Максимальную плотность и наихудшие фильтрационные свойства имеет слой породы, непосредственно прилегающий к фильтру. В этой зоне кольматирующие фильтр осадки представляют собой песчано-гравийную фракцию, скрепленную новообразованным цементом. Толщина кольматанта достигает 1–3 см. Прочностные характеристики осадка снижаются при уменьшении степени насыщения гравийной обсыпке кольматантом. Следовательно, при прогнозе кольматации скважин и разработке технологии их регенерации можно ориентироваться на относительно небольшие по размеру зоны, что позволяет выявить и обосновать наиболее эффективные восстановительные мероприятия.

Если при обследовании скважины, подлежащей ремонту, установлено, что механические примеси в воде отсутствуют, а удельный дебит уменьшился вследствие увеличения общих сопротивлений, т.е. наблюдается понижение динамического уровня при неизменном статическом уровне и общем дебите, то это косвенно указывает на кольматацию фильтра и прифильтровой зоны.

Ниже рассмотрено поведение дебитов конкретных скважин в условиях развития кольматации. Анализ поведения дебитов, вкуче с показателями основных индикаторов добычи (рН, Eh, содержание урана, железа (2+) и (3+) и расхода кислоты), является основной составляющей комплексного анализа

работы блока, позволяющего предполагать причины падения дебитов конкретной скважины и обоснованно предлагать меры борьбы с таковыми.

Значения приемистостей и давлений на оголовнике одной из закачных скважин ячейки были отображены на рисунках. Значения основных показателей геохимической и гидродинамической обстановки при закислении и добыче урана из ячейки показано на рисунках. В качестве одного из показателей геохимической обстановки используется коэффициент окисленности ($Fe^{3+}/(Fe^{2+} + Fe^{3+})$), в данном примере умноженный на 10 для более высокой контрастности графика.

При анализе основных показателей – дебита, расхода кислоты и содержания урана в продуктивном растворе (ПР) (очевидно отсутствие ожидаемого максимума содержания урана на уровне Ж/Т 0,4–0,6. Достижение максимума, который отмечен при Ж/Т 1,2, аномально длительное, и связано, очевидно, с недостатком кислоты (рН достигает значений ниже 2 только при Ж/Т 1,1).

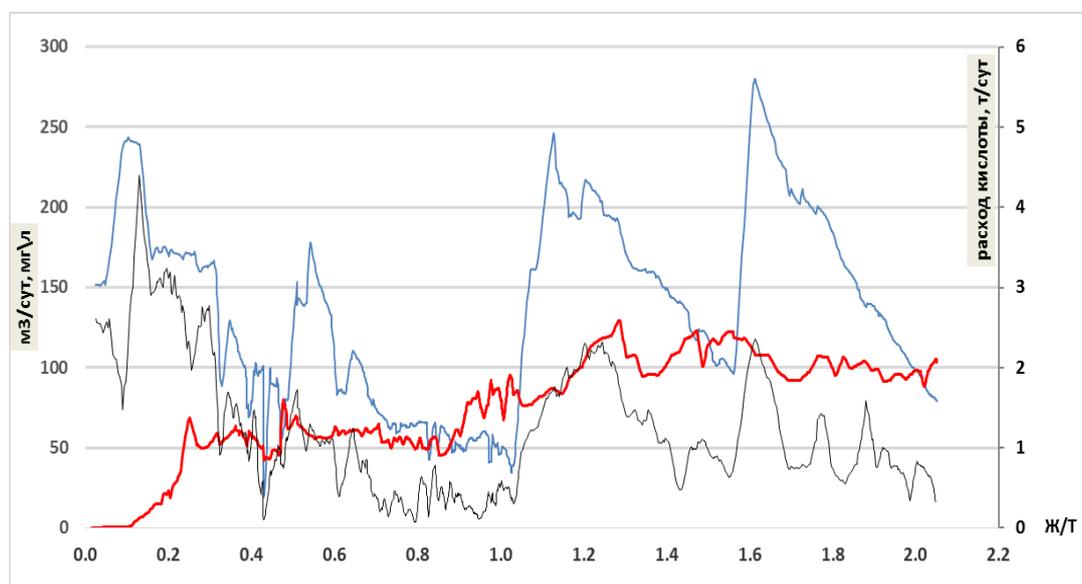


Рисунок 2.5 – Тренды дебита (кривая синего цвета), расхода кислоты в сутки (кривая черного цвета), содержания урана в ПР (кривая красного цвета) для одной из ячеек

Преимущества применения каркасно-дисковых фильтров с разработанным фильтроэлементом с обратно вывернутыми кольцами:

- Высокая скважность фильтров (40,82%);
- Эффективная промывка скважины;
- Исключение этапа расширения рудной зоны и этапа обсыпки соответственно при сооружении скважин;
- Образование естественной песчано-гравийной обсыпки в прифильтровой зоне скважины (борьба с пескованием);
- Снижение времени на проведение этапа промывки и этапа освоения;

- Снижение непроизводительных затрат времени и материала при проведении работ по достижению требуемого дебита скважины;
- Конструкция фильтра позволяет провести качественную обработку прифилтровой зоны скважины при проведении работ по восстановлению фильтрационных свойств пород, увеличение степени проникновения (хим. обработка, промывка и т.д.);
- Сокращение времени на ремонтно-восстановительные работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализируя причины кольтматации фильтров и ПФЗ пласта при эксплуатации технологических скважин, можно говорить о многообразии ремонтно-восстановительных работ, это привело к необходимости разработки многочисленных способов декольтматации ПФЗ пласта. Восстановление дебита технологических скважин сводится к разрушению или удалению из фильтра и ПФЗ пласта кольтматанта, образовавшейся при добыче руды.

В практике освоения, эксплуатации гидрогеологических и геотехнологических скважин используют свыше 20 способов декольтматации. Многочисленность способов восстановления дебита технологических скважин требуют систематизации их по аналогии, при этом каждый из описанных способов в свою очередь группируется по методам и средствам воздействия на пласт.

Технология проведения РВР в организациях НАК «Казатомпром» и обзор опубликованных сведений о методах восстановления дебита технологических скважин, путем декольтматации, т.е. очистки от механических и химических наслоений, привели к их систематизации.

С целью снижения затрат времени на достижение требуемой производительности скважины, повышение скважности водоприемной поверхности фильтра и увеличение межремонтного цикла технологических скважин (предпочтительно закачных), важен правильный подбор скважинного фильтра. Производственно установлено, что при отсутствии механических примесей в воде и при этом, если удельный дебит уменьшился вследствие увеличения общих сопротивлений, т.е. наблюдается понижение динамического уровня при неизменном статическом уровне и общем дебите, то это косвенно указывает на кольтматацию фильтра и прифильтровой зоны.

На основе анализа систематизации способов восстановления дебита технологических скважин в НАК «Казатомпром» определены преимущества применения каркасно-дисковых фильтров с разработанным фильтроэлементом с обратно вывернутыми кольцами, обеспечивающие высокие эксплуатационные показатели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Аренс В.Ж. Физико-химическая геотехнология.- Москва,; Изд. МГГУ, 2001.-656с.
- 2 Скороваров Д.И. Справочник по геотехнологии урана. – Москва,; «Энергоиздат», 1997. -672с.
- 3 Кедровский О.Л. «Комплексы подземного выщелачивания», Москва,; «Недра» 1986г.- 272с.
- 4 Мамиллов В.А.«Добыча урана методом подземного выщелачивания», Москва, Атомиздат 1980г.-248с.
- 5 Михайлов Н.Н. Изменение физических свойств горных пород в околоскважинных зонах Москва, «Недра» 1987г 152с.
- 6 Башкатов А.Д. Сооружение высокодебитных скважин.- Москва, «Недра», 1992г.-109с.
- 7 Сердюк Н.И. Кавитационные способы декольматации области буровых скважин.-М.: ВНИИОЭНТ,2004.-175с.
- 8 Кристиан М., Сокол С., Континеску А. Увеличение продуктивности и приемистости скважин. Москва, «Недра», 1985г. 185с.
- 9 Зинченко В.М., Шапорев А.М., Забазнов В.Л. и др. Основные проблемы и возможные пути восстановления производительности геотехнологических скважин на месторождении Канжуган. //Сборник докладов III Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы урановой промышленности».- Алматы: НАК «Казатомпром», 2005.-578 с.
- 10 Сидоровский В.А. Вскрытие пластов и повышение продуктивности скважин. Москва, «Недра», 1978 г.245с.
- 11 Романенко В.А., Вольницкая Э.М. Восстановление производительности водозаборных скважин.-Л.: «Недра», 1986.-111с.
- 12 Башкатов Д.Н. Олоновский Ю.А. Дрягалин Е.Н. Разглинизация буровых скважин на воду.-Москва.: Колос, 1969.-111с.
- 13 Сулейманов А.Б., Карапетов К.А., Яшин А.С. Практические расчеты при текущем и капитальном ремонте скважин. М: «Недра», 1984. -224 с.
- 14 Оноприенко М.Г. Бурение и оборудование гидрогеологических скважин.-Москва, «Недра», 1978г.-165с.
- 15 Мирзаджанзаде А.Х., Крылов В.И., Аветисов В.И. Теоретические вопросы проведения скважин в поглощающих пластах.-М.: Изд.ВНИИОЭНГ, 1973,-66с.