

УДК 622.276.43

**ПУТИ И РЕШЕНИЯ ОЧИСТКИ ПРОМЫСЛОВЫХ ВОД  
ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ**

**WAYS AND SOLUTIONS FOR CLEANING COMMERCIAL WATER  
FOR RESERVOIR PRESSURE MAINTENANCE**

Голубев И.А.

ФГБОУ ВПО «Национальный Минерально-сырьевой университет «Горный»  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

I.A. Golubev

FSBEI NPE National Mineral Resources University, St.-Petersburg, Russian Federation

e-mail: vano2m@gmail.com

**Аннотация.** В работе освещена существующая проблема подготовки сточных вод, закачиваемых в систему поддержания пластового давления. Следствием некачественного надзора за закачкой является загрязнение пластов и низкий коэффициент нефтеотдачи. Засорение пласта обуславливается наличием в воде мелкодисперсных частиц, остатков нефтепродуктов и механических примесей, которые в свою очередь вызывают коагуляцию пор, каналов и трещин. Кроме этого, постоянное увеличение обводненности добываемой продукции привело к тому, что существующие установки подготовки воды не могут справиться с такими большими объемами продукции и не доводят воду до необходимого качества.

Для решения этих проблем предлагается использовать установки кутового сброса, позволяющие утилизировать основную массу пластовой воды непосредственно на месторождении, предварительно доведя ее до соответствующих норм.

В работе рассмотрены несколько вариантов аппаратного оформления объектов кутового сброса. Показаны технологические схемы обвязки предлагаемого оборудования при внедрении его в производство. Рассмотрены предполагаемые результаты, которые планируется получить после внедрения объектов кутового сброса в разработку нефтяных месторождений на ранних этапах нефтесбора.

**Abstract.** The paper covered the existing problem for water preparation. Pollution of the fields and a low recovery factor there is consequence of the poor supervision for downloading. Fouling is caused by the presence of formation of fine particles in water, oil residues and contamination, which in turn cause of clogging pores, channels and cracks. In addition, the constant increase in the water cut has meant

that existing water treatment plants can not cope with such large volumes of production and does not bring the water up to the required quality.

To resolve this problem, we propose to use the installation of cluster reset, which can utilize lots of water directly from the field. First of all, we need to bring it up to specific standards.

The paper considers several ways hardware design of objects of cluster reset. Showing technological schemes proposed strapping equipment when introducing it into production. We consider the expected results to be achieved after the implementation of the objects of cluster reset to develop oil fields in the early stages of the oilfield.

**Ключевые слова:** очистка воды, загрязнение пластов, ранний сброс воды, кустовой сброс воды.

**Keywords:** water treatment, pollution recovery, early discharge of water, cluster reset.

Разработка нефтяных месторождений и проектирование систем ППД до сих пор осуществляются на основе теоретических представлений о фильтрационных процессах в пористых средах. Вместе с тем закачка в пласты большого количества воды содержащей глобулы нефти и твердые взвешенные частицы сопровождается кольматацией пор, каналов и трещин, снижением приёмистости нагнетательных скважин и как следствие требует увеличения давления нагнетания в системе поддержания пластового давления (ППД) [3].

Нефть может быть вытеснена из пласта водой только тогда, когда вода имеет возможность проникнуть в поровое пространство нефтесодержащих пород. Это произойдет только в случае, если поры не будут кольматированы содержащимися в воде механическими примесями. Основными элементами загрязнений являются: нефть, водоросли, накипь, сульфиды, бактерии и их продукты. Кольматация не будет иметь места, или будет вялотекущей, когда вода будет чистой.

Как известно, по мере разработки нефтяных месторождений количество добываемых вместе с нефтью пластовых вод увеличивается и на конечной стадии разработки может достигать 95-98%. Перед нефтяниками остро стоит задача по утилизации сточных вод. По составу, плотности и физико-химическим свойствам пластовые воды различных месторождений неодинаковы. Очень важно учитывать совместимость вод при разработке многопластовых месторождений, где проводится подготовка нефти и воды с различным составом.

Принадлежность пластовых вод к тому или иному типу устанавливают лабораторным анализом соотношения количеств отдельных ионов.

Для оценки химического состава пластовых вод обязательно определяют шесть ионов:  $Cl$ ,  $SO_4^{4-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$  а также плотность и водородный показатель воды (рН). Такой анализ называется стандартным или шестикомпонентным. Кроме указанных характеристик пластовых вод важными показателями являются также степень минерализации и содержание растворенных газов.

Требования к нефтепромысловым сточным водам используемых для систем ППД, предъявляются по трем основным показателям: содержанию эмульгированной нефти (нефтепродуктов) и частиц твердых механических примесей, микробиологической и химической совместимости ее с пластовой водой и породой коллекторов.

При закачке в пласт любых флюидов, в том числе идеально чистых, происходят эффекты самокольматации пласта несцементированными частицами, содержащимися в любом из них. Эти процессы имеют место как в зоне перемещения нефти к призабойной зоне добывающих скважин, так и в зоне движения закачиваемой воды со стороны нагнетательных скважин. В связи с этим имеет место ухудшение коллекторских свойств пласта (пористости, проницаемости) и снижение как приемистости нагнетательных, так и продуктивности добывающих. Закачка в пласты чистой воды существенно улучшает условия вытеснения нефти и тормозит ухудшение коллекторских свойств пласта, обеспечивая вытеснение нефти из большего числа порово-трещинных каналов, увеличивая тем самым нефтеотдачу пластов.

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что эффективными методами очистки сточных и других топов вод считаются те, которые удаляют кольматирующую составляющую взвеси. Для очистки нужно разрабатывать технологии и необходимые для их реализации устройства и установки.

Существующие методы очистки нефтепромысловых сточных вод подразделяют на физические и химические. К первым относят методы отстаивания и флотации. Ко второму – воздействие реагентами, добавление которых в небольшом количестве способствует укрупнению частиц и резко повышает эффективность очистки.

Наряду с существующими методами очистки предлагается ранний сброс воды на кусте скважин. Основной задачей кустового сброса является отделение и подготовка до норм ППД свободной воды от основной продукции в районе куста добывающих скважин, что позволяет своевременно разделять воды разные по своим физико-химическим свойствам. Далее отделенная и подготовленная вода по трубопроводам направляется в систему ППД, а частично обезвоженная нефть – в центральный пункт сбора нефти, где происходит ее доподготовка, включающая в себя отделение воды и газа из эмульсии [1].

Одним из достоинств технологии кустового сброса является то, что все схемы кустового сброса не являются площадочными объектами требующими:

- высоких энергозатрат на перекачку и очистку воды;
- высокой металлоемкости объекта;
- постоянного контроля и надзора обслуживающего персонала.

Существует несколько вариантов аппаратного оформления объектов кустового сброса. При выборе одного из них следует помнить, что описанные системы не являются универсальным средством по сбросу воды. Перед выбором

одного из них следует провести необходимые исследования, с целью подбора наиболее эффективного метода для конкретного случая.

### **Кустовой сброс с применением аппаратов ОГВ-Г**

Установка состоит из узла фазового разделения эмульсии (УФРЭ), выполняющего также роль успокоителя потока, емкости-буллита отстойника горизонтального водяного с гидрофобным слоем, ОГВ-Г и шурфа-колодца с УЭЦН для подготовки утилизации сбрасываемой воды в систему ППД (рисунок 1). Установка работает следующим образом: продукция куста скважины в виде газожидкостной смеси поступает в УФРЭ, где происходит гашение пульсации потока и условное разделение его на три составляющие: нефть, газ и воду. Далее по отводящим трубопроводам, условно-разделенная продукция поступает в емкость-буллит, внутренней начинкой которой являются два маточника и перегородка, выполненная глухой снизу, а сверху, в области нефтяного слоя, срезается. Пластовая вода, поступая в емкость-буллит, проходит через гидрофобный слой, в качестве которого используется нефть, и скапливается в первом отсеке емкости. Затем, вода продавливается по патрубкам во второй отсек аппарата, где повторно происходит очистка. Пластовая вода из отстойника с гидрофобным слоем, с остаточным содержанием нефтепродуктов до 50 мг/л, подается в межтрубное пространство скважины-шурфа, где под действием гравитации происходит осаждение механических примесей. Оставшиеся нефтепродукты после первичной очистки всплывают на поверхность воды, образуя со временем гидрофобный слой, который позволяет дополнительно очищать воду от нефтепродуктов до содержания 5-10 мг/л.

Для стабилизации режима работы установки в емкости-буллите устанавливается датчик уровня раздела фаз нефть-вода, сигналы с которого поступают на станцию управления УЭЦН (установка электроцентробежного насоса) инициируя команды частотному преобразователю, автоматизируя, таким образом, режимы закачки воды в систему ППД. Нефтяная фаза на выходе с аппарата соединяется с газовой и под собственным давлением транспортируется в сборный коллектор.

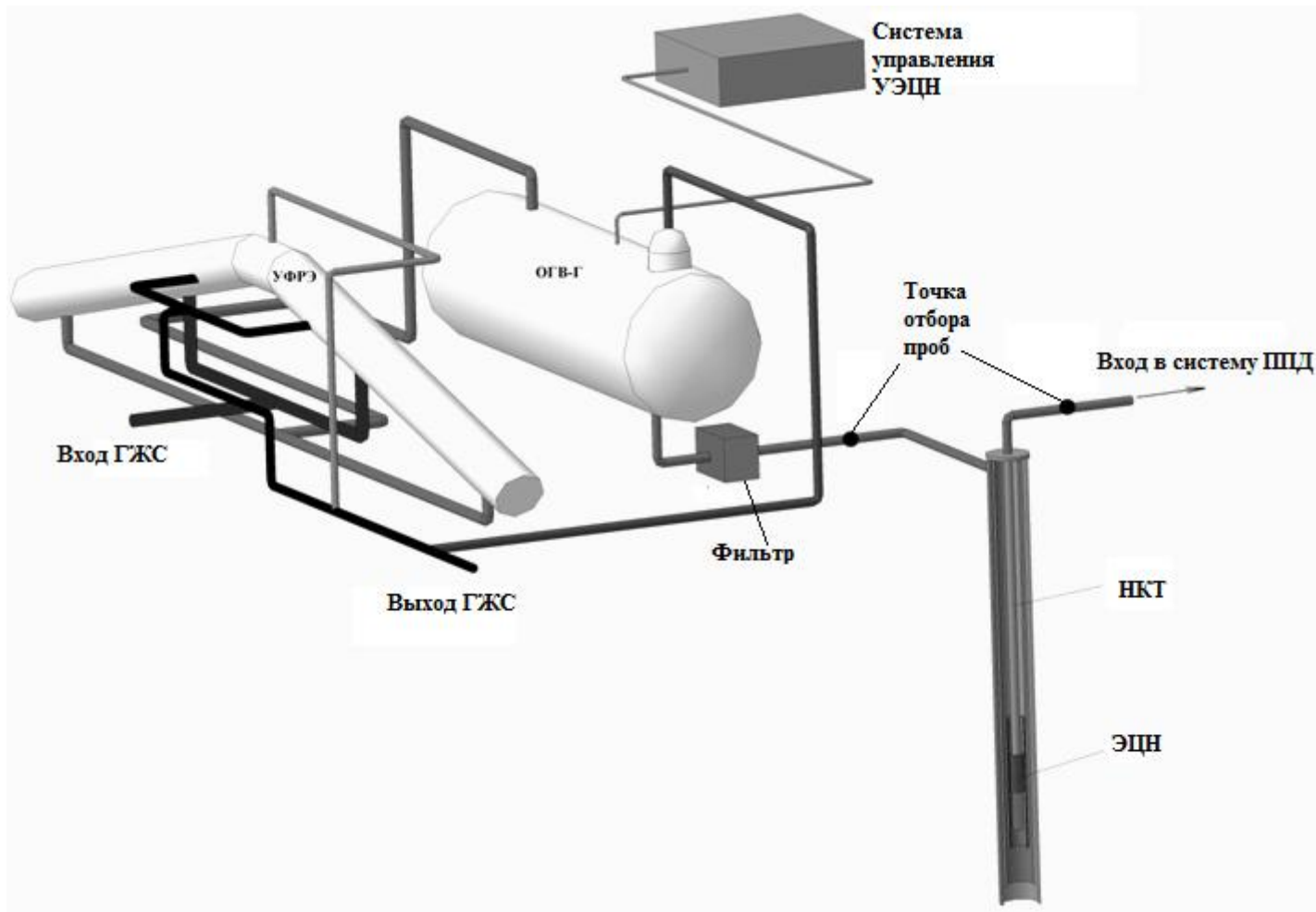


Рисунок 1. Схема установки кустового сброса с применением аппаратов ОГВ-Г

### **Кустовой сброс с применением аппаратов ОГН-П**

Установка (рисунок 2) состоит из двух параллельно работающих трубных водоотделителей (ТВО) совместных с депульсаторами, выполняющих также роль успокоителей потока, емкости буллита отстойника горизонтального с перегородками (ОГН-П), служащего для очистки воды до норм ППД и свечи рассеивания. ТВО монтируется на сваях, ОГН-П на плитах или площадке матрице. Установка работает следующим образом: нефтяная эмульсия с кустов скважин поступает в депульсатор и далее в ТВО, где происходит гашение пульсаций потока, а также разделение его на нефть, газ и воду. Далее по трем отводящим трубопроводам направляется в ОГН-П, внутренней начинкой которого является три перегородки, которые перекрывают только среднюю часть сечения аппарата, оставляя открытыми верхнюю и нижнюю часть, и устанавливаются так, чтобы верхние и нижние края образовывали ступени, понижающиеся по ходу движения потока жидкости внутри отстойника.

При этом, продукция подается в отстойник перед первой перегородкой: после заполнения отстойника движение жидкости организуется так, что нефтяная часть от входа к выходу отстойника движется переливаясь через верхние края перегородок. Вода движется в нижней части отстойника, под нижними краями перегородок. Каждая перегородка ограничивает своим нижним краем движение нефтяной эмульсии в горизонтальном направлении и заставляет нефть переходить в следующий отсек, только переливаясь через верхние края перегородок. Каждый отсек, образуемый перегородками, работает как отдельный отстойник. При этом улучшается гидродинамика внутри отстойника, более полно используется его полезный объем, исключается турбулизация потоков, ускоряется слияние глобул пластовой воды и отделение ее от нефти, т.е. повышается эффективность работы всего аппарата и создаются условия для повышения качества нефти и воды, разделяемых в отстойник.

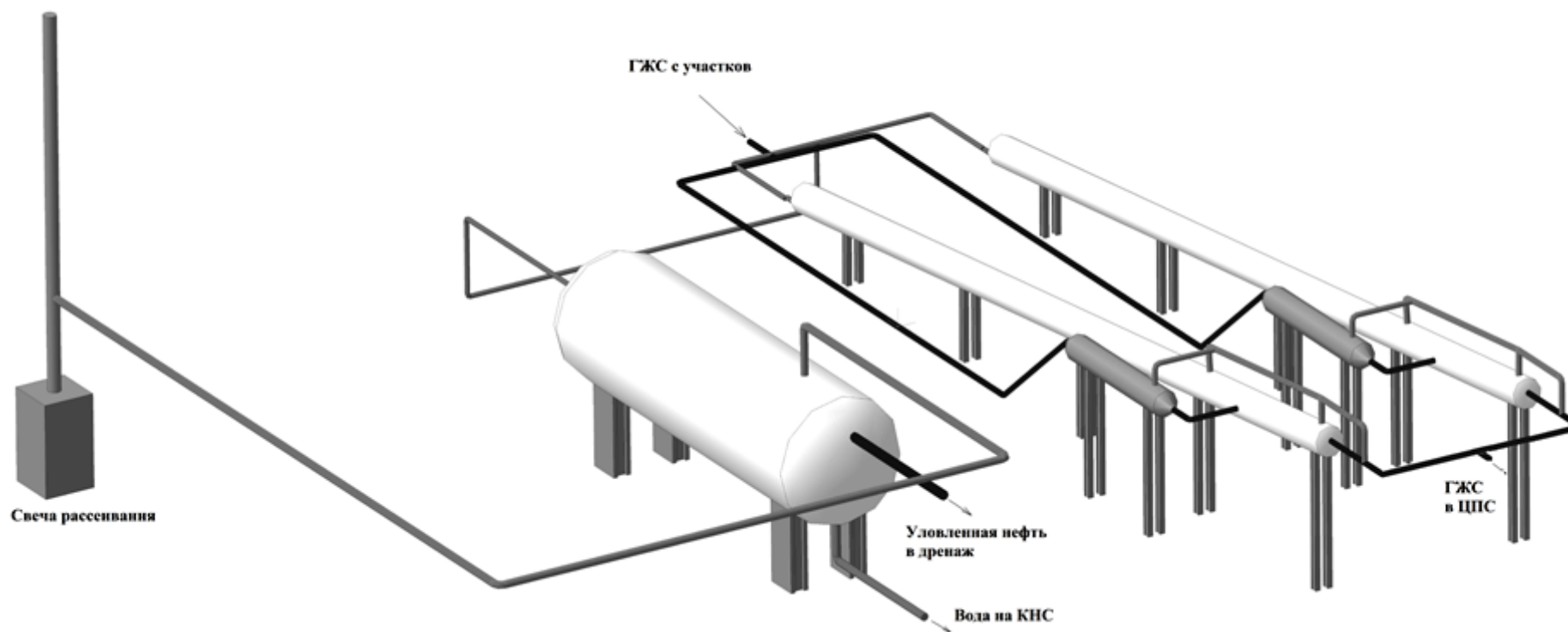


Рисунок 2. Схема работы установки кустового сброса с применением аппаратов ОГН-II

Система автоматического распределения потока жидкости внутри отстойника должна обеспечить повышение производительности отстойника по жидкости не менее чем на 20 % по сравнению с таким же отстойником без этой системы [2].

Отстоявшаяся пластовая вода с емкости-буллита ОГН-П по отводящему трубопроводу подается на кустовые насосные станции, откуда далее направляется в систему ППД.

Уловленная нефть в ОГН-П выводится из аппарата и направляется в дренаж.

Свободный нефтяной газ из депульсаторов направляется в ТВО и далее, смешиваясь с нефтяным потоком, направляется в центральный пункт сбора нефти. Газ с аппаратов ОГН-П по отводящим трубопроводам поступает на свечу расщивания.

### **Кустовой сброс с применением аппаратов УФРЭ**

Установка кустового сброса (рисунок 3) включает три устройства фазового разделения эмульсии (УФРЭ-1,2,3), каждое из которых выполняет ряд отдельных функций. УФРЭ-1 служит для предварительного разделения потока продукции скважин на нефть, газ и воду. Также, УФРЭ-1 выполняет роль депульсатора, гася пульсации потока. УФРЭ-2 делит продукцию на три составляющие не из трех УФРЭ нефть, газ и воду. УФРЭ-3 используется для подготовки воды до норм ППД. Каждый монтируется на сваях и имеет свою собственную конструкцию.

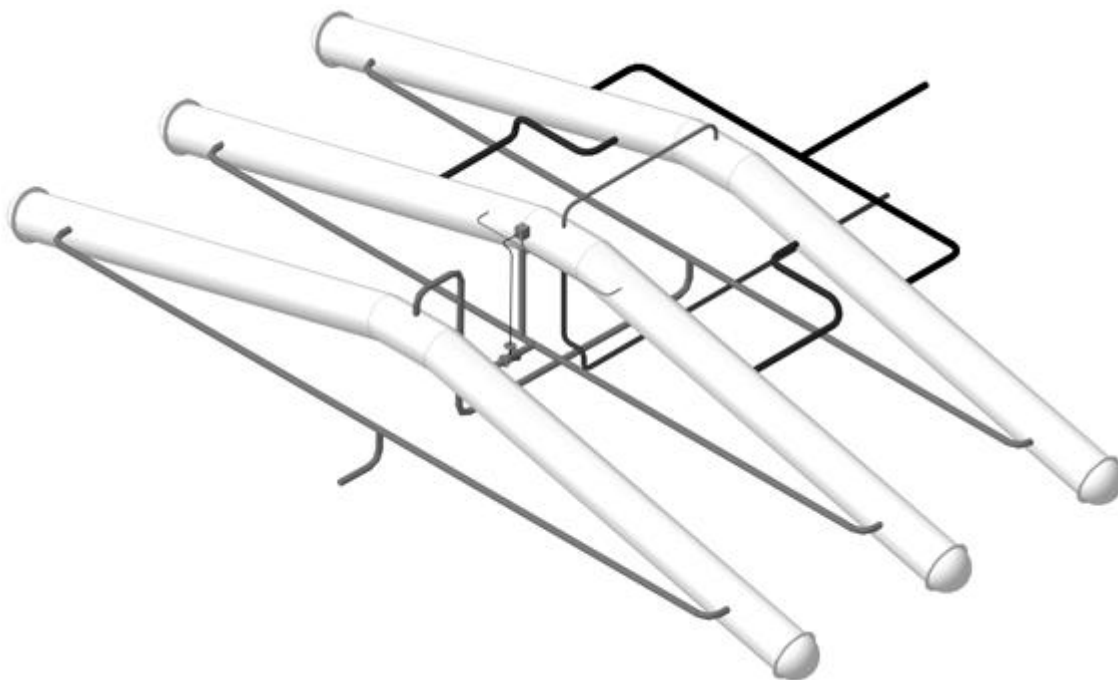


Рисунок 3. Схема работы установки с применением аппаратов УФРЭ



Установка работает следующим образом: продукция скважин поступает в УФРЭ-1, где происходит ее первичная сепарация на нефть, газ и воду. Частично обезвоженная и разгазированная нефтяная эмульсия по подводным трубопроводам поступает в УФРЭ-2 для дальнейшего более глубокого обезвоживания. Отделившаяся пластовая вода с УФРЭ-1,2 направляется в УФРЭ-3 через маточник для очистки до норм ППД. УФРЭ-1,2 обвязаны между собой газовой линией. Свободный нефтяной газ с УФРЭ-2 выводится с установки вместе с потоком частично обезвоженной нефтяной эмульсии.

Одним из основных ожидаемых результатов от внедрения установок кустового сброса является повышение эффективности очистки и утилизации попутнодобываемой пластовой воды за счет исключения смешения вод различных горизонтов и, соответственно, предотвращения солеотложения. Кроме того, снизятся металлоемкость системы нефтесбора и поддержания пластового давления, а также энергетические затраты за счет исключения мощных насосных агрегатов, что в конечном счете позволит разгрузить кустовые насосные станции (КНС) для системы ППД. Так же внедрение кустового сброса позволит разгрузить установку предварительного сброса воды (УПСВ), тем самым стабилизировав работу установки подготовки нефти (УПН) и всей системы сбора.

Но, из-за разнообразия характеристик и свойств пластов нефтяных месторождений до сих пор нет единых нормативных требований, регламентирующих содержание в воде нефти и механических примесей. Неудовлетворительный контроль за качеством воды, закачиваемой в пласт со стороны нефтяных компаний предопределяет низкий коэффициент нефтеотдачи пласта. Поэтому, по всей видимости, назревает необходимость о создании федеральной службы контролирующей качество закачиваемой в пласт воды.

### **Предполагаемые результаты и выводы**

Внедрение в производство установок кустового сброса позволит в перспективе:

1. Осуществлять сброс основной массы попутнодобываемой пластовой воды непосредственно на месторождении (до 80 % от добываемого объема жидкости);
2. Повысить качество подготовки нефти и воды за счет дополнительной деэмульсации нефти на ранних участках сбора;
3. Разгрузить УПСВ, стабилизировать работу УПН;
4. Снизить объемы балластной перекачки в интервале добывающая скважина – нагнетательная скважина;
5. Значительно экономить электроэнергию;
6. Снизить протяженность низко- и высоконапорных водоводов;
7. Снизить количество порывов по причине коррозии;
8. Предотвратить смешение вод различных горизонтов;

9. Снизить нормы расхода воды из поверхностных источников;
10. Избежать высоких затрат на реконструкцию объектов водоподготовки;
11. Улучшить экологическую ситуацию района расположения предприятия;
12. Снизить коррозию нефтяного оборудования.

### Литература

1. Голубев И.А., Лягов А.В. Совершенствование систем сбора и подготовки скважинной продукции путем организации кустового сброса попутно-добываемой пластовой воды в герметизированном варианте // Материалы Всероссийской науч. - техн. конф. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2010. 353с.
2. Комплексная кустовая установка обезвоживания нефти, очистки и утилизации попутно добываемой пластовой воды: Пат. 2411055 РФ. / Латыпов А.Р. и др. Б.И. 2009. № 4.
3. Байков Н.М., Позднышев Г.Н., Мансурова Р.И. Сбор и промысловая подготовка нефти, газа и воды. М.: Недра, 1981. 803с.

### References

1. Golubev I.A., Lyagov A.V., improve collection and preparation of well production through the organization of cluster reset incidentally-produced formation water in a sealed version of the Proceedings of the All-Russian Scientific. -Tech. Conf. - Ufa: Izd UGNTU, 2010-353s. [in Russian].
2. Pat №2411055 RF Complex cluster installation for dehydration of oil and purification and utilization of produced reservoir water / A.R Latypov other // B.U.№45, 1989. [in Russian].
3. Baykov N.M., Pozdnyshv G.N., Mansurov R.I. Collection and field preparation of oil, gas and water. M., Nedra, 1981.803с. [in Russian].

### Сведения об авторе

Голубев И.А., аспирант кафедры «Геоэкология», ФГБОУ ВПО «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург, Российская Федерация

I.A. Golubev, postgraduate student, "Geoecology" department, FSBEI NPE National Mineral Resources University, Saint-Petersburg, Russian Federation

e-mail: vano2m@gmail.com