

## **Использование технологии VSEP для переработки отработанной воды**

Эффективное и экономное решение

### **Введение**

Каждые несколько лет нефтяные компании пересматривают новые технологии для переработки масляных сточных вод. Компания Нью Лоджик Рисеч разработала мембранную фильтрационную систему, которая уникально подходит для переработки отработанной воды, биржевой воды и бурового раствора. Использование вибрирующего мембранного механизма для избегания загрязнения мембраны является довольно новой и эффективной технологией для



переработки жидких отходов от бурения нефтяных скважин. Наша компания совершила несколько инсталляций, используя эти вибрационные системы для переработки нефтехимической воды всякого вида. У этой технологии множество преимуществ по сравнению с традиционными методами переработки. Эта новая мембранная система известна как VSEP (Вибрационный Срезающий Инновационный Процесс) и производится компанией Нью Лоджик Рисеч на нашем производстве в Эмеривилле штата Калифорния, рядом с Сан Франциско.

### **Что такое отработанная вода**

Операция бурения нефтяных скважин могут производить множество грязной воды, известной под названием «произведенная вода» или вода из скважины. Все подземные нефтяные резервуары имеют природный водный уровень под названием формированная вода, которая пролегает под углеводородами.

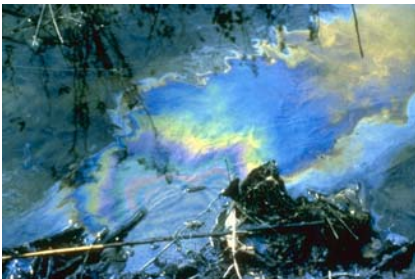
Как только колодец стареет, масло-водную смесь трудно убрать. Вода таким образом сгоняется в резервуары, вынуждая нефть выходить на поверхность. Формированная и принужденная вода постепенно выходят на поверхность вместе с углеводородами.

При высасывании масляной воды из колодца, она рассоединяется в углеводороды и отработанную воду. Как только уровень масла уменьшается, количество впрыскиваемой воды увеличивается для заполнения промежутка. В Америке количество этой воды из колодца превышает количество масла в 8 раз.

Это количество представляет огромные размеры загрязненной воды, которые требуют экономные и безопасные для окружающей среды методы переработки.

### **Правила и регуляции отработанной воды**

Интернациональные конвенции постановили предварительные цели в 40 ppm для выхода углеводородов во время проведения операций на воде. При установках на воде все что выше 100 ppm считается проливом нефти. Установки на берегу имеют возможность уместить большее количество оборудования и времени для процесса уменьшения концентрации масла в воде льяльных вод и других стоков до 4 ppm. Установки на воде не могут сравниться с большими проливами, так как при них маленькие количества масла распределяются по поверхности воды, не формируя пятно на поверхности. Однако почти все установки на воде производят бледные, но в то же время заметные сияющие полосы, простирающиеся на сотни метров. При гладкой повеохности воды видимый блеск формируется при 25 ppm.



При подходе к иссечению запасов нефтяного месторождения количество производственной воды обычно намного увеличивается. Важно упомянуть то, что мониторинг отбросов производится самими служащими. Без объявленные визиты государственных служащих происходят крайне редко и вертолетные посадки на установках также контролируются самими нефтяными компаниями. Таким образом разрешение на них очень трудно получить.

### **Переработка и выброс отработанной воды**

Для облегчения вопроса отброса произведенной воды используются четыре метода:

1. Избежание производства воды из колодца

2. Обратное введение воды в одну и ту же скважину
3. Введение воды в скважину для последующего выведения
4. Переработка воды для ее выброса

Во время ранней степени производства нефти из колодца закачиваемая вода не нужна. В этом случае отработанная вода представляет собой проблему реализации. С учетом этого сверлят другие скважины в том месте, где существует пустота для заполнения и выведения этой воды. Этот метод переработки очень сложный и дорогостоящий, особенно при расположении на воде.

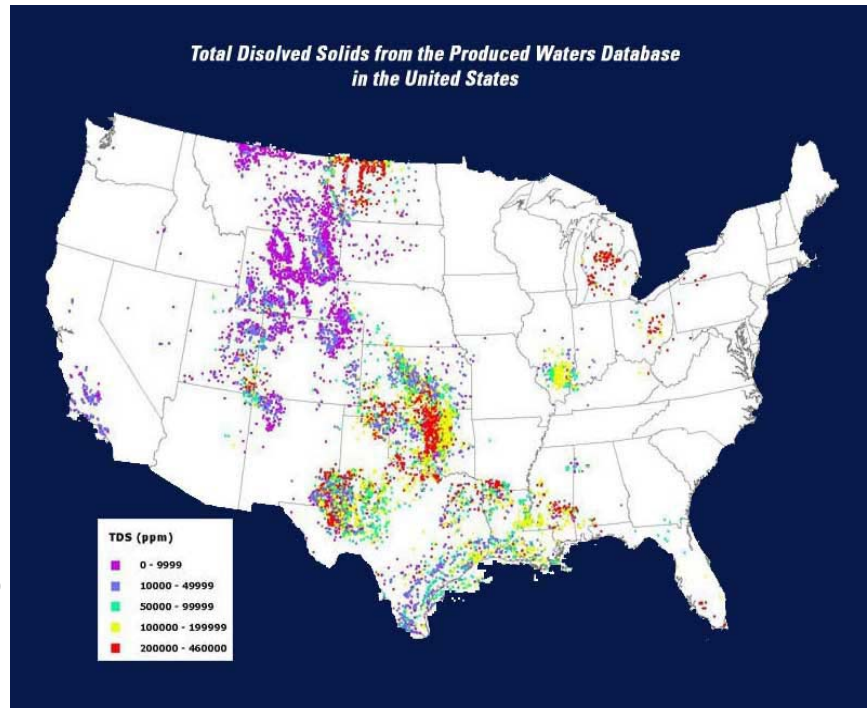
Также скважина для отброса воды должна находиться на значительной дистанции от нефтяной скважины, и таким образом вода подвозится или закачивается в точку введения. Иногда пустота может иметь пористые стенки, поэтому впрыскиваемая или вводимая вода не должна закупоривать поры этой формации.

Во время поздних стадий цикла жизни скважины, вода впрыскивается под нефтяной слой, и очень часто под пористую формацию. Инъекция воды производит давление, необходимое для выхода нефти на поверхность. Поскольку эта вода пройдет через почву и камни, она должна очиститься чтобы не произошла закупорка формации. Таким образом содержание минералов и нефти контролируется в этой воде для получения наилучших максимальных результатов.



Такие анионы нагара как карбонаты и сульфаты должны находится в пределе минимума для предотвращения осаждения с земляными металлами, что может ограничить эффективность впрыскиваемой воды.

Выбросные скважины являются очень дорогими и проблематичными на воде. Также количество произведенной воды обычно превосходит количество впрыскиваемой воды, оставляя необходимым выброс воды. Независимо от того насколько хороша обработка, произведенная вода содержит следы масла. Поэтому выброс строго контролируется. В засушливых местах эта вода считается природным ресурсом. Правильный метод ее обработки должен использоваться в зависимости от требуемого качества для безопасности использования.



### **Береговые или водные установки**

На воде очень трудно перерабатывать и сбрасывать воду, но на береговых установках осуществляется прерывный метод переработки партиями и рециркуляцией. Очистительные процедуры водных установок зависят от функционирования такого оборудования как электростатические фильтры, разделительные пластины, газоперекачивающие флотации, центрифуги, гидроциклоны и фильтровые мембраны для изъятия как можно больше масла из воды. Установки на воде также ограничены весом: 250 паундов на квадратный фут. На водных платформах обычно нет ни время и не места для того чтобы отбросанная вода залёживалась в прудах где нефть можно очистить с помощью биологических агентов. Поэтому отработанная вода от водных нефтяных установок получается в 10 раз хуже, чем от береговых установок.

## Проблемы выброса воды

В отработанной воде находятся повышенные концентрации тяжёлых металлов включая барий, бериллий, кадмий, хром, железо, никель, серебро и цинк. Также в ней содержится небольшое количество природных радионуклидов – радий-226 и радий-228, а также летучего растворенного органического материала.

При разбавлении и смешивании с солёной водой, очищенная произведенная вода не представляет угрозу окружающей среде. Однако в мелких мутных водах около берега повышенные концентрации углеводов и металлов в воде могут быть токсичными.

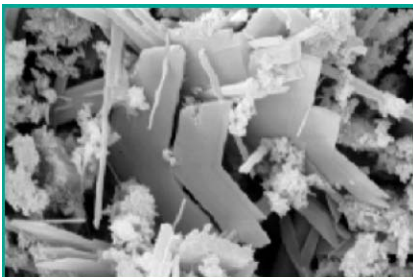
Нефтяная индустрия продолжает решать проблему загрязнения окружающей среды выбросами грязной воды.



Эти методы включают в себя уменьшения количества воды, введение ее в грунт под землей и делать ее как можно чистой. Индустрия нефти смогла достигнуть в 1998 году в среднем 22 ppm.

Одним из решений проблемы уменьшения нефти в воде является увеличение использования хлопьевидных полимеров и химикатов. Это в своем роде приносит больше проблем окружающей среды в связи с выбросом химических материалов. Они как правило должны убираться в соответствии с продолжающимся очистительным процессом, увеличивая затраты.

Использование этих химикатов добавляет миллионы тонн добавочных отходов. Карта на прошлой странице показывает условные концентрации общих растворенных твердых веществ на территории Соединенных Штатов. Для безопасного выброса эти растворенные твердые вещества должны быть сначала извлечены из воды. Таким образом обычный процесс переработки воды является очень сложным.



Calcium Sulfate Crystals



Одной из самых больших трудностей очищения отработанной воды являются токсичные ингредиенты, которые в основном ассоциируются с углеводородными продуктами. Тяжелые металлы, радиоактивные вещества, и летучие органические

углероды представляют собой огромную угрозу. В добавлении к этому произведенная вода содержит много других разных ненужных химикатов, которые требуется изъять прежде чем перерабатывать в сверильных операциях. Высокие уровни растворенных твердых веществ не легко перерабатывать с помощью обычных разделительных методов.

Treatment Method	Advantages	Disadvantages	Cost
<b>Carbon Adsorption</b> Modular granular activated carbon systems.	Removes hydrocarbons and acid, base and neutral compounds; low energy requirements; higher throughput than other treatments (except biological); treats a broad range of contaminants; very efficient at removing high MW Organics	Fouling of carbon granules is a problem; produces waste stream of carbon and backwash; requires some pre-treatment of produced water stream.	Moderate
<b>Air stripping</b> Packed tower with air bubbling through the produced water stream.	Removes 95% of VOCs as well as benzene, toluene, naphthalene, and phenols; H <sub>2</sub> S and ammonia can be stripped with pH adjusting; higher temperature improves removal of semi-volatiles; small size; low weight and low energy requirements	Can be fouled by oil; risk of iron and calcium scales forming; generates an off-gas waste stream that may require treatment; requires some pre-treatment of produced water stream.	Low capital and operating costs; treatment cost up to \$0.10/1,000 gal plus \$1.50/k gal if off-gas control by activated carbon
<b>Membrane Filtration</b> Nanofiltration and Reverse Osmosis polymeric membranes.	Effective removal of particles and dispersed and emulsified oil; small footprint size, low weight and low energy requirements; high throughput rates.	Doesn't remove volatiles or low molecular weight compounds. Oil, sulfides or bacteria may foul membrane, which requires daily cleaning; reject may contain radioactive material; requires pre-treatment of feed stream	Low Operating Costs
<b>Ultra-violet light</b>  Irradiation by UV lamps	Destroys dissolved organics and both volatile and non-volatile organic compounds, including organic biocides; does not generate additional waste stream; handles upset or high loading conditions.	Will not treat ammonia, dispersed oil, heavy metals, or salinity; relatively high energy requirements; UV lamps may become fouled; residues may be toxic if peroxide used; requires some pre-treatment of produced water stream.	Similar capital costs to chemical oxidation with ozone but operating costs lower because no waste streams.
<b>Chemical Oxidation</b>  Ozone and/or hydrogen peroxide oxidation	Removes H <sub>2</sub> S and particulates; treats hydrocarbons, acid, base and neutral organics, volatiles and non-volatiles; low energy requirements if peroxide system used; straightforward to operate.	High energy inputs for ozone system; oil may foul catalyst; may produce sludge and toxic residues; requires some pre-treatment of produced water stream.	Moderate Operating Costs
<b>Biological Treatment</b> Aerobic system with fixed film biotower or suspended growth (e.g. deep shaft)	Treats biodegradable hydrocarbons and organic compounds, H <sub>2</sub> S, some metals and, in some conditions, ammonia; "fairly low" energy requirements; handles variable loadings, if acclimated.	Large, heavy plant required for long residence times; build-up of oil and iron hinders biological activity; aeration causes calcium scale to form; produces gas and sludge requiring treatment; requires pre-treatment of feed.	Similar capital costs to chemical oxidation with ozone but operating costs lower because no waste streams.

DAF, центрифуги, осветлители,

гидроциклоны и другие похожие методы являются не эффективными для удаления растворенных твердых частиц.

### Методы переработки отработанной воды

В 1995 году Американский Институт Петролеума (API), сделали рекомендации о лучших существующих технологиях для переработки отработанной воды от водных нефтяных установок.

Репорт определил последующие факторы, способствующие загрязнению воды: маленькие частицы, соленость (более 9%), летучие соединения,

экстрагируемые органические вещества (кислотные, основные и нейтральные), аммиак и сероводород. Шесть различных технологий по переработке отработанной воды на водных установках были официально приняты. В полученном репорте было отмечено, что количество загрязнителей можно довести почти до нуля при применении комбинации различных технологий. В таблице показаны эти технологии. Следует упомянуть, что с начала 1995 года были сделаны огромные технологические продвижения в сфере переработки водных отходов, включая в себя технологию VSEP.

### **Мембранные технологии фильтрации**

Преимущества фильтрации с помощью мембранных технологий всегда интриговало инженеров. В прошлом переработка отработанной воды с помощью обыкновенных спиральных мембран не было популярно из за образования загрязнения. Многие учёные и инженеры пытались оптимизировать использование обычных мембран.

Коллоидное закупоривание загрязняет мембранные поры и тем самым уменьшает протекательность и увеличивает цикл чистки и промыва. Также требуется предварительная обработка для предотвращения накипеобразования. Компании, которые в основном изготавливают спиральные мембраны, разработали новые гидрофильные партии, отталкивающие масло. Несмотря на эти новые разработки спиральные мембраны не являются популярным методом использования для переработки отработанной воды.

Основными ограничениями использования спиральных мембран являются следующие факторы:

- Загрязнение от накипеобразования
- Нужда в тщательной предварительной обработке
- Занятие огромной площади
- Использование огромного количества электроэнергии
- Нужда в хранении множества химикатов для предварительной обработки

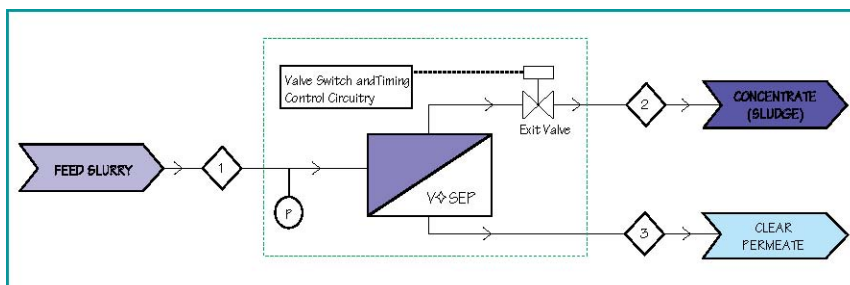
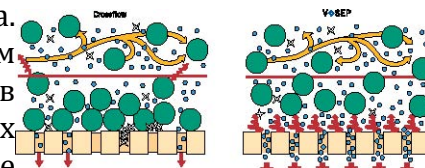
### **Преимущества системы VSEP**

Новое мембранное оборудование под названием VSEP использует крутильную вибрацию поверхности мембраны, которая позволяет использовать энергию среза на поверхности и около пор. Результатом этого является уменьшение коллоидного загрязнения и поляризации мембраны. Поскольку при вибрации загрязнения пор не происходит, предварительная обработка напора не требуется. В добавлении к этому пропускная способность увеличивается в 5-5 раз.



Синусоидные срезные волны с поверхности задерживают подвешенные частицы над поверхностью мембраны, позволяя свободный проход жидкости через мембрану. В связи с этим производительность системы VSEP увеличивается по сравнению с обычными спиральными мембранными системами.

Мембранная система VSEP это конструкция из вертикальной пластины и рамы, в которой мембранные пластины одна на другую. Тем самым горизонтальная площадь системы относительно мала. Это в комбинации с очень маленьким потреблением энергии делает систему VSEP очень популярной в особенности при применении на водных нефтяных установках где вместительность очень мала. Последние исследования показали преимущество вибрационного процесса.

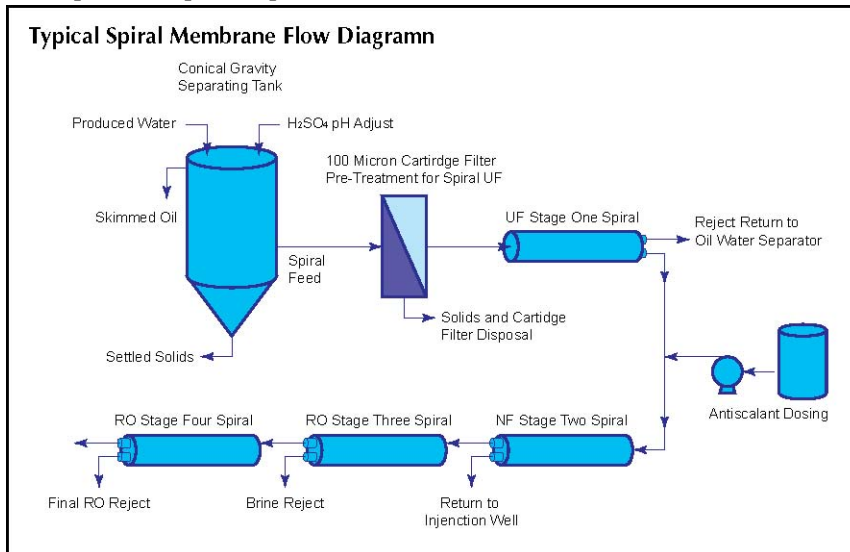


### VSEP ... A New Standard in Rapid Separation

При накипеобразовании в мембранной системе формируются коллоидные нерастворимые минеральные соли. Они позже становятся подвешенными коллоидными частицами, которые в последствии себя ведут как любые



другие взвешенные твердые частицы при процессе фильтрации. Взвешенное вещество может присоединиться к поверхности мембраны и предотвратить процесс фильтрации.



Multistage process used with Spiral Wound Modules to prevent fouling and mineral scale formation from slightly soluble salts

Перетёк используется для уменьшения этого эффекта накопления. Обычные мембраны имеют ограничения в количестве общих растворимых частиц (в смысле предела их растворимости), а также

ограничения в общем количестве взвешенных твердых частиц. Коллоидное загрязнение происходит если их количество будет очень высоко.

Система VSEP использует крутильные колебания при поверхности мембраны для торможения поляризации взвешенных коллоидных частиц. Это является очень эффективным методом коллоидного отталкивания поскольку синусоидные срезные волны с поверхности мембраны помогают отталкивать приходящие частицы. В результате взвешенные твердые частицы держатся параллельно выше поверхности мембраны и вымываются встречным потоком воды.

Вымывание происходит при эквilibриуме. Давление и скорость определяют толщину этой подвешенной прослойки. Взвешенные коллоидные частицы вымываются встречным потоком в то время как появляются новые частицы. Удаление и прибытие частиц будет происходить пока не произойдет равновесия.

Этот слой проницаемый и не прикреплённый к мембране. В системе VSEP этот слой играет большую роль при образовании минерального налета. В случае формирования слишком большого количества коллоидов они смываются для поддержания равновесия диффузионного слоя. Для системы VSEP почти не существует таких ограничений, с которыми связаны обычные мембранные системы. Обычные мембранные системы образуют коллоидные наросты, которые постепенно закупоривают мембраны. В системе VSEP это не является проблемой.

В частности наша система может фильтровать любой жидкий состав. В какой то момент когда все растворители выведены из воды, жидкость превращается в гелиевое состояние и на этом заканчивается фильтрация.

В мембранной системе VSEP отстойка образуется в жидкости и становится тем самым взвешенным коллоидом. Другим огромным преимуществом является то, что вибрация поверхности мембраны тормозит кристаллообразование. Примерно процессу мешания кипящего котла, постоянное движение поверхности мембраны помогает уменьшать образование загрязнений.

При движении мембраны взад и вперед со скоростью 50 раз в секунду, любые шероховатости поверхности сглаживаются. Чем глаже поверхность, там меньше свободной энергии достаточно для кристаллизации. Это приводит к очень насыщенному раствору. Для формирования отслоек и кристаллов нужно время. Поскольку мембрана находится в постоянном движении, то не хватает времени для их формирования. Для сравнения на обычных статичных мембранах разрастаются отстойки коллоидов и для этого достаточно времени. Также в системе VSEP фильтрация происходит при наибольшей скорости. Достаточно 1/15 от площади обычной мембраны для производительности тех же результатов в системе VSEP.

Использование метода мембранного разделения для переработки отработанной воды является очень экономичной альтернативой.

Преимущества системы VSEP:

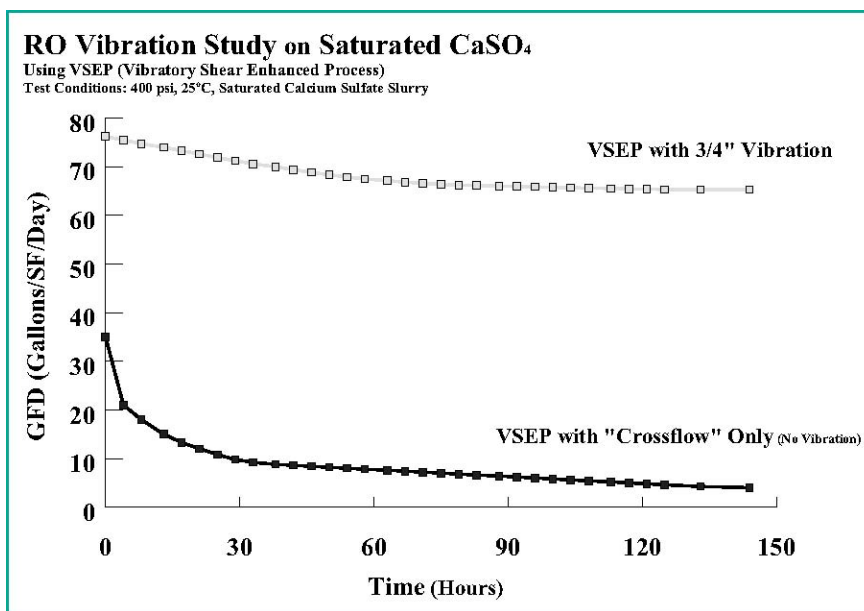
Высшая пропускная способность при сравнении с другими мембранными системами

Не требуется предварительной обработки

Рациональный расход электроэнергии

Маленькая площадь и простой дизайн

Широкий выбор мембран от Микрофильтрации до Реверсного Осмосиса



Comparison of Flux with and without Vibration