

# ПРИМЕНЕНИЕ ПОВЕРХНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ «ЭНОРДЕТ» ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ

Повышение производительности текущей деятельности

«Шелл Кемикалс»



## КАК ОЖИВИТЬ ЗРЕЛОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ ПРИ ПОМОЩИ ПАВ «ЭНОРДЕТ»

[WWW.SHELL.COM/  
CHEMICALS/ENORDET](http://WWW.SHELL.COM/CHEMICALS/ENORDET)

При использовании современных технологий нефтедобычи около двух третей нефти остается в земле. Методы повышения нефтеотдачи пластов, основанные на использовании поверхностно-активных веществ, помогут вам добывать больше

Методы повышения нефтеотдачи используются с целью увеличения извлечения нефти на разрабатываемых месторождениях. Как правило, после первого и второго этапов добычи в пласте остается две трети разведанной нефти. Применение методов повышения нефтеотдачи пластов позволяет извлекать большую часть оставшейся нефти.

Существуют разные методы увеличения нефтеотдачи пластов, основанные на закачке пара, газа или воды в пласт. Эффективность данных методов можно повысить за счет применения определенных добавок и синтетических активных веществ. «Шелл Кемикалс» разрабатывает синтетические поверхностно-активные вещества и обладает большими

производственными мощностями для обеспечения долгосрочных поставок продукции. Поверхностно-активные вещества для увеличения нефтеотдачи пласта выпускаются под торговой маркой «Энордет».

ПАВ «Энордет» растворяются в пресной или соленой воде с полимерами и щелочами и закачиваются в нефтеносный пласт. Растворы с содержанием ПАВ, полимеров и щелочей могут быть логическим продолжением раствора, используемого для заводнения коллектора. Для получения наилучшего результата состав раствора должен учитывать параметры сырой нефти и условия ее залегания.



# ПОЧЕМУ СОТРУДНИЧЕСТВО С «ШЕЛЛ» ВЫГОДНО?

## ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА

Мы помогаем клиентам правильно подобрать ПАВ для обеспечения ультранизкого поверхностного натяжения на границе «нефть – вода». При выборе состава необходимо учитывать параметры сырой нефти, такие как кислотное число, плотность нефтепродукта в градусах Американского нефтяного института, вязкость, а также типы присутствующих углеводородов, измеряемые содержанием насыщенных ароматических углеводородов, смол и асфальтенов. Кроме того, на выбор ПАВ влияет состав минерализованного раствора (минерализация, жесткость). Также рассматриваются условия конкретного пласта, включая температуру, водопроницаемость, тип породы, и вопросы практической организации, например, наличие пресной или умягченной (минерализованной) воды.

Внимание следует уделить и возможным ограничениям, обусловленным местоположением. Например, шельфовые месторождения часто имеют ограничения в пространстве, весе и мощности.

## ПРОДУКЦИЯ КОМПАНИИ И ИННОВАЦИИ

«Шелл Кемикалс» предлагает широкий ассортимент поверхностно-активных веществ «Энордет», которые при правильном применении могут использоваться для различных видов нефти и условий ее залегания.

Чтобы упростить поставку и минимизировать место для хранения продукции, мы разрабатываем ПАВ в жидком виде и в форме пасты высокой концентрации.

## ЛОГИСТИКА

Наши клиенты расположены по всему миру. Предпочтительный способ транспортировки — перевозка в iso-контейнерах.

Небольшие объемы продукции отгружаются в крупнообъемных контейнерах или бочках.

## БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА, ТРУДА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

При производстве, транспортировке, хранении и применении в полевых условиях необходимо соблюдать требования правил безопасности, охраны труда и окружающей среды. «Шелл Кемикалс» выполняет все требования регулирующих документов при производстве, транспортировке, хранении и применении продукции. Благодаря активному сотрудничеству с отраслевыми организациями в вопросах безопасности, охраны труда и окружающей среды наши специалисты могут при необходимости предоставить клиентам любую помощь в обеспечении соответствия ПАВ «Энордет» требованиям регулирующих документов.

## КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

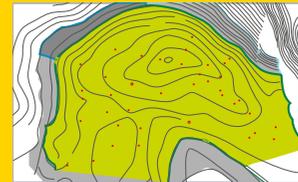
Продукция «Шелл» соответствует самым высоким отраслевым стандартам. В компании действует система контроля качества, позволяющая создавать лучшую продукцию для наших клиентов. Компания имеет сертификаты ISO 9001 и ISO 14001.



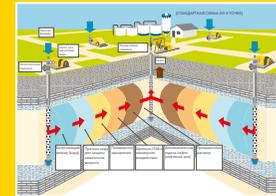
УВЕЛИЧЕНИЕ ОБЪЕМОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ПОВЕРХНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ:  
СТРОГИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
НЕОБХОДИМОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

КОММЕРЧЕСКАЯ  
ЭКСПЛУАТАЦИЯ  
20 – 50  
ТЫС. ТОНН В ГОД

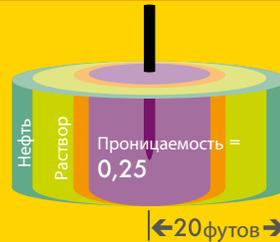
КОМПЛЕКСНЫЕ  
ИСПЫТАНИЯ В  
СКВАЖИНЕ  
0,5 – 5 тыс. тонн



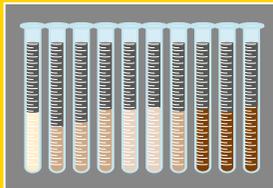
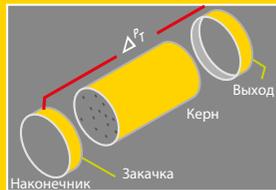
ОДНОКРАТНОЕ  
ИСПЫТАНИЕ В  
СКВАЖИНЕ  
500 – 3 000 кг



ЭФФЕКТИВНОСТЬ  
В КЕРНЕ  
кг

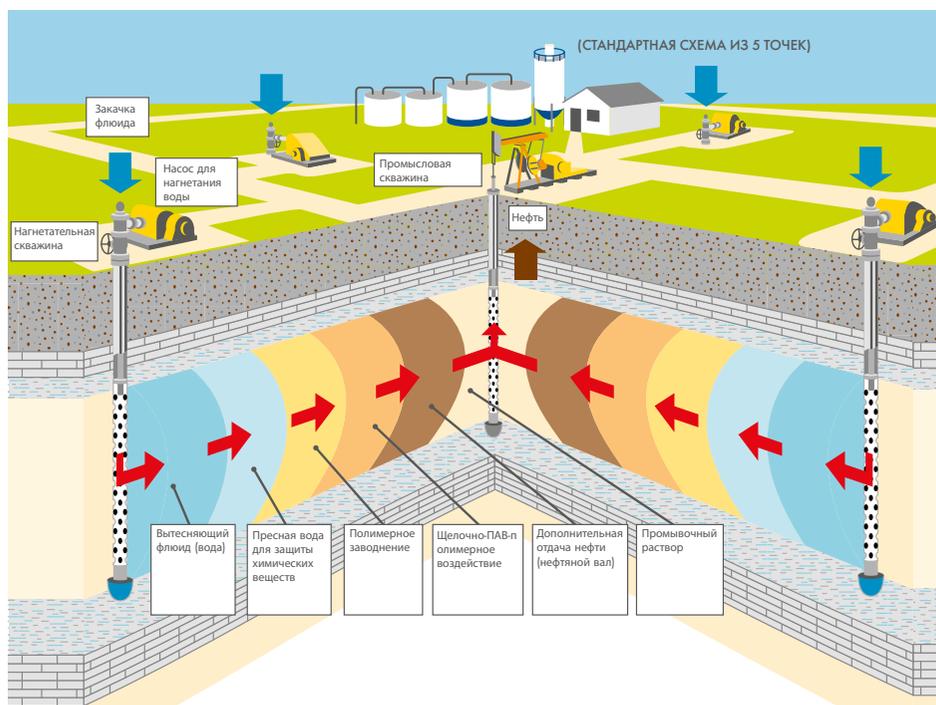


ФАЗОВАЯ  
ПРОНИЦАЕМОСТЬ  
низкие затраты  
грамм



## КАКИМ ОБРАЗОМ ПАВ «ЭНОРДЕТ» УВЕЛИЧИВАЮТ НЕФТЕОТДАЧУ ПЛАСТА?

При применении химических методов увеличения нефтеотдачи происходит заводнение пластов растворами, содержащими небольшой процент (обычно 0,3 – 1%) поверхностно-активных веществ. ПАВ преодолевают действие капиллярных сил, снижая поверхностное натяжение на границе «нефть – вода» до ультранизкого уровня. Благодаря этому капельки нефти впитываются в поры породы и, соединяясь, формируют нефтяную оторочку.



Для достижения эффекта вытеснения нефти используются специальные ПАВ «Энордет», подобранные с учетом условий конкретного пласта:

- температура пласта
- минерализация, концентрация двухвалентных ионов (жесткость воды)
- параметры сырой нефти (вязкость, кислотное число, содержание насыщенных ароматических углеводородов, смол и асфальтенов)

Важно правильно подобрать поверхностно-активные вещества, чтобы предотвратить формирование вязкой эмульсии. Для уменьшения адсорбции ПАВ породой пласта в водный раствор ПАВ часто добавляют щелочи. При высоком кислотном числе сырой нефти щелочь образует дополнительные поверхностно-активные вещества, вступая в реакцию с органическими кислотами. Для улучшения контроля подвижности вытесняющего флюида добавляют водорастворимые полимеры, например, частично гидролизованный полиакриламид, повышающий вязкость водной фазы. Закачка полимерно-щелочного ПАВ, как правило, происходит после закачки раствора полимера, который действует как поршень, выталкивая нефтяную оторочку через породу в скважину. Синергетический эффект достигается при сочетании внутренних олефин-сульфонатов с алкоголь-алкоксисульфатами типа поверхностно-активных веществ.



## ВИДЫ ПОВЕРХНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ «ЭНОРДЕТ» ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ

ENORDET™	вид ПАВ	суспензид / углеродное число / длина цепочки	Среднее содержание пропиленоксида / этиленоксида на единицу алкоголя (моль/моль)	Максимальная температура пласта	оптимальное отношение минерализации к октанову числу; весовое процентное содержание NaCl *	толерантность двухвалентных ионов #
O242	IOS	C20-24		до 200°C	1 - 3% (а)	ограниченная
O332	IOS	C15-18		до 200°C	9 - 13% (а)	ограниченная
O342	IOS	C19-23		до 200°C	2 - 4% (а)	ограниченная
O352	IOS	C24-28		до 200°C	0,1 - 1% (а)	ограниченная
A771	AAS	C16-17	7 пропиленоксид	до ≥ 60°C **	1,5 - 3% (б)	отличная
A031	AAS	C16-17	3 этиленоксид	до ≥ 60°C **	5 - 7% (б)	отличная
J771	AAS	C12-13	7 пропиленоксид	до ≥ 60°C **	1,5 - 4% (б)	отличная
J11111	AAS	C12-13	11 пропиленоксид	до ≥ 60°C **	0,5 - 2% (б)	отличная
J13131	AAS	C12-13	13 пропиленоксид	до ≥ 60°C **	0,5 - 2% (б)	отличная
J071	AAS	C12-13	7 этиленоксид	до ≥ 60°C **	24 - 26% (б)	отличная

\* допустимая степень минерализации зависит от состава раствора

\*\* до 60°C для полимерных ПАВ растворов, немного выше для щелочно-ПАВ-полимерных

# эффективная толерантность двухвалентных ионов зависит от состава раствора

IOS = внутренние олефин-сульфонаты

AAS = алкоголь-алкоксисульфаты

Для соответствия параметрам сырой нефти и условиям пласта заданная оптимальная степень минерализации может быть достигнута смешиванием ПАВ. Например, «Энордет O332» может применяться в средах со средней и высокой степенью минерализации в сочетании с другими ПАВ.

### ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ РАСТВОРИТЕЛИ И ВОДНЫЕ СОЛЮБИЛИЗАТОРЫ

Вспомогательные растворители часто требуются в полимерных ПАВ растворах или комбинированных (щелочно-ПАВ-полимерных) составах для повышения растворимости в воде и снижения вязкости микроэмульсии. Основными вспомогательными растворителями являются низкомолекулярные спирты: вторичный бутанол и изобутанол.

(а) IOS, 90°C, весовое процентное содержание ПАВ 2%, не является вспомогательным растворителем

(б) AAS, 50°C, весовое процентное содержание ПАВ 1%, 1% вторичный бутанол

Этоксилаты спиртов «НЕОДОЛ» являются превосходными солюбилизаторами. Их основным преимуществом по сравнению с низкомолекулярными спиртами является высокая эффективность при низких концентрациях, что также сокращает логистические затраты. Кроме того, они имеют низкую волатильность, минимизируя степень опасности при использовании данных веществ. См. также статью Техасского университета, опубликованную на конференции Научного общества инженеров-нефтяников – SPE130007 «Роль вспомогательных растворителей и поверхностно-активных веществ в химических составах для заводнения нефтеносных пластов».

Более подробную информацию о продуктах торговой марки «НЕОДОЛ» можно узнать на сайте компании: [www.shell.com/chemicals/neodol](http://www.shell.com/chemicals/neodol)

## КОНЦЕНТРИРОВАННЫЕ ПАВ «ЭНОРДЕТ»

С точки зрения логистики и эксплуатации, ПАВ выгодно транспортировать в концентрированном виде, т.к. это минимизирует транспортные расходы и экономит складские площади. В зависимости от концентрации и вида активного вещества ПАВ «Энордет» отличаются различными физическими свойствами от жидкости (с низкой вязкостью) до пасты (высокая вязкость). Компания «Шелл Кемикалс» совершенствует эксплуатационные характеристики концентрированных пастообразных ПАВ, чтобы сделать их более текучими, а следовательно более удобными для закачки и смешивания на объектах, где применяются полимерные или комбинированные (щелочно-ПАВ-полимерные) составы ПАВ.

## СМЕСИ

Для упрощения дальнейшего использования рекомендуется поставлять систему ПАВ в виде концентрированной смеси. По сравнению с отдельной поставкой каждого ПАВ, в случае смеси требуется только один резервуар для хранения и нет необходимости производить процесс смешивания на месте. Дополнительным преимуществом является то, что комбинация внутренних олефин-сульфонатов и алкоголь-алкоксисульфатов часто имеет форму жидкости (низкая вязкость) высокой концентрации, что облегчает обращение по сравнению с пастой. При необходимости «Шелл Кемикалс» может разработать специальную концентрированную смесь для конкретных потребностей клиента. При этом учитываются несколько факторов: местные условия, такие как преобладающий климат, варианты хранения, логистические особенности (например, поставка на шельф), способы перевозки и растворение продукта в закачиваемой воде. Учитывая множество возможностей, разработка состава смеси должна осуществляться в тесном сотрудничестве с заказчиком.



## ПЕНЫ

Метод нагнетания газа в пласт для увеличения нефтеотдачи пластов привлекает все большее внимание. Таким газом может быть азот, углекислый газ, пар или попутно добываемые газообразные углеводороды, закачиваемые обратно в пласт. Для улучшения контроля подвижности вытесняющего газа в пласт (одновременно с ним) закачивается вода с ПАВ, что приводит к образованию пены непосредственно в пласте. Кроме того, для контроля подвижности нагнетаемой воды при высокой температуре пласта может быть предпочтительнее использовать пену, образуемую при использовании термостойкого поверхностно-активного вещества, чтобы избежать нежелательного разложения частично гидролизованного полиакриламида. «Энордет О332», АОS1416 и АОS1618 доказанно образуют стойкую пену. Для использования при нагнетании пара может использоваться «Энордет LTS-18» — поверхностно-активное вещество, обладающее очень высокой термостойкостью. Оно применяется в технологии закачки пара и пены, для которой требуется устойчивость ПАВ к температурам свыше 250°C.

## КОМПОНЕНТЫ СОСТАВОВ, НАГНЕТАЕМЫХ В ПЛАСТ

Полимерные ПАВ растворы или комбинированные (щелочно-ПАВ-полимерные) составы содержат воду, которая может быть получена из различных источников, включая попутно добываемую воду (минерализованная, не питьевая вода).

- Компоненты комбинированных составов напоминают вещества в продуктах бытовой химии:
- Щелочь – обычно карбонат натрия используется в щелочно-ПАВ-полимерных составах:
  - Концентрация щелочи, как правило, составляет от 1% до 2%;
- Поверхностно-активные вещества
  - Концентрация ПАВ обычно составляет от 0,3% до 1%;
  - ПАВ похожи, но не идентичны активным веществам, используемым в бытовых продуктах: шампунях, стиральных порошках, средствах для мытья посуды и т.д.;
- Полимеры
  - Концентрация полимеров обычно составляет от 0,1% до 0,3%;
  - Используемый полимер — частично гидролизованный полиакриламид. Такие полимеры применяются во многих водоочистных установках.





ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ  
ПЛОЩАДКА «ШЕЛЛ КЕМИКАЛС»  
ГЕЙСМАР, ЛУИЗИАН





## ПРЕИМУЩЕСТВА РАБОТЫ С «ШЕЛЛ»

### НАДЕЖНОСТЬ ПОСТАВОК



Мы предлагаем надежные поставки продукции с возможностью увеличения объема по мере роста вашего бизнеса. Группа компаний «Шелл Кемикалс» является крупнейшим в мире производителем олефинов, спиртов и этоксилатов спиртов, которые являются сырьем для продуктов серии «ЭНОРДЕТ». Наше производство находится в США (3 завода, Гейсмар, шт. Луизианна) и Европе (1 завод в Станлоу, Великобритания).

### ОБСЛУЖИВАНИЕ КЛИЕНТОВ



Наши центры обслуживания и продаж расположены на всех шести континентах и всегда готовы оказать помощь в выборе продукции и оптимального решения для ее поставки. Опытные специалисты из Хьюстона и Амстердама окажут необходимую техническую поддержку. С нами можно связаться через веб-сайт компании ([www.shell.com/chemicals/enordet](http://www.shell.com/chemicals/enordet)), или обратившись в центр обслуживания клиентов.

### КАЧЕСТВО



Наши заводы сертифицированы по системам ISO 9001 и ISO 14001. Качество гарантируется постоянным контролем всех процессов от разгрузки сырья до поставки готовой продукции.

### БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОДУКЦИИ



«Шелл Кемикалс» занимает активную позицию в вопросах безопасности, охраны труда и окружающей среды. Для правильного обращения и использования нашей продукции мы предоставляем необходимое обучение и оценку.

## ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ



«Шелл Кемикалс» предлагает различные электронные решения для заказа продукции «ЭНОРДЕТ» и оперативного управления запасами. Customer Lounge («кастомер лаундж») – это безопасный веб-интерфейс для размещения и отслеживания заказов, а также управления ими. Система Elemica™ позволяет существенно повысить эффективность электронной торговли благодаря стандартизации процессов.

## ВЕБ-САЙТ

На веб-сайте «Шелл Кемикалс» имеется доступ к многолетним разработкам продукции «ЭНОРДЕТ»: [www.shell.com/chemicals/enordet](http://www.shell.com/chemicals/enordet).

*Информация для скачивания в формате PDF включает техническое описание, документы, паспорта и руководства.*



# ПАВ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ

## ПОВЕРХНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА

ПАВ – составы, предназначенные для снижения поверхностного натяжения на границе фаз воды и нефти. Поверхностное натяжение снижается с 30 – 40 мН/м (дин/см) до <0,001 мН/м. При таких низких значениях натяжения формируются термодинамически стабильные микроэмульсии низкой вязкости. Они необходимы для минимизации потерь ПАВ в коллекторе, поэтому большое значение имеет правильный выбор ПАВ.

## ЩЕЛОЧНО-ПАВ-ПОЛИМЕРНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

При использовании химических методов увеличения отдачи нефти основную роль играет эффективное движение водного раствора (и нефтяной оторочки) через коллектор. Для этого необходимо определить оптимальный состав раствора.

Как правило, он включает водорастворимый полимер, например, частично гидролизованный полиакриламид, который увеличивает вязкость водной фазы и улучшает контроль подвижности вытесняющего флюида. Щелочь также включается в состав водного раствора с целью увеличения эффективности за счет снижения адсорбции ПАВ в породе. При высоком кислотном числе сырой нефти щелочь образует дополнительные поверхностно-активные вещества, вступая в реакцию с органическими кислотами. Эти ПАВ также участвуют в создании ультранизкого поверхностного натяжения на границе фаз

## ОПЫТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ СОСТАВА

Для проверки способности конкретного состава ПАВ создавать ультранизкое поверхностное натяжения и микроэмульсии на границе нефти и закачиваемого раствора проводятся специальные испытания. Для этого пробирки заполняются соответствующим комбинированным составом раствора и нефтью. Затем содержимое тщательно перемешивают и в течении длительного времени наблюдают за состоянием смеси при температуре пласта. У каждой пробирки разная степень минерализации, что позволяет определить ее границы. Минерализация, при которой формируется наибольшее количество микроэмульсии, имеет высокий потенциал для выбора в качестве основного состава раствора. Затем выбранные составы проходят опытные испытания на заводнение, в которых моделируется распространение флюида и отдача нефти из коллектора.



## Отказ от ответственности

«Шелл Кемикалс» означает компании концерна «Шелл» в области химической промышленности. Концерн «Шелл» означает группу компаний, которые прямо или косвенно принадлежат «Ройял Датч Шелл». Каждая компания, входящая в концерн «Шелл», является независимым лицом и имеет собственную идентичность.

Информация, содержащаяся в этой публикации, является достоверной, насколько нам это может быть известно, однако мы не предоставляем гарантии в отношении каких-либо рекомендаций и предложений ввиду отсутствия информации о конкретных условиях предполагаемого использования продукции. Информация, содержащаяся в этой публикации, не должна толковаться как рекомендация по использованию продукции, противоречащая существующим патентам на материалы или использование.

«ЭНОРДЕТ», «НЕОДЕН», «НЕОДОЛ» И «НЕОФЛО» являются зарегистрированными торговыми марками компаний, входящих в концерн «Шелл».

Обращения в компанию направляются через веб-сайт:  
[www.shell.com/chemicals/enordet](http://www.shell.com/chemicals/enordet)

Дата публикации: декабрь 2015 г. Все права защищены.

Авторские права на этот документ принадлежат компании «Шелл Кемикалс Юроп БиВи», Роттердам, Нидерланды. Все права защищены. Воспроизведение, хранение в любой системе и передача в любой форме и любыми средствами настоящего документа или его части запрещена без предварительного письменного согласия владельца авторских прав.