



P.O. Box 515429
 Dallas, Texas 75075
 Ph: (972) 669-3390
 Fax: (469) 241-0896
 Email: oseiCorp@msn.com
 Web: www.osei.us

OSEI CORP: РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ OSE II¹

Steven Pedigo, президент/руководитель OSEI Corporation

Ведущая нефтяная компания British Petroleum проводила тестовые испытания продукта OSE II (OSE Corporation) на эффективность ликвидации последствий разлива нефти на глубоководной платформе Deepwater Horizon. Тестирование проводилось в лаборатории LSU Dr. Tsao (British Petroleum).

Крупная нефтяная компания British Petroleum (BP) проводила испытания продукта Oil Spill Eater II (OSE II), производимого OSEI Corporation. Тестирование проводилось в лабораториях университета шт. Луизиана (Laboratory State of Louisiana) с ноября 2010 г. по январь 2011 г. В статье приводятся некоторые разделы исследования BCST (Bio Chem Strike Team) результатов испытаний BP и выводы, отраженные в предварительном докладе.

OSE II был испытан и в традиционной смеси, и в смеси, приготовленной в соответствии с приложенной инструкцией. Продукт OSE II смешали с малосернистой легкой нефтью, взятой с поверхности воды в заливе Джимми (шт. Луизиана). Эта нефть была также смешана с дополнительными компонентами химического диспергирующего продукта «Corexit» (ExxonMobil), так как именно эти диспергаторы были применены в месте разрушения платформы Deepwater Horizon для ликвидации последствий разлива нефти.

Компания BP создала группу специалистов Bio Chem Strike Team (BCST), возглавляемую Dr. Tsao. Эта группа была создана в рамках программы Alternative Response Technology (ART) после инцидента на Deepwater Horizon. В группу

входили эксперты из компании BP, университета Луизианы, Управления по качеству окружающей среды Луизианы (Louisiana Department of Environmental Quality – LDEQ), OSPR (California), SCAT, а также опытные консультанты и специалисты в области ликвидации последствий разливов нефти. BCST провела ряд исследований в соответствии с рекомендациями EPA и NOAA. Общей целью BCST стала оценка множества альтернативных решений, которые были представлены в качестве потенциальных методик очистки воды залива от разлитой нефти. В рамках программы ART планировалось определить наиболее эффективные и отвечающие требованиям Unified Command биологические и химические технологии. Для того чтобы достичь этого, группа должна была рассмотреть и определить, какие технологии будут проходить «оценку рабочего стола» (обзор научной литературы), лабораторные испытания (в водной лаборатории по токсикологии Университета Луизианы) и/или полевые испытания. В результате работы, проведенной группой BCST, специалисты должны были разработать рекомендации для применения наиболее эффективных из предложенных технологий с целью использования Объединенной командой по

ликвидации последствий разлива (Unified Command).

В июне 2010 г. OSEI Corporation также представила информацию о продукте OSE II. Вскоре компания получила сообщение от Dr. Tsao, в котором он проинформировал, что продукт OSE II намечен на проведение четырехэтапных испытаний, хотя ранее компания BP заявляла, что лишь немногие продукты смогут пройти их. Испытания были начаты в ноябре 2010 г., а завершились в январе 2011 г. Испытания проводились очень тщательно; при этом продукт оценивался с точки зрения актуальных аспектов (в частности, эффективности) ликвидации последствий разлива углеводородов/нефти.

Тестирование проводилось с использованием газового хроматографа для проведения масс-спектрометрии EPA (Gas Chromatograph Mass Spectrometry EPA). В процессе испытаний подсчитывалось число бактерий, а также концентрации растворенного кислорода, азота, фосфора. Также оценивалась способность продукта к разложению полиароматических углеводородов (polyaromatic hydrocarbons – PAH) и парафинов (любых насыщенных алифатических углеводородов с формулой C_nH_{2n+2}).

Результаты проведения испытаний OSE II на эффективность про-

¹Эксклюзивное право на публикацию материала в журнале «Нефтегазовые технологии» предоставлено компанией OSEI CORP.

дукта оказались превосходными. Результаты проведения проверки на эффективность OSE II (в первую неделю) совпали с результатами тестов многих университетов мира, в которых когда-либо проводились аналогичные испытания. В тот же период OSEI Corporation получила ряд «закрытых» писем, в которых выражалось пожелание скорейшего завершения проекта по ликвидации последствий аварии в Мексиканском заливе.

Через одну-две недели испытаний специалисты отметили необъяснимое повышение концентрации ПАУ, однако проверка еще через две недели выявила, что увеличение количества ПАУ оказало существенное влияние на еще более интенсивное их разложение. Не поддающееся объяснению увеличение концентрации ПАУ в лабораторных колбах в процессе использования OSE II, могло повлиять на отсрочку конечного результата.

В процессе проведения исследований была измерена концентрация парафинов, которые являются одним из компонентов нефти и имеют небольшую токсичность для окружающей среды и водной фауны. ПАУ, называемые полициклическими ароматическими углеводородами, потребовали особого внимания и были охарактеризованы EPA США, как наиболее стойкие токсичные компоненты нефти и углеводородов, требующие специальных операций по биоразложению. После применения OSE II концентрация ПАУ сократилась на 200 %, а концентрация парафинов на 81 %.

При исследованиях в закрытой испытательной лаборатории OSE II показал высокую эффективность разложения ПАУ и парафинов. В соответствии с результатами исследований OSE II, полученными на основании начальных и завершающих расчетов, было удалено 80 % объема этих двух компонентов, входящих в состав разлитой нефти, принесенной приливом в воды залива Джимми. Однако, как уже говорилось, система OSE II действительно снизила на 81 % начальное количество парафинов и на 200 % количество ПАУ. Важно отметить, что лабораторные испытания не выявляют в полной мере способность OSE II к разложению

нефти, в связи с тем, что в закрытой лаборатории сложно создать естественные условия для размножения бактерий, естественного волнения, а также обеспечить достаточное количество кислорода. Таким образом, можно с легкостью составить прогноз, что эффективность очистки воды и окружающей среды Мексиканского залива будет значительно выше, как уже было доказано многими полевыми испытаниями и проектами по очистке, которые компания уже выполняла ранее.

Одним из факторов, способствующих оседанию разлитой нефти на дно Мексиканского залива, является тот факт, что концентрация кислорода в толще воды существенно уменьшается из-за диспергаторов, способствующих осаждению нефти на дно. Испытания BCST подтвердили, что OSE II оказывает минимальное негативное воздействие на содержание кислорода в воде.

Испытание, проведенное BP, стало второй по значимости проверкой эффективности OSE II ликвидации последствий двух крупнейших разливов нефти в воде (по вине человека) в истории планеты. В 1989 г. компания ExxonMobil имела возможность оценить эффективность OSE II в Флорхем Парк (Нью-Джерси) и по завершении операции сделала вывод, что эта система является наиболее эффективным продуктом по ликвидации последствий разлива нефти с эффективностью выше 90 %, что было подтверждено при ликвидации последствий разлива нефти в результате катастрофы танкера *Valdez* (ExxonMobil) на Аляске. Этот факт был также подтвержден Dr. Brown из Университета Аляски и Steve Hinton, инженером-химиком из ExxonMobil. После завершения этого испытания оба специалиста признали, что OSEI Corporation достигла успеха, которого ни одна компания-разработчик никогда прежде не добивалась.

В настоящее время BP успешно испытала OSE II при разливе нефти в Мексиканском заливе, в процессе которого, по оценкам, вылилось в море более 600 млн галл сырой нефти.

«Прошло больше года с момента разлива нефти на *Deepwater Horizon*.

До недавнего времени на поверхности воды во многих местах отмечались остаточные пятна разлитой нефти. Специалисты столкнулись с необходимостью проведения полевых испытаний для разработки рабочего критерия и окончательного плана операций по биоразложению оставшейся на поверхности нефти, проведение которых было запланировано на весну 2011 г.», — говорит Dr. Tsao.

OSEI Corporation сообщила BP, что в течение последних 21,5 лет компания успешно применяла OSE II с целью ликвидации более 16 тыс. разливов. Специалисты компании также предложили BP ознакомиться с результатами операций по ликвидации последствий разлива (проведенных некоторое время назад) на песчаных пляжах и траве побережья Залива. Они смогли ознакомиться с видеозаписями на сайте в разделе «ВидеонОВОСТИ, WLOX TV в Миссисипи», где эффективность очистки с помощью OSE II была продемонстрирована на пляже Уэйвленд специально для сенатора шт. Миссисипи Gollot и группы из RRT IV.

Удаление ПАУ также подтверждает, что OSE II является весьма эффективным продуктом биоразложения нефти и ее компонентов и имеет много преимуществ:

- продукт способствует флотации нефти, благодаря чему смягчается негативное воздействие токсичных веществ и диспергаторов в воде или на дне океана;
- вызывает снижение свойств адгезии, что предотвращает загрязнение нефтью перьев птиц, поверхности травы, камней или песка на береговой линии;
- способствует снижению интенсивности (тушению) пожара;
- нетоксичность вещества доказана многочисленными официальными испытаниями (вы можете спокойно мыть руки с использованием этого средства, и, если помните, в одной из новейших телевизионных программ контр-адмирал в отставке Lively выпил стакан воды, в которую был добавлен OSE II);
- продукт на самом деле обеспечивает эффективное разло-

жение и способствует плавучести нефти;

- хотя OSE II способствует плавучести нефти благодаря инновационному методу контакта с нефтью, это невозможно увидеть;

- конечным результатом действия OSE II является преобразование нефти в воду и CO₂. Все выше перечисленное доказывает, что это лучший и единственный необходимый для ликвидации разливов нефти продукт, и что он

эффективен в использовании даже после длительного периода, прошедшего после разлива, с целью устранения как свежих, так и распространившихся диспергаторов нефти (что и происходит в настоящее время в Мексиканском заливе).

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АГЕНТОВ ПРОМЫШЛЕННОГО БИОВОССТАНОВЛЕНИЯ В РАМКАХ ПРОЕКТА ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗЛИВА НА DEERWATER HORIZON

Dr. David Tsao, BCST,

Ralph J. Portier, L. M. Basirico, 3 Department of Environmental Sciences & Environment Louisiana State University

В докладе от 3 марта 2011 г. содержится краткое изложение выводов об эффективности OSE II, сделанных в рамках Национального плана National Oil and Hazardous Substances Pollution Contingency Plan (NCP)

ОБЗОР МЕТОДОВ

Группа Strike BioChem Team (BCST) была создана в ответ на инцидент *Deerwater Horizon* в рамках программы разработки альтернативных технологий реагирования (Alternative Response Technology — ART). В состав BCST входят эксперты из BP, LSU, LDEQ, USCG, OSPR (Калифорния), SCAT и опытные консультанты в области ликвидации последствий разливов нефти. В предварительном докладе представлена совокупная оценка лабораторных исследований продукта Oil Spill Eater II (OSE II). В частности, специалисты BCST установили, что технология OSE II включена EPA в список продуктов, использующихся в рамках Национального плана действий в случае загрязнения нефтью и опасными веществами (National Oil and Hazardous Substances Pollution Contingency Plan — NCP) и требует дальнейшего исследования, чтобы определить эффективность разложения нефти в различных экологических, климатических и природных условиях (в частности, в 2010 г.). В соответствии с предварительной оценкой протоколов испытаний, действие OSE II сравнили с естественным биоразложением, которое проис-

ходит посредством создания естественной микрофлоры и микроорганизмов, присутствующих в водах Мексиканского залива. Выбранный продукт был протестирован в лабораторных условиях с целью определения потенциала разложения разлитой нефти, попавшей на поверхность прибрежных болот южной части Луизианы¹.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В соответствии с правилами проведения исследований колбы с раствором размещали на поверхности вращающегося (со скоростью 200 об/мин) вибрационного устройства в помещении при комнатной температуре. Образцы воды исследовались пять раз через различные временные промежутки — 0, 2, 4 и 12 недель. В соответствии с первоначальными правилами проведения испытаний намечалось проведение испытаний в течение 8 недель. Однако впоследствии было решено выполнить последнюю проверку через 12 недель. Состав в каждой колбе был проанализирован на содержание нитратов (NO₃⁻), общих фосфатов (PO₄³⁻) и общего органического углерода (total organic carbon — TOC), всех парафинов, ПАН и оценены физические параметры, pH,

растворенного кислорода (dissolved oxygen — DO) и температура. Конкретные ароматические фракции были также проанализированы, но полный перечень данных в статье не приводится.

ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Химический анализ проводился с использованием ряда методов.

Методы GC/MS. С использованием метода Method 8270 (EPA) производили извлечение ПАН и парафинов из воды, загрязненной нефтью. Примерно 100 мл воды вливали в 250-миллилитровую разделительную воронку и корректировали pH до значения 7. Затем в разделительную воронку добавляли кратное 30 мл количество дихлорметана (Dichloromethane — DCM), используемого в качестве растворителя, смешиваемого с некоторым количеством стандартного суррогата. Затем воронку плотно закрывали и помещали на вибрационное устройство для смешивания примерно на 3 мин, периодически проводя вентиляцию. По истечении этого времени растворитель и вода разделялись; растворитель пропускаться (дренировался) через безводную сульфат натрия воронку в 250-миллилитровую колбу с плос-

¹Во избежание путаницы следует отметить, что эта информация касается только продукта OSE II, разработанного OSEI Corporation

ким дном. Добавление растворителя и дренирование повторялось еще два и более раза. Воронку, используемую для сульфата натрия, промывали раствором дихлорметана и тщательно высушивали. Затем колбу с плоским дном размещали на вращающейся системе испарения и выдерживали до концентрации дихлорметана в 5–10 мл, затем колбу ставили в откалиброванную экстракционную камеру. Если возникла необходимость в концентрации, экстракт направляли в вентилируемый азотом концентратор и доводили до объема 1,0 мл. Экстракт дихлорметана заменялся гексаном (в объеме примерно 4–5 мл). Затем в экстракционную камеру добавляли микродистиляционную колонну и помещали в ванну с горячей водой. Дихлорметан испарялся, а объем оставшегося экстракта гексана снижался до 1,0–2,0 мл. Экстракт гексана помещался в нижнюю часть вентилируемого азотом устройства, где его объем снижался до конечного значения в 1,0 мл.

GC/MS-инструментальный анализ. После разработки дополнительных внутренних стандартов, анализ образцов осуществлялся с использованием капиллярной колонки Agilent 7890A GC с внутренним диаметром 0,25 мм и длиной 30 м и автосамплером Agilent 7683B. Инжектор был установлен на температуру 250 °С, детектор — на 280 °С. Определение компонентов предполагает использование системы HP 5975C Inert XL Series Mass Selective Detector, работающей в режиме селективного мониторинга ионов. Капиллярная колонка в течение 1 мин нагревалась до 60 °С, затем со скоростью 25 °С/мин температуру поднимали до 160 °С, потом со скоростью 3 °С/мин — до 268 °С и со скоростью 12 °С/мин — до 300 °С. Эта температура поддерживалась в течение 8 мин. Данные о концентрации исходных составляющих РАН определялись с использованием калибровочной кривой, и затем проверялись на соответствие каждому анализируемому образцу. Концентрации определялись на основе сухого веса. Ориентировочные данные концентрации аликилированных РАН рассчитывались, исходя из предположения, что коэффициенты чувствительности

одинаковы для каждого исходного и соответствующего алкилированных аналогов. Для алкилированных фенантрена/антрацена, результаты были получены в виде пар, включающих неопределенности измерений и концентрацию на основе среднего коэффициента реакции отдельных исходных РАН.

ДРУГИЕ АНАЛИТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ

А. Анализ качества воды. Этот анализ выполнялся с применением стандартного оборудования с использованием которого измерялось прямое окисление (direct oxidation — DO), уровень pH, температура и соленость, затем осуществлялась соответствующая калибровка (YSI 85-10 м).

В. Анализ на наличие микробов. Этот анализ проводился с целью измерения микробной активности методом эпифлуоресцентного прямого подсчета клеток (epifluorescence direct cell count — EDCC). EDCC вычислялся для определения наиболее вероятного числа (Most Probable Number — MPN).

С. Анализ на наличие питательной среды. При проведении этого анализа использовался метод EPA 365.4 при помощи которого определялась концентрация общих фосфатов (PO_4^{3-}), общее количество нитратов (NO_3^-) с использованием стандартного метода 4500-NO₃F и ТОС с использованием метода 9060.

ВЫБОР ПРАВИЛА

Подготовка лабораторной тары. Сырая нефть и вода из Мексиканского залива, используемые в качестве образцов для исследования, были обнаружены в заливе Джими (координаты: 29°27'238"N, 89°53'510" W) 20 августа 2010 г. Половина (0,5 г) разлитой нефти была взвешена и помещена в нижнюю часть 250-миллилитровой стерилизованной конической колбы (колбы Эрленмейера). Перед заполнением нефтью колба промывалась деионизированной водой и помещалась в автоклав для обеспечения полной стерильности. Затем в колбу добавляли 10 мл дихлорметана и ставили на вибрационное устройство примерно на 10 мин, пока нефть полностью не растворялась в DCM. Затем колбу помещали под вытяжной кол-

пак, DCM испарялся и на дне колбы оставалось только небольшое количество нефти.

Для проведения каждого испытания требовалось 180 колб, в том числе 30 контрольных колб и 150 колб для продукта.

Подготовка к проведению контроля. При каждом из пяти исследований образцов осуществлялся трехэтапный контроль.

- **Негативный контроль.** В несколько колб наливалось 100 мл стерилизованной воды, отобранной из Мексиканского залива, и 0,5 мл разлитой сырой нефти. В другие колбы наливалась нефть (0,5 мл), растворенная в 10 мл дихлорметана, образуя пленку из разлитой нефти на дне каждой колбы. Затем в каждую колбу добавляли 100 мл воды (залива после обработки в автоклаве). Никаких питательных веществ в колбы не добавлялось.

- **Позитивный контроль 1.** Процесс обработки включал 100 мл воды из Мексиканского залива и 0,5 г растворенной нефти (на каждую колбу). Также как и при негативном контроле никаких питательных веществ в колбы не добавлялось. Как и при проведении других испытаний 0,5 мл нефти растворялось в 10 мл дихлорметана, образуя нефтяную пленку на дне каждой колбы.

- **Позитивный контроль 3.** Проверка включала использование раствора 0,09 г гексадекана и 0,01 г хризена (на каждую колбу, содержащую 100 мл воды из Мексиканского залива). Однако поскольку достаточно сложно точно взвесить 0,09 г гексадекана и 0,01 г хризена, готовился исходный раствор гексадекана и хризена в дихлорметане.

Приготовление составов. Для испытаний готовились следующие составы.

- 30 мл DCM, содержащего 0,01 г хризена (на 1 мл DCM) и 0,12 мл гексадекана (на 1 мл DCM).

- 30 мл DCM, содержащего 0,3 г хризена и 3,6 мл гексадекана с содержанием 0,3 г хризена, добавляемых к 30 мл DCM; эти составы обеспечивали растворимость. После растворения 3,6 мл гексадекана добавлялся раствор хризена/DCM. Затем 1 мл композитного раствора наливался в каждую колбу, в которой находился состав, используемый при проведе-

нии позитивного контроля 3. В связи с пассивным испарением DCM (по сравнению с гексадеканом и хризеном), колба с DCM помещалась под вытяжной колпак, чтобы на дне колбы осталось некоторое количество хризена и гексадекана. В каждую колбу добавлялись также питательные вещества.

Окончательный состав колбы (при позитивном контроле 3) включал 100 мл воды из Мексиканского залива, 0,5 г сырой нефти, 0,25 г KH_2PO_4 , 0,5 г NH_4NO_3 и 1 мл раствора гексана и хризена.

Приготовление продукта. При осуществлении всех трех типов контроля в колбы добавлялись перечисленные выше продукты, смешанные в соответствии с рекомендациями и методикой, предоставленными в LSU (питательные вещества не добавлялись). Также добавлялся Oil Spill Eater (OSE II). В соответствии с рекомендациями, приложенными к продукту в каждую колбу для разложения сырой нефти добавлялось 0,5 мл OSE II.

ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Продукт OSE II, протестированный в лаборатории, был внесен в список Агентства по охране окружающей среды США (Environmental Protection Agency – USEPA). Система продемонстрировала способность к биоразложению/сокращению концентрации разлитой нефти (включая парафины и РАН), образцы которой были взяты из залива Джимми. Кроме того, исследования состава в колбе подтвердили, что оставшаяся разлитая нефть, загрязнившая участки побережья вдоль северной Луизианы на севере Мексиканского залива, будет по-прежнему разлагаться.

Это не новая технология; по мнению многих ученых, она принята разумным и оптимальным решением для ликвидации последствий любого разлива нефти, оказывающего негативное влияние на экологию прибрежных районов (в данном случае Мексиканского залива). Однако исследование продемонстрировало необходимую ускоренную стратегию биоразложения, чтобы минимизировать токсикологическое воздействие последствий разлива с течением времени.

Таблица 1. Результаты на 10.11.2010 (температура 25 °C)

pH	DO, мг/л	$\text{NO}_3\text{-N}$, мг/л	PO_4^{3-} , мл/л	ТОС, мг/л	Парафины, мг/л	РАН, мг/л
Негативный контроль						
A. 7,96	9,5	2,20	0,00	7,29	27 400	394
B. 9,5	25,0	1,90	0,00	8,20	28 200	415
C. 9,5	25,0	2,30	14,60	7,56	28 200	415
Позитивный контроль 1						
A. 9,5	25,0	1,40	21,80	6,60	21 300	452
B. 9,5	25,0	3,50	7,40	7,56	19 900	437
C. 9,5	25,0	1,60	0,00	7,00	22 400	423
A. 9,5	25,0	1,70	0,00	8,77	0	12 100
B. 9,5	25,0	1,00	0,00	7,96	0	12 500
C. 9,5	25,0	1,70	0,00	8,54	0	11 100
Oil Spill Eater II						
A. 9,5	25,0	1,00	2,90	12,46	17 000	486
B. 9,5	25,0	0,80	2,00	11,61	18 600	533
C. 9,5	25,0	1,40	1,20	12,58	20 100	500

Таблица 2. Результаты испытаний (через неделю 17.11.2010)

DO, мг/л	Температура, °C	$\text{NO}_3\text{-N}$, мг/л	PO_4^{3-} , мл/л	ТОС, мг/л	Парафины, мг/л	РАН, мг/л	pH
Негативный контроль							
A. 5,75	23,4	1,10	0,00	9,64	20 500	390	8,01
B. 5,10	23,4	1,10	0,00	9,95	21 800	414	8,06
C. 4,88	23,4	1,10	0,80	10,51	28 000	551	8,06
Позитивный контроль 1							
A. 4,38	24,0	1,10	0,00	7,56	19 200	368	7,88
B. 5,10	24,3	0,80	0,00	7,50	19 900	376	7,93
C. 4,88	24,0	0,90	0,00	7,50	17 700	301	7,96
Позитивный контроль 3							
A. 9,5	24,0	0,50	0,00	5,63	0	17 700	7,95
B. 9,5	24,0	0,00	0,00	4,91	0	17 800	7,97
C. 9,5	24,0	0,10	0,10	7,29	0	14 100	7,98
Oil Spill Eater II							
A. 9,5	24,4	0,80	0,00	28,56	7570	306	7,946
B. 9,5	24,2	1,30	0,00	28,97	8940	328	7,42
C. 9,5	24,2	1,10	0,00	32,83	9790	387	7,40

Таблица 3. Результаты испытаний (через две недели 24.11.2010)

DO, мг/л	Температура, °C	$\text{NO}_3\text{-N}$, мг/л	PO_4^{3-} , мл/л	ТОС, мг/л	Парафины, мг/л	РАН, мг/л	pH
Негативный контроль							
A. 4,80	23,5	1,00	0,00	9,30	10 400	521	7,82
B. 4,74	24,1	0,60	0,2	9,87	10 500	499	7,89
C. 7,2	24,2	1,10	0,09	9,85	9110	390	7,92
Позитивный контроль 1							
A. 4,38	24,3	1,20	0,00	9,29	10 500	487	7,90
B. 5,10	24,3	1,10	0,00	6,41	4990	215	7,95
C. 4,88	24,4	0,60	1,0	8,15	9630	572	7,96
Позитивный контроль 3							
A. 9,5	24,5	0,90	0,6	10,54	0	16 800	7,91
B. 9,5	24,5	1,60	0,00	9,23	0	18 700	7,96
C. 9,5	24,8	1,20	0,00	10,54	0	17 700	7,96
Oil Spill Eater II							
A. 9,5	25,8	1,00	0,00	32,49	4050	914	7,70
B. 9,5	25,7	1,60	0,5	33,757	3190	981	7,70
C. 9,5	25,9	1,40	0,00	30,81	4280	940	7,70

Таблица 4. Результаты испытаний (через четыре недели 08.12.2010)

DO, мг/л	Температура, °С	NO ₃ -N, мг/л	PO ₄ ⁻ , мл/л	ТОС, мг/л	Парафины, мг/л	РАН, мг/л	pH
Негативный контроль							
A. 4,61	24,2	0,6	0,0	12,80	13 900	267	7,87
B. 3,99	24,1	0,6	0,1	13,49	14 200	254	7,93
C. 4,57	24,4	0,9	0,0	11,72	14 300	269	7,97
Позитивный контроль 1							
A. 4,47	25,1	0,8	0,00	9,95	11 500	67,7	7,93
B. 4,56	25,2	1,1	0,0	13,04	1330	99,5	7,97
C. 4,01	25,4	0,8	1,0	11,61	11 800	73,1	7,98
Позитивный контроль 3							
A. 4,28	25,4	0,6	0,4	10,68	0	19 100	7,86
B. 4,15	25,7	0,9	0,0	10,45	0	18 800	7,90
C. 4,22	DNR	0,8	0,0	10,47	0	19 500	7,92
Oil Spill Eater II							
A. 3,37	25,2	1,1	0,0	36,43	3230	219	7,68
B. 3,94	25,4	1,1	0,4	39,11	4070	308	7,66
C. 4,30	25,3	0,9	0,0	28,02	4490	310	7,73

Таблица 5. Результаты испытаний (через двенадцать недель 03.02.2011)

DO, мг/л	Температура, °С	NO ₃ -N, мг/л	PO ₄ ⁻ , мл/л	ТОС, мг/л	Парафины, мг/л	РАН, мг/л	pH
Негативный контроль							
A. 5,58	24,2	0,6	0,0	0,0	25 100	401	7,81
B. 4,81	24,1	0,6	0,0	0,0	23 400	309	7,89
C. 5,02	24,4	0,9	0,0	0,0	23 400	341	7,96
Позитивный контроль 1							
A. 4,90	21,9	0,5	0,0	0,0	25 100	341	7,77
B. 4,61	21,9	0,7	0,0	0,0	23 000	291	7,78
C. 5,03	22,4	0,4	0,0	0,0	23 100	731 303	7,91
Позитивный контроль 3							
A. 4,70	22,1	0,3	0,0	0,0	0	12 500	7,88
B. 4,72	22,1	0,5	0,0	0,0	0	13 800	7,93
C. 4,64	22,3	0,4	0,0	0,0	0	12 100	7,96
Oil Spill Eater II							
A. 4,90	21,1	0,6	0,0	0,0	4050	47,6	7,7
B. 4,70	21,2	0,6	0,0	0,0	5560	143	7,74
C. 4,58	21,4	0,9	0,0	0,0	1450	124	7,82

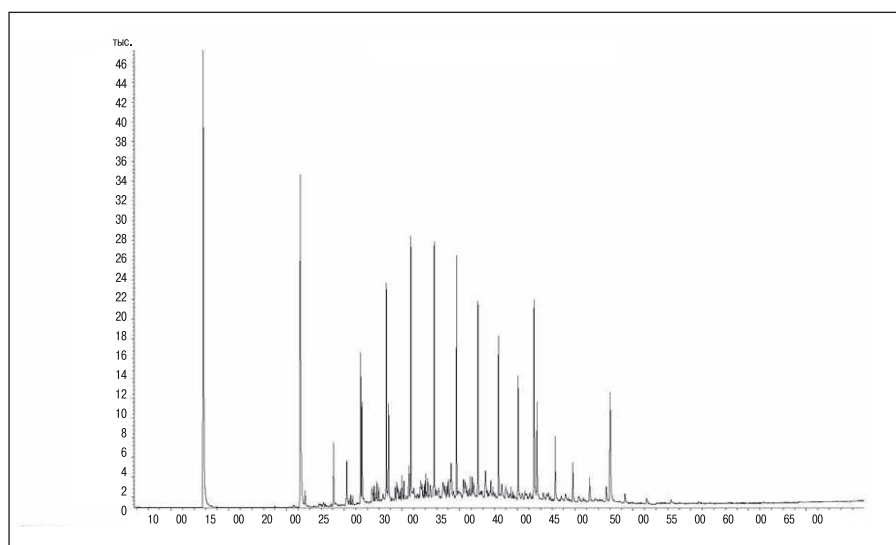


Рис. 1. Негативный контроль (2 недели, концентрация парафинов)

Данные хроматограмм размещены в табл. 1 – 5. На рис. 1 – 10 продемонстрировано изменение концентрации парафинов на протяжении всего периода проведения исследований. Микробные клетки подсчитываются с использованием метода эпифлуоресцентного прямого подсчета клеток (например, МРPN), доказавшего, что все образцы содержали природные/дополнившие природные микробные популяции (более 106 жизнеспособных клеток на 1 мл воды).

В табл. 1 – 5 представлены данные для первых восьми продуктов через 12 недель проведения тестирования. Эти данные неполные (два продукта были добавлены позже). Исследования этих двух продуктов были начаты в декабре 2010 г. (они будут включены в окончательный доклад).

Конкретные выводы относительно проверки и исследования промышленных продуктов приведены ниже.

- *Негативный контроль.* В процессе осуществления этого вида контроля колбы заполнялись разлитой нефтью, взятой из Мексиканского залива, и стерилизованной водой. При изучении состава в колбах через 12 недель было зарегистрировано минимальное сокращение парафинов и РАН. Всего за этот период концентрация парафинов снизилась на 14,2%; концентрация РАН – также на 14,2%.

- *Позитивный контроль 1.* При позитивном контроле колбы заполнялись разлитой нефтью, взятой из Мексиканского залива, и не стерилизованной водой, содержащей микроорганизмы. Результаты показали, что через 12 недель количество парафинов увеличилось на 11,9%. Учитывая разницу в измерениях в 0,5 г (в каждой колбе), это небольшое увеличение парафинов представляло приемлемый результат для этого вида контроля. Кроме того, визуальное наблюдение состава через 12 недель показало минимальное разложение нефти. Однако на протяжении 12-недельного исследования, совокупная концентрация РАН снизилась 28,6%. Данные позитивного контроля 1 доказывают активность микробов, результатом которой стало незначительное сокращение разлитой нефти. Это согласуется с результатами первых исследова-

ний USEPA, указывающими на необходимость присутствия микроорганизмов, чтобы поддерживать устойчивое биоразложение/минерализацию. Однако эти выводы не касаются продукта OSE II.

Позитивный контроль 3. При осуществлении этого контроля колбы заполнялись водой из Мексиканского залива с концентрацией «местной» микрофлоры и хризена/гексадекана, добавленного в качестве основного источника углерода. Ни капли разлитой нефти в колбы не добавлялось. Через 12 недель тест продемонстрировал 32,6 %-ное сокращение хризена.

OIL SPILL EATER (OSE II)

Система OSE II является биологической ферментной добавкой и продуктом, смешивающимся с нестерилизованной водой, содержащей разлитую нефть. К концу 12-недельного испытательного периода 80,1 % парафинов и 79,2 % ПАУ были удалены. Продуктов разложения было определено больше, чем при контроле 2 и примерно столько же парафинов.

Примечание: Следует отметить резкое увеличение (в первые две недели) количества парафинов, а затем их разложение примерно в 4 раза более эффективное, чем при использовании других средств очистки.

Продукт OSE II показал высокую эффективность разложения обоих компонентов, содержащихся в разлитой нефти.

ОБСУЖДЕНИЕ

В соответствии с результатами, все составляющие компоненты ПАУ, в том числе фенантрены $C_1 - C_3$, пирены (C_3 и C_4), а также флуорены C_2 и C_3 через 12 недель были полностью удалены. Кроме того, при каждой очистке колб подтверждалось разложение токсических составляющих ПАУ. Как и предполагалось, парафины с короткой цепью, в том числе $nC_{10} - nC_{14}$, через 12 недель, как правило, разлагались, в то время как парафины с длинной цепью присутствовали в достаточно высокой концентрации. Важно, что в процессе проведения полевых испытаний, наибольшее снижение концентрации ПАУ в результате воздействия OSE II произошло в течение 4 недель.

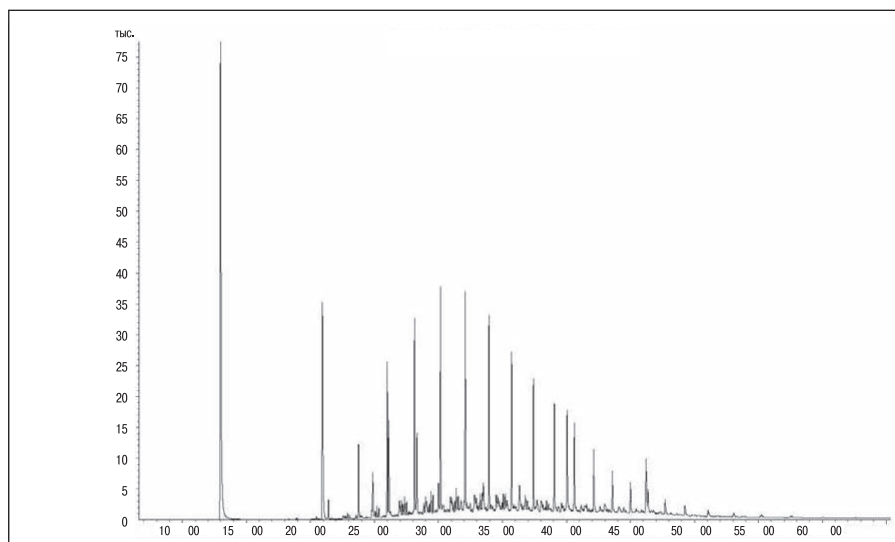


Рис. 2. Негативный контроль (4 недели, концентрация парафинов)

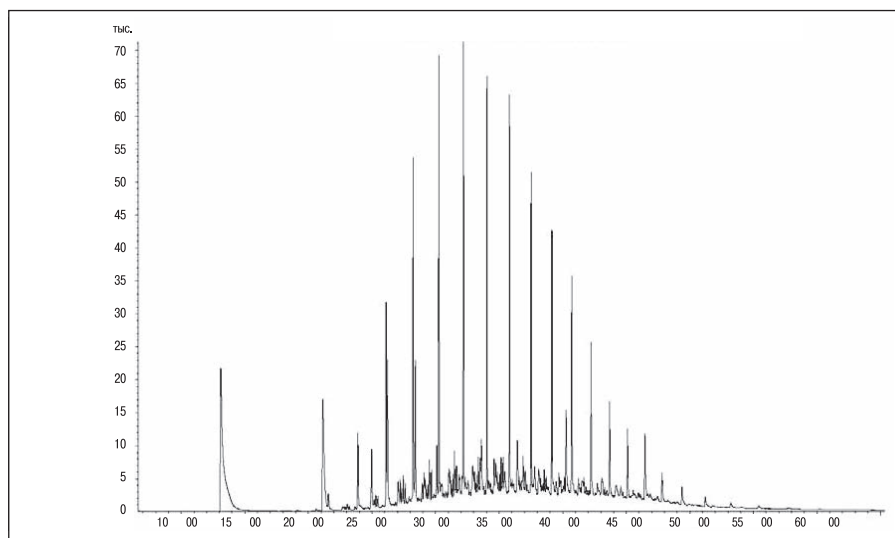


Рис. 3. Позитивный контроль 1 (0 недель, концентрация парафинов)

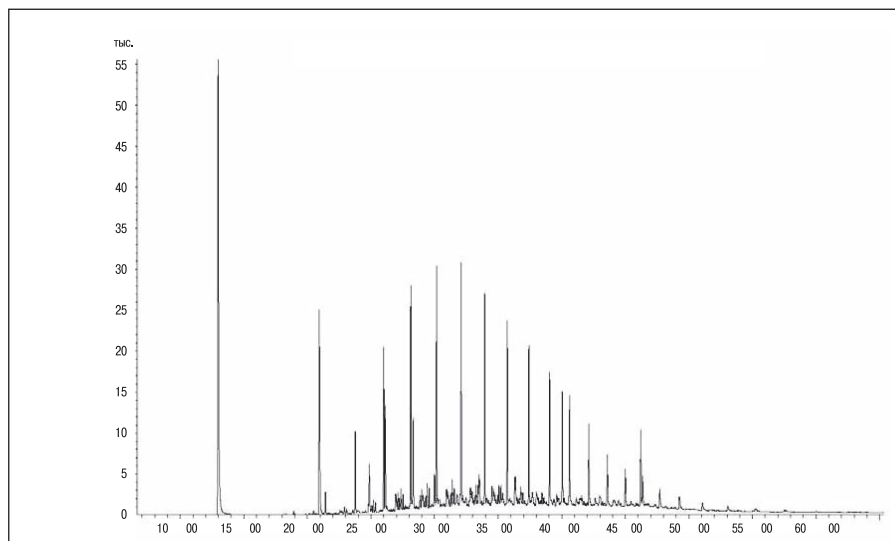


Рис. 4. Позитивный контроль 1 (1 неделя, концентрация парафинов)

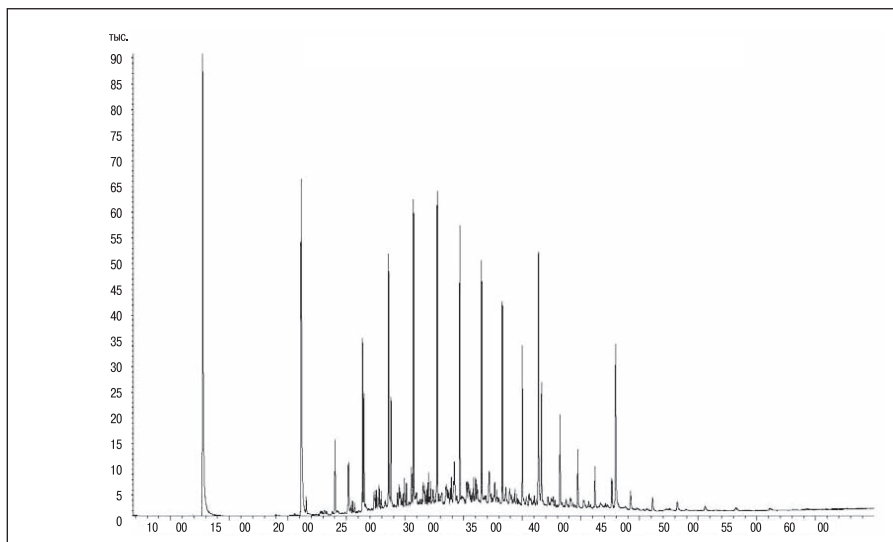


Рис. 5. Позитивный контроль 1 (2 недели, концентрация парафинов)

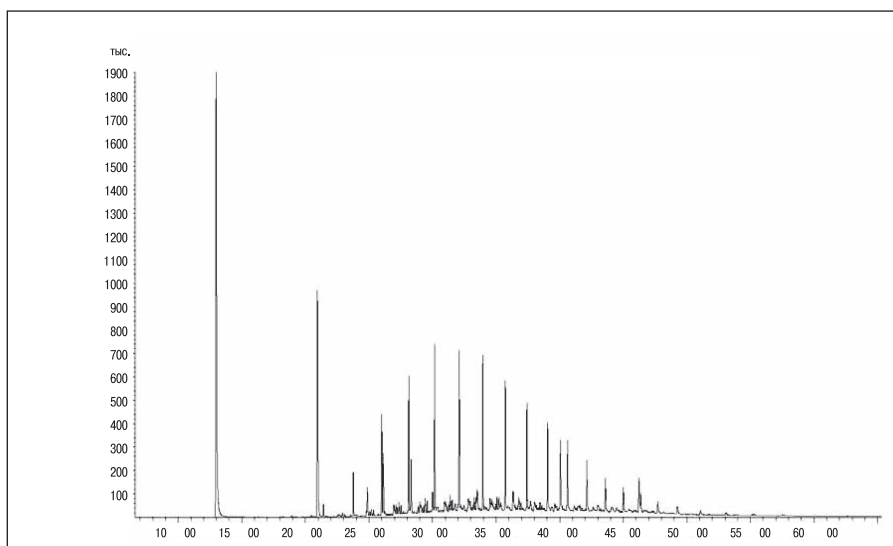


Рис. 6. Позитивный контроль 1 (4 недели, концентрация парафинов)

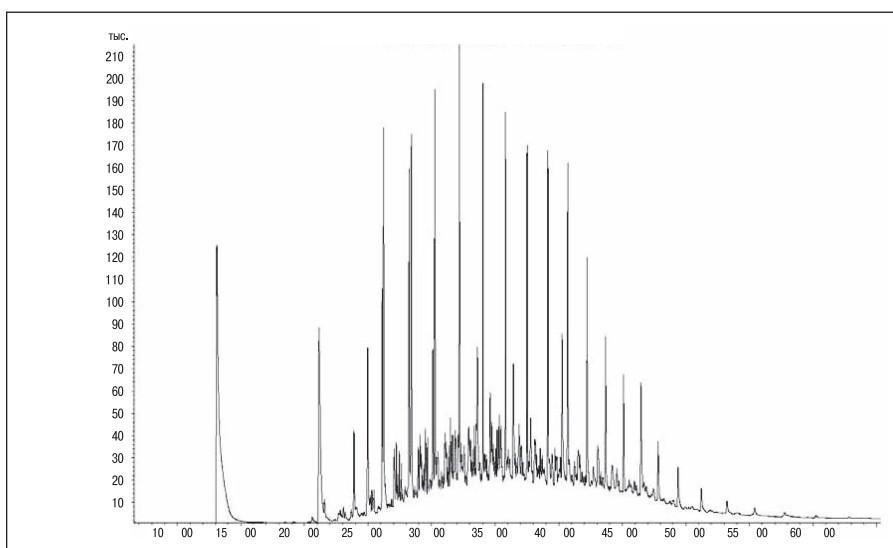


Рис. 7. Проверка OSE II (0 недель, концентрация парафинов)

В случае применения других систем концентрация ПАВ вновь увеличивалась (в течение нескольких недель проверки образцов в период между четвертой и двенадцатой неделей), однако это не происходило при применении OSE II. Тестовые испытания показали, что при использовании OSE II процесс разложения ПАВ продолжался.

Лабораторные исследования показали, что система OSE II, как продукт NCP, способствует преобразованию или биоразложению нефти в CO_2 , биомассу и воду. Исследование также продемонстрировало, что вещества, содержащие азот и фосфор, также способствуют разложению нефти в контролируемых закрытых системах. В то же время при проведении закрытого исследования способствующий разложению агент обеспечивал некоторую возможность сокращения концентрации парафинов, как наименее токсичных компонентов нефти. Однако при высокой концентрации азота и фосфора эти вещества становятся токсичными для водной флоры и фауны. Данные более ранних исследований ЕРА по ликвидации последствий разливов нефти доказывают, что ограничивающим фактором биоразложения/минерализации является именно концентрация азота и фосфора. К другим важным факторам относятся температура, соленость и концентрация растворенного кислорода; они оказывают существенное влияние не только на наличие питательных веществ, но и на возможность повышения объема биомассы. Полевые испытания продемонстрировали необходимость документировать результаты биоразложения и определения эффективности биоразложения/минерализации.

Как было доказано, специалисты ЕРА были правы, утверждая, что ограничивающим фактором биоразложения стали микроорганизмы (агенты, способствующие разложению). Однако эти же специалисты ЕРА безуспешно пытались использовать агенты биоразложения/минерализации в ситуациях разлива нефти в воде с целью быстрой очистки (или медленной, но эффективной), хотя они использовали эти агенты несколько раз.

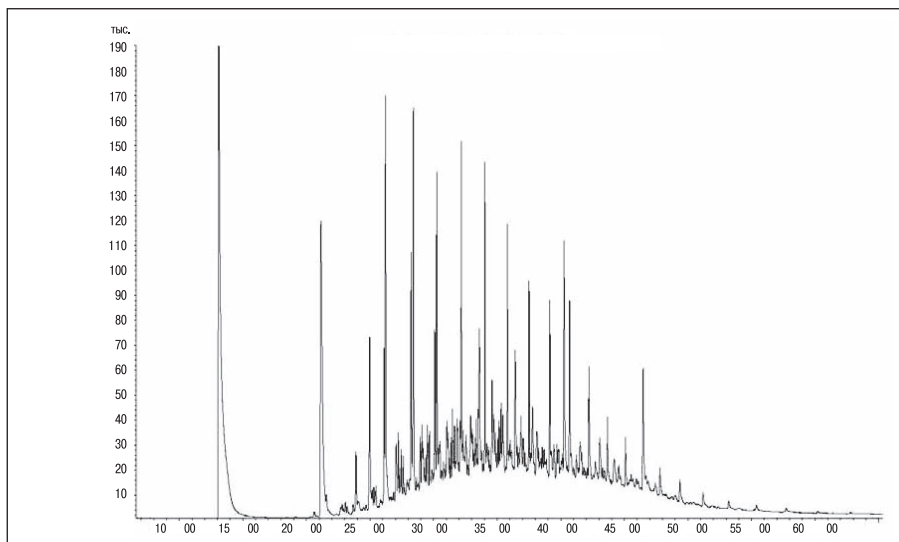


Рис. 8. Проверка OSE II (1 неделя, концентрация парафинов)

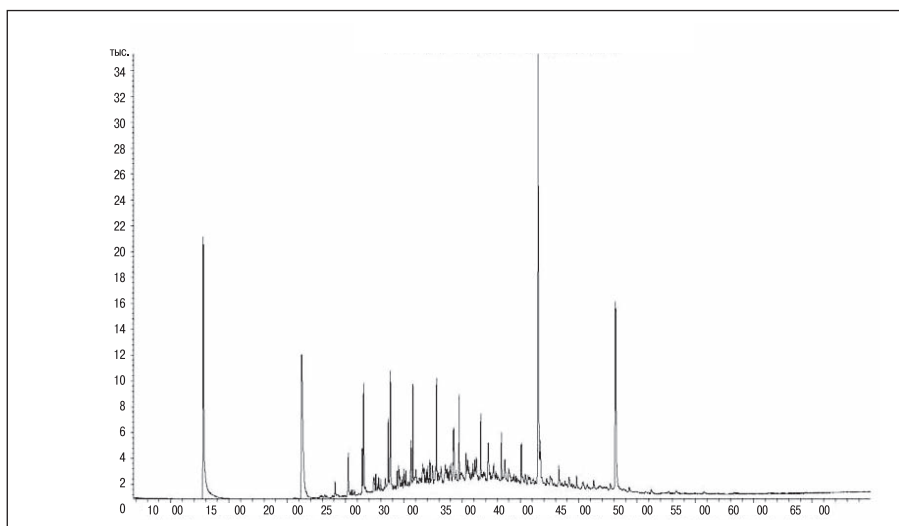


Рис. 9. Проверка OSE II (2 недели, концентрация парафинов)

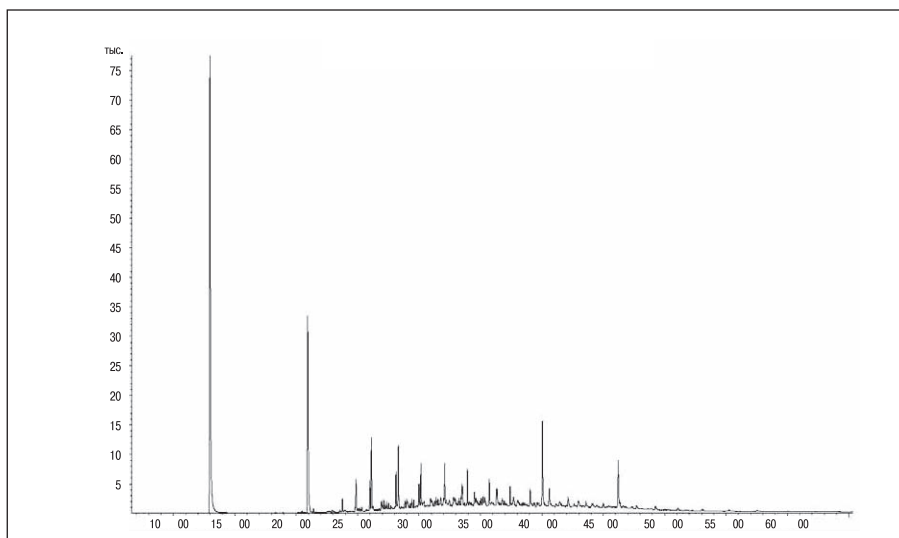


Рис. 10. Проверка OSE II (4 недели, концентрация парафинов)

Несколько лет назад Dr. Al Venosa из лаборатории Cincinnati Research and Development (EPA) пытался использовать эти агенты при ликвидации разлива нефти и ее попадания в воду реки Делавер. Он применял агенты в различной концентрации, но это не дало никаких результатов, так как в полевых испытаниях приходится иметь дело с водой другого состава нежели в процессе лабораторных исследований. Dr. Venosa испытал разочарование и увеличил концентрацию агента (в частности, азота) до такой степени, что он стал токсичен для водной фауны и из-за этого погибло большое количество рыбы и других представителей речной фауны.

В 2003 – 2004 гг. специалисты EPA также попытались ликвидировать последствия разлива нефти в индейской резервации Osage Indian с применением на берегу ручья агента, способствующего биоразложению нефти. В результате образования трещины в трубопроводе произошел разлив нефти, которая покрыла поверхность воды на несколько миль. Применение агента не дало никаких результатов. По этой причине EPA использовало OSE II при низких температурах. По истечении 45 дней поверхность воды была очищена от нефти до нормы DEQ, принятой в шт. Оклахома.

Проблема с агентами возникает из-за их концентрации. Если вы используете их в слишком большой концентрации, они убивают водную фауну и флору. Однако нет никаких причин рисковать флорой и фауной и вызывать неблагоприятные изменения водной среды, чтобы ликвидировать последствия разлива нефти, когда вы можете использовать OSE II – продукт, совершенно безопасный и не токсичный для водной экосистемы.

David Tsao (Д. Тяо), доктор технических наук, руководитель исследовательской группы BCST (по ликвидации последствий разлива Deepwater Horizon), специалист в области Remediation Engineering and Technology Specialist BP Remediation Management Parkway Warrenville, IL 60555

Ralph J. Portier (Р. Дж. Портье) доктор технических наук в области охраны природы, профессор.

Laura M. Basirico (Л. М. Басирико), магистр, сотрудник Research Associate 3 Department of Environmental Sciences & Environment. Louisiana State University Baton Rouge, LA 70803