

# **НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ОТХОДОВ С ОДНОВРЕМЕННЫМ ИЗГОТОВЛЕНИЕМ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ЕЁ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА**

**Александр Гурфинкель**

## **Описание общего принципа нового метода**

В данной статье представлено описание общего принципа нового метода очистки жидких, полужидких и твердых материалов, отличающегося рядом экологических и экономических преимуществ. Этот метод очистки загрязненных натуральных ресурсов (как, например, сточные воды, донный грунт морских портов, озер и рек; загрязненные почвы и т.д.) выполняется на месте очистки с одновременным изготовлением строительных материалов в процессе работы.

Мобильная технологическая линия по очистке доставляется к месту очистки. Загрязненный морской грунт, почва, пульпа или жидкие материалы загружаются в приемное устройство на месте и перерабатываются в различные строительные материалы, включая сыпучие материалы, подобные песку, гравию или керамзиту, кирпичу, бетонным изделиям, брикетам или блокам.

Подобные песку сыпучие материалы изготавливаются из очищенной почвы или донного грунта и используются в качестве наполнителя при строительных работах или при производстве строительных материалов, подобных бетону.

Используются отходы, которые совместно очищаются для получения наибольшего экономического или технологического эффекта.

Органические загрязнители удаляются из обрабатываемого материала в виде паров и улавливаются путем конденсации или в результате температурного разложения.

Тяжелые металлы остаются в виде водонерастворимых соединений в материале конечного продукта в результате термохимической реакции.

Загрязненные (сточные) воды очищаются методом экономичного выпаривания, превращаясь в чистый конденсат.

Загрязненный донный грунт или почва за счет удаления воды значительно сокращаются в объёме, позволяя существенно уменьшить расходы на транспортировку для хранения в специально отведенных местах.

Методы рециркуляции энергии и утилизации тепловых отходов делают переработку отходов в полезный продукт еще более экономичной и конкурентоспособной. Предложенный метод был отмечен Министерством охраны окружающей среды Соединенных Штатов как один из самых передовых методов по очистке и утилизации отходов.

Указанная технология названа автором The ETNEC-Process. Расшифровка этой аббревиатуры такова:

E – Electrical;

TNE – Thermal;

C – Chemical.

Автор имеет серьезный опыт в области энергетики: закончил Московский энергетический институт, работал на заводе, в КБ и НИИ; в области электропривода и автоматизации технологических процессов, имеет 19 авторских свидетельств; является кандидатом технических наук, имеет многочисленные статьи в научных отраслевых и центральных журналах. Опыт его работы включает автоматические системы, испытательные машины, высокотемпературный нагрев, устройства высокого напряжения, испытания материалов космической техники. Приехав в США с почти нулевым

английским, сравнительно быстро получил работу в качестве инженера-электрика и инженера по наладке в американской фирме Bird Machine Company. Эта фирма выпускает большие промышленные центрифуги для очистки сточных вод. Около половины времени автор провел в работе по наладке машин фирмы на предприятиях заказчика, объездил в командировках почти всю Америку с севера на юг от границы с Канадой до Мексиканского залива.

В начале 90-х годов остро стоял вопрос об очистке бухты и порта городов Бостона и Нью-Йорка. Автору было поручено участие в изучении возможности применения центрифуг фирмы для обработки мокрого подводного грунта (разделение воды и твердой фазы). Из-за недальновидной политики руководства фирма, не предусмотревшая своевременного внедрения предлагаемых усовершенствований, начала терять заказы. Электрический отдел был полностью расформирован, оставлены были только двое монтеров-наладчиков для проведения ремонтных работ у заказчиков.

Автор начал самостоятельно работать над использованием центрифуг при производстве дноуглубительных работ. Была разработана концепция разделения сред прямо на месте дноуглубления. Для этого центрифуга размещалась на специальной барже, связанной трубопроводом с драгой, осуществляющей выемку осадочных пород со дна очищаемого водоема. Автор обратился с заявкой на патент устройства в Патентное бюро США (г. Вашингтон). Одновременно с этим автор начал искать компанию, которая была бы заинтересована в разработке этой технологии. Такой компанией оказалась расположенная в Ньютоне Business – Incubator под названием Corporate Builders. В её задачу входили получение финансирования от известного круга инвесторов, организация работ по внедрению этого патента, съём помещения и запуск производства. Автор был принят компанией Corporate Builders в качестве руководителя проекта (Project Manager). В период работы автору стало ясно, что использование центрифуг для данной технологии неэффективно. Была изучена возможность применения высокотемпературного нагрева.

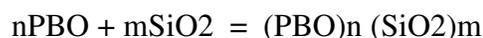
В США широко используются два способа дноуглубления (Dredging):

- транспортировка загрязненной осадочной породы на специальную свалку. Это дорогой метод, при котором стоимость всего цикла по отношению к 1 куб. ярду составляет в среднем \$(100- 200).
- другой способ (Treatment Train) обычно бывает еще более дорогим, т.е. стоимость цикла составляет \$ (300-500)/куб. ярд.

Изучая влияние температуры на различные материалы, автор пришел к выводу, что оптимальной является технологическая линия, где осадочная порода (Sediment) по мере поступления непрерывно подвергалась бы тепловой обработке:

- на первой стадии – испарение воды;
- испарение органических соединений;
- - стабилизация тяжелых металлов посредством термохимической реакции между тяжелыми металлами и SiO<sub>2</sub> при высоких температурах.

### **Формулы химических реакций:**

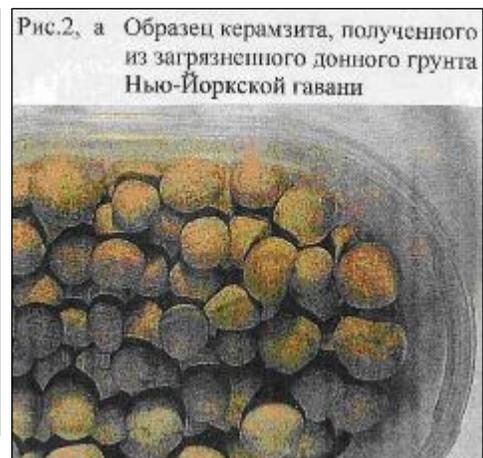
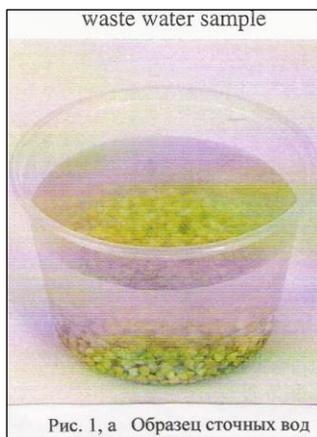


ZnSiO<sub>3</sub>, (ZnOSiO<sub>2</sub>)<sub>n</sub> и (PbO)<sub>n</sub>, (SiO<sub>2</sub>)<sub>m</sub> не растворяются в воде.

## Доказательство правильности идеи

Следующим этапом исследований была проверка степени очистки для получения от независимой химической лаборатории документов, подтверждающих гипотезы автора. С этой целью был сделан доклад о работе на одном из семинаров The Environmental Business Council of New England. Было получено согласие на проведение испытаний и анализ чистоты конечного материала от Центральной химической лаборатории EPA (Environmental Protection Agency) Новой Англии, в результате чего эта Центральная химическая лаборатория регионального отделения Министерства охраны окружающей среды пригласила автора к себе для демонстрации процесса и анализа чистоты образцов полученного конечного материала. Перед проведением процесса и после него лабораторией была проверена загрязненность доставленного автором грунта, полученного им из Нью-Йоркского порта.

В результате испытаний документально было подтверждено отсутствие в конечном продукте каких-либо органических загрязнителей, а также растворимых тяжелых металлов. Это была рутинная проверка, называемая TCLP. На рис.1,2 представлены фотографии исходного материала, а также полученных конечных материалов и продуктов.





Таким образом, была доказана правильность и достаточность применения термической обработки для осуществления всего комплекса очистных операций в технологическом процессе ЕТНЕС.

Загрязненный донный грунт – это один из самых трудных материалов для очистки, поскольку он содержит как жидкую, так и твердую фазу, при этом твердая фаза неоднородна и является смесью песка, глины и ила. Загрязнители – это такие сложные химические органические соединения, как РСВ (polychlorinated biphenyl), Dioxin и почти весь спектр тяжелых металлов.

Разработанная автором заявка на патент содержала как процесс, так и оборудование для него.

ЕТНЕС – это многоцелевой термический процесс. Он может быть использован:

- 1 – для очистки жидких сред, в т.ч. сточных вод;
- 2 – для очистки полужидких конгломератов, в т.ч. донного грунта;
- 3 – для очистки твердых материалов, в т.ч. загрязненных почв;
- 4 – применительно к п.1 конечным результатом будет получение дистиллированной воды и отделенной загрязняющей фазы.

5 – применительно к п.2 (к донному грунту) получаем дистиллированную воду, промышленные химикаты и строительные материалы;

6 – применительно к п.3 (к загрязненной почве) получаем индустриальные химикаты и строительные материалы.

Одновременно было доказано (по п.1), что загрязненные сточные воды могут очищаться путем экономически эффективного выпаривания, при котором имеет место рециркуляция тепловой энергии (возврат энергии при конденсации).

В случае применения ЕТНЕС - процесса для изготовления строительных материалов из загрязненных почв или донных грунтов (пп.5, 6) органика удаляется, разлагаясь на полезные химикаты, а тяжелые металлы стабилизируются (связываются с получением нерастворимых соединений) в материале конечного продукта, не ухудшая его свойств.

Применительно к пп. 1,2,4,5 технологическая линия ЕТНЕС может содержать дополнительно одну, две или три единицы оборудования. При этом, как было указано выше, кроме нагрева и очистки, должна происходить рециркуляция потребляемой энергии.

Так, на первой стадии процесса осуществляется интенсивное выпаривание воды с последующей ее конденсацией.

Обезвоженный материал транспортируется в соседнюю камеру, где на второй стадии процесса, при более высокой температуре  $t = (200-500) ^\circ\text{C}$ , происходит испарение органических загрязнителей для дальнейшей их переработки или разложения в производственные химикаты.

На третьей стадии в высокотемпературной камере,  $t_{\text{max}} = (1200-1500) ^\circ\text{C}$ , тяжелые металлы связываются в нерастворимые соединения в результате термохимической реакции между тяжелыми металлами и двуокисью кремния  $\text{SiO}_2$ . На стадии 3 также происходит разложение паров РСВ и диоксина, полученных на стадии 2, и превращение их в воду, углекислый газ и соляную кислоту  $\text{HCl}$ .

Соляная кислота имеет рыночную стоимость и может быть реализована.

Конечный продукт не содержит органики, а находящиеся в нем тяжелые металлы с концентрацией на уровне PPM - PPB \* нерастворимы в воде.

Примененный процесс высокотемпературной обработки показал также, что загрязненный донный грунт или почва могут быть преобразованы в полезные строительные материалы, например:

- строительный наполнитель типа песка, гравия или керамзита (при большом содержании глины материал перед обжигом формируется, приобретая шарообразную форму, а после обжига превращается в качественный керамзит);
- связующий материал типа цемента;
- теплоизоляционный материал типа шлака – при температурах  $(1400-1500) ^\circ\text{C}$  материал приобретает свойства лавы и хорошо служит как теплоизолятор;
- используя вышеупомянутые строительные материалы, в дальнейшем может быть получен композит типа бетона.

Строительные наполнители типа песка, гравия и керамзита были продемонстрированы изготовителям строительных материалов, и они охотно согласились эту продукцию покупать.

---

\* PPM – это parts per million, т.е. 1 частица на миллион;

PPB – это parts per billion, т.е. одна частица на миллиард.

### **Возможности внедрения ЕТНЕС – технологии**

Исходя из вышесказанного, мы видим, что ЕТНЕС-процесс является безотходной технологией, позволяющей превратить загрязненный донный грунт, загрязненную почву,

загрязненные строительные отходы и материалы, пульпу и сточные воды в полезные продукты, имеющие рыночную стоимость.

Особо широкий рынок имеет ЕТНЕС-технология для очистки загрязненных и сточных вод применительно к существующим технологическим процессам, потребляющим в больших количествах чистую воду и загрязняющим её. Низкая стоимость ЕТНЕС-очистки может значительно повысить эффективность, а значит, и конкурентоспособность существующих производственных процессов за счет весьма существенного уменьшения потребления топлива или экономии энергии.

ЕТНЕС-процесс может быть применен в прачечной индустрии.

Российская Топливная Ассоциация приглашает автора на Международный форум в Москве по этанолу с целью использовать ЕТНЕС-процесс для удешевления стоимости его производства.

В качестве примера приведем ЕТНЕС-систему для очистки сточных вод.

Такая система состоит из трех модулей. Первые два модуля – испаритель и сушильная камера – это имеющееся в продаже стандартное оборудование.

Третий модуль – РУЕ (RUE) – для рециркуляции и утилизации энергии – это разработанная автором новаторская система, использующая апробированные в промышленности сборочные единицы (узлы) и детали.

Таким образом, изготовление ЕТНЕС-системы превращается в присоединение друг к другу двух стандартных промышленных установок и в сборку стандартных узлов для изготовления РУЕ-модуля.

Принцип действия РУЕ-модуля может быть предложен читателю в следующей статье.

### **Варианты компоновки ЕТНЕС-системы**

ЕТНЕС-мобильная технология рассчитана для работы на месте, где генерируются отходы, предотвращая их транспортировку и загрязнение среды.

ЕТНЕС-системы очистки воды могут быть присоединены к действующим производственным линиям, предотвращая появление сточных вод.

ЕТНЕС-система может быть скомпонована различными способами:

- мобильная система, расположенная на трейлерах или барже;
- стационарная система на территории заказчика;
- специализированный завод, расположенный предпочтительно рядом с тепловой электростанцией.

Автором разработано техническое задание на изготовление промышленных ЕТНЕС-систем.:

- для очистки сточных вод непосредственно на месте их образования (on-line) с производительностью 75-300000 галлонов/сутки;
- для очистки почвы и донного грунта, мобильного исполнения, марки Т-10, производительностью 10 куб. ярдов / час; объем работ порядка 10 тыс. куб. ярдов.
- для очистки донного грунта на барже типа В-100 с производительностью 100 куб. ярдов / час; объем работ 100 тыс. куб. ярдов.

### **Обслуживание ЕТНЕС – систем**

ЕТНЕС - системы имеют автоматизированное управление с помощью микропроцессорных контроллеров и промышленных компьютеров.

В зависимости от производительности технологической линии и типа загрязненных отходов количество обслуживающего персонала составляет 2-5 человек.

## Экономическая эффективность внедрения предлагаемой технологии

### 1. Стоимость оборудования

Стоимость ЕТНЕС-системы складывается из заводской стоимости стандартных машин: испарителя; сушильной машины; установки высокотемпературного нагрева; модуля РУЕ – и составляет при различных значениях производительности следующие величины:

T-100	– стоимость порядка	\$ (2,5 – 3,0) млн.
T-10	– “ – “ – “ – “ –	\$ (300-400) тыс.
РУЕ	– “ – “ – “ – “ –	\$ (20-50) тыс.

### 2. Потребление энергии

1. ЕТНЕС – очистка воды – затраты электроэнергии – 10 -15 кВт·час / тонна;
2. Тепловая обработка – затраты топлива для нагрева до  $t = 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ :  
90 куб.м натуральн. газа на тонну или 22 галлона мазута на тонну донного грунта.

Повышенная эффективность ЕТНЕС-систем значительно снижает количество потребляемого топлива (минимум вдвое). В той же пропорции уменьшается количество выбросов вредных веществ в атмосферу.

Очистка и рециркуляция очищенной воды в больших количествах экономит потребление чистой воды из систем водоснабжения, что приводит к снижению потребляемого топлива на предприятиях по очистке воды для водопровода.

Расчет экономического эффекта на примере установки для очистки сточных вод будет представлен в следующей статье.

### Источники

USA Environmental Protection Agency.

Recommended EPA.

Cleaning Technology Resources, The Last Version, 2007, June.

<http://oaspub.epa.gov/webimore/aboutepa>.

Министерство охраны окружающей среды США.

Обзор технологий по очистке окружающей среды, рекомендуемых Министерством к применению. Последняя версия. Июнь 2007.