



УДК 621.436

А.А. Зейнуллин

Министерство образования и науки РК, г. Астана

А.Г. Жакенов

ТОО «Институт органического синтеза и углехимии РК», г. Караганда

Г.И. Жуков

Жезказганский университет им. О.А. Байконурова, г. Жезказган

**СНИЖЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ ЯМЗ-236 МЕТОДОМ ПРИСАДКИ
УВЛАЖНЕННЫХ ГАЗОВ К ВСАСЫВАЕМОМУ ВОЗДУХУ**

В настоящее время наиболее эффективными способами снижения оксидов азота в дизельном выхлопе являются рециркуляция части отработавших газов на всасывание дизеля и присадка воды к воздушному заряду.

Обзор литературы [1-3] показывает, что рециркуляция отработавших газов является эффективным способом борьбы с оксидами азота на режимах частичных нагрузок. Однако к недостаткам этого способа относятся увеличение концентрации в выхлопе окиси углерода и сажи, а также незначительное уменьшение мощности двигателя (2 – 4 %) и загрязнение впускного тракта дизеля продуктами неполного сгорания топлива.

Добавка воды в определенных пропорциях к заряду дизеля несколько улучшает экономические характеристики двигателя, резко снижает концентрацию токсичности отработавших газов дизельных двигателей [4]. Но наряду с указанным, добавка воды вызывает более жесткое сгорание и повышенный износ цилиндропоршневой группы двигателя. Кроме того, применение этого способа имеет ряд трудностей, связанных с созданием устройства впрыска воды в систему питания двигателя, а также необходимостью иметь запас жидкости, соизмеримый с запасом топлива. Однако, несмотря на это, добавка воды к заряду дизеля вызывает повышенный интерес исследователей как к одному из эффективных средств снижения концентрации оксидов азота, которые являются доминирующими токсичными компонентами в выхлопе дизелей и составляют 70-80 % общей суммарной токсичности [5].

Исходя из конкретных условий эксплуатации самоходного дизельного оборудования в подземных условиях, возможен способ увлажнения всасываемого воздуха посредством перепуска отработавших газов из жидкостного нейтрализатора. Этот способ имеет следующие достоинства:

1. Пары воды, образующиеся в результате теплообмена между горячими отработавшими газами и водой жидкостного нейтрализатора, подаются во всасывающий патрубок совместно с отработавшими газами, чем достигается одновременный эффект по снижению концентрации оксидов азота как от рециркуляции, так и от увлажнения воздушного заряда дизеля.

2. Отработавшие газы подаются на всасывание очищенными от сажи и других твердых примесей, что уменьшает отложение твердых частиц на стенках впускного тракта

двигателя.

3. Не требуется значительного усложнения конструкции автомобиля и установки дополнительного бака под воду.

Для реализации предложенного способа увлажнения воздушного заряда на дизельном оборудовании, эксплуатируемом в подземных условиях, предварительно проведены стендовые исследования в различных специализированных лабораториях на дизеле ЯМЗ-236.

Стендовые исследования проведены при работе дизеля ЯМЗ-236 по нагрузочным характеристикам ($n = 1200, 1600$ об/мин).

Количество образующегося в жидкостном нейтрализаторе водяного пара (f), в результате теплообмена между горячими отработавшими газами и водой, приблизительно пропорционально разнице температур отработавших газов на входе и выходе из жидкостного нейтрализатора:

$$f = K (t_{\text{д.н.ж.}} - t_{\text{п.н.ж.}}),$$

где f – содержание водяных паров, г/нм³;

K – коэффициент пропорциональности;

$t_{\text{д.н.ж.}}$ – температура отработавших газов на входе в жидкостной нейтрализатор, °С;

$t_{\text{п.н.ж.}}$ – температура отработавших газов на выходе из жидкостного нейтрализатора, °С.

Количество водяного пара (f) составляет на минимальных нагрузках 50...70 г/нм³, на максимальных нагрузках - 250...300 г/нм³.

Количество газов, перепускаемых на всасывание дизеля из жидкостного нейтрализатора, определяется проходным сечением перепускного дросселя и избыточным давлением отработавших газов в жидкостном нейтрализаторе. При постоянном сечении перепускной заслонки ($\varnothing = 34,5$ мм) количество перепускаемых газов возрастает с ростом нагрузки и числа оборотов дизеля и составляет для $n = 1200$ об/мин 15 – 18 %; для $n = 1600$ об/мин 17 – 22 %.

Присадка водяных паров и части отработавших газов к всасываемому воздуху несколько улучшает экономические характеристики дизеля при работе последнего на минимальных и средних нагрузках. Причем падения мощности на этих нагрузках не наблюдается. При работе дизеля на максимальных, или близких к ним нагрузках g_e , несколько выше, чем аналогичные значения g_e без рециркуляции. Падение мощности на этих режимах составляет 1-2 %.

Изменение токсичности отработавших газов работы дизеля на минимальных и средних нагрузках характеризуется сравнительно малым содержанием в отработавших газах продуктов неполного сгорания топлива в виде сажи и СО.

Так, дымность выхлопа с рециркуляцией увлажненных отработавших газов составила 0,7 усл. ед. шкалы дымомера «Bosch», без рециркуляции – 0,5 усл. ед.

Для тех же значений n и P_e концентрация окиси углерода C_{CO} до каталитического нейтрализатора 0,050 % об. и 0,36 % об., соответственно. При работе дизеля на максимальных нагрузках, или близких к ним ($P_e = 5-6$ кгс/см²), концентрация сажи и окиси углерода резко возрастает. Например, при $P_e = 5-6$ кгс/см², $n = 1200$ об/мин концентрация окиси углерода в выхлопе увеличилась на 50 % (от 0,57 % об. до 0,118 об.). Однако при работе дизеля на максимальных нагрузках создаются благоприятные условия работы каталитического нейтрализатора, т.к. температура отработавших газов на этих режимах составляет 80-90 %.

Рециркуляция увлажненных газов значительно снижает концентрацию оксидов азота

в дизельном выхлопе. Так, концентрация оксидов азота в перерасчете на NO_x при $P_e = 4 \text{ кгс/см}^2$, $n = 1600 \text{ об/мин}$ уменьшается от 0,052 % об. до 0,014 % об., т.е. на 73 %.

Перепуск части отработавших газов на всасывание дизеля сокращает количество газов, выбрасываемых в атмосферу. Следовательно, снижается и выделение всех токсичных составляющих дизельного выхлопа. Так, выделение в атмосферу оксидов азота при работе дизеля на режиме $P_e = 4 \text{ кгс/см}^2$, $n = 1600 \text{ об/мин}$ уменьшается с 950 г/ч до 190 г/ч, т.е. на 80 %.

Установлено, что присадка водяных паров совместно с рециркуляцией части отработавших газов снижает жесткость и шум сгорания. По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

- воздействие на рабочий процесс дизеля путем присадки увлажненных отработавших газов из жидкостного нейтрализатора к всасываемому воздуху позволяет существенно снизить концентрацию и выделение в атмосферу оксидов азота при некотором росте концентрации СО и сажи;

- сокращение количества отработавших газов за счет рециркуляции, а также наличия на выпускном тракте дизелей каталитического и жидкостного нейтрализаторов обеспечивает уменьшение выброса в атмосферу продуктов сгорания топлива;

- рециркуляция увлажненных отработавших газов из жидкостного нейтрализатора улучшает экономичность дизеля, снижает жесткость и шум сгорания;

- отработавшие газы совместно с парами воды поступают на всасывание дизеля очищенными от сажи, жидких смол и низкокипящих органических примесей, что уменьшает отложение твердых частиц на стенках впускного тракта дизеля;

- для реализации предложенного способа снижения токсичности дизельных двигателей, эксплуатирующихся в подземных условиях, не требуется значительного усложнения конструкции автомобиля и установки дополнительного бака под воду.

Одним из достоинств данного способа снижения токсичности отработавших газов дизелей является также то, что рециркуляцию отработавших газов с присадкой паров воды можно осуществлять с большой эффективностью при работе дизеля практически на всех эксплуатационных режимах работы двигателя.

Таким образом, результаты стендовых исследований по рециркуляции увлажненных отработавших газов из жидкостного нейтрализатора подтверждают возможность использования этого способа для снижения токсичности дизельных выхлопов двигателей, работающих в местах с ограниченным воздухообменом.

Список литературы

1. Жуков Г.И., Смайлис В.И. // Горный журнал.-1987.-№1.
2. Жуков Г.И. // Безопасность труда в промышленности.-1990.-№3.
3. Жуков Г.И. // Горный журнал.-1989.-№12.
4. Жуков Г.И. Нейтрализация отработавших газов дизелей подземного самоходного оборудования и карьерного автотранспорта. - Жезказган, 2001.-169 с.
5. Звонов В.А. Токсичность двигателя внутреннего сгорания. -М.:Машиностроение, 1973. -190 с.

Получено 11.09.06.

УДК 628.3

О.А.Петрова, А.К. Адрышев, Н.А. Струнникова
ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ
ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД**

Для многих крупных городов мира утилизация осадков городских сточных вод является на сегодняшний день трудно решаемой проблемой. В связи с большим содержанием в осадках органических соединений основным направлением утилизации является применение их в качестве удобрений. В ВКГТУ им. Д. Серикбаева на кафедре «Безопасность жизнедеятельности и охрана окружающей среды» проводятся исследования по улучшению экологических свойств осадков городских сточных вод природными сорбентами для использования их в качестве удобрений и рекультивантов нарушенных земель. С целью повышения эффективности предлагаемых мероприятий проведен анализ данных и разработана имитационная модель процесса утилизации осадков, которая позволяет прогнозировать состояние данной системы при изменении качественных и количественных характеристик осадков, получаемой смеси, потребности в ней и ряда других факторов.

При использовании метода моделирования свойства и поведение объекта изучают путем применения вспомогательной системы - модели, находящейся в определенном объективном соответствии с исследуемым объектом.

Современное предприятие по очистке городских сточных вод, являющееся объектом моделирования, обладает исключительной сложностью. Производственный процесс характеризуется движением во времени и пространстве огромного числа материальных и информационных потоков, связанных с подготовкой производства, доставкой сырья, выполнением множества взаимосвязанных операций по обслуживанию производства, хозяйственно-финансовому обеспечению, сбыту и реализации продукции. При этом поведение производственной системы не может быть оценено каким-либо одним показателем.

Имитационная система – это совокупность модели, имитирующей изучаемый объект, и систем внешнего и внутреннего его обеспечения [1].

Имитационная модель является вычислительной процедурой, формализовано описывающей изучаемый объект и имитирующей его поведение. В имитационной модели воспроизводятся элементарные явления, составляющие исследуемый процесс, с сохранением их логической структуры, последовательности протекания во времени, характера и состава информации о состояниях процесса [1].

Основой для создания имитационной системы анализа и прогнозирования развития ситуаций при принятии решений по реализации мероприятий, направленных на развитие экологически рациональных технологий утилизации осадков городских сточных вод на коммунальных предприятиях, является структура и содержание совокупности используемых данных.

Содержательной основой для построения имитационной модели объекта является его концептуальная модель, под которой понимается совокупность качественных зависимостей критериев оптимальности и различного рода ограничений от факторов, существен-

ных для отражения функционирования объекта [2]. Концептуальная модель отражает следующие основные моменты:

- условия функционирования объекта, определяемые характером взаимодействий между объектом и его окружением, между элементами объекта;
- цели исследования объекта и направления улучшения его функционирования;
- возможности управления объектом, определяющие состав управляемых переменных объекта.

Порядок построения имитационной модели и ее исследования в целом состоит из нескольких этапов [1]:

- 1) определение объекта - установление границ, ограничений и измерителей эффективности объекта, подлежащего изучению;
- 2) формулирование модели - переход от реального объекта к логической схеме;
- 3) подготовка данных - отбор данных, необходимых для построения модели, и представление их в соответствующей форме;
- 4) оценка адекватности - повышение уровня корректности выводов о реальном объекте, полученных на основании обращения к модели;
- 5) стратегическое планирование - планирование эксперимента, который должен дать необходимую информацию;
- 6) экспериментирование - процесс осуществления имитации с целью получения желаемых данных;
- 7) интерпретация - построение выводов по данным, полученным путем имитации;
- 8) реализация - практическое использование модели и результатов моделирования.

Система имитационного моделирования будет представлять собой сеть структурных элементов, посредством которых отображается совокупность коммунальных предприятий, являющихся источниками осадков, и предприятий сельского и лесного хозяйства, а также добывающей отрасли, использующих осадки в качестве удобрений и рекультивантов нарушенных земель.

Структурная схема системы имитационного моделирования представлена на рис. 1.

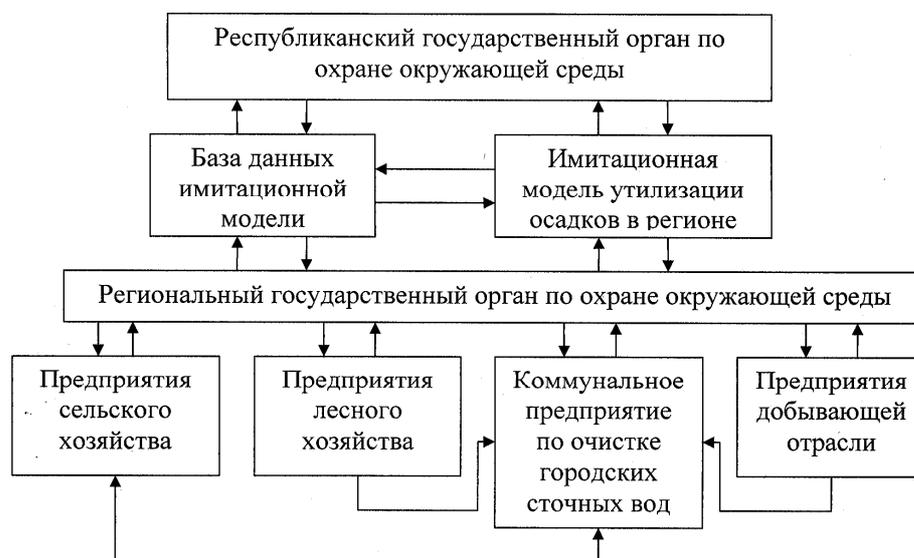


Рис. 1. Структурная схема имитационного моделирования

Определяющие компоненты имитационной модели составляют модели функционирования технологических процессов образования, обработки, утилизации осадков, а также модель управления.

В разрабатываемой имитационной системе информация об объекте передается как от нижних уровней к верхним, где она анализируется и обобщается, так и от верхних уровней к нижним, где систематизированная информация детализируется. Связь между компонентами системы должна обеспечиваться единообразием операционных данных

В процессе имитационного моделирования выделяются этапы [1]:

- определение целей, задач и возможностей имитации;
- анализ системы и построение ее концептуальной модели;
- формализация модели;
- анализ и коррекция имитационной модели;
- планирование и проведение имитационных экспериментов;
- обработка и анализ результатов имитации;
- внедрение и сопровождение результатов имитации.

Таким образом, модель утилизации осадков городских сточных вод, загрязненных тяжелыми металлами, в качестве удобрений и рекультивантов формируется следующим образом:

1. Определение целей, задач и возможностей имитации.

Цель исследования является внешней по отношению к объекту, имеет большое значение и определяется текущими и долгосрочными интересами по отношению к объекту [1].

Целью данной работы является решение эколого-экономических проблем по утилизации осадков городских сточных вод, загрязненных тяжелыми металлами. Она базируется на двух основных устремлениях:

- утилизация осадков для уменьшения экологического риска от распространения тяжелых металлов и других веществ в почве, грунтовых и поверхностных водах;
- экономия средств и получение прибыли от реализации товарного продукта из осадков.

Чтобы данная проблема имела решение, выбранные цели не должны быть взаимоисключающими.

Цель исследования конкретизируется в виде множества задач, решение которых необходимо и достаточно для достижения цели. Множество задач имеет иерархическую структуру [1]. На рис. 2 изображена иерархическая структура целей и задач решения эколого-экономической проблемы по утилизации осадков городских сточных вод, загрязненных тяжелыми металлами, в качестве удобрений и рекультивантов.

Дополнительными факторами при выборе цели являются возможности исследователя - теоретические, финансовые, временные и др. [1]. Теоретические возможности включают данные и методы, которые можно применить для решения проблемы имитационного моделирования. Финансовые возможности ограничивают использование оборудования, объем работ и т.п. Временной фактор ограничивает продолжительность исследования.

При этом предварительно оговариваются и фиксируются цели исследования, которые можно подразделить следующим образом [1]:

- описание функционирования системы;
- прогноз функционирования системы;
- оптимизация функционирования системы.

Описание функционирования является базой исследования и выполняется в рамках сформулированной проблемы, позволяя представить существующее состояние системы, а также изменение состояния со временем. Для имитационной модели утилизации осадков описание включает в себя характеристики сооружений очистного комплекса, состав и свойства образующихся осадков.

Прогноз функционирования формулирует представление о состоянии системы в будущем при различных внутренних и внешних воздействиях. Их набор называется сценарием, который образует входные данные для прогноза. К внутренним воздействиям относятся решения по управлению системой – решения руководства о внедрении технологии обработки осадков, выделения средств, организация производства из них удобрительной смеси, к внешним – деятельность служб по охране окружающей среды, действующие нормативные документы, состояние окружающей среды, конкурентоспособность выпускаемой удобрительной смеси и др.



Рис. 2. Иерархическая структура решения эколого-экономической проблемы по утилизации осадков городских сточных вод

Оптимизация функционирования основывается на выборе критериев оптимальности. Для коммунального предприятия при решении проблемы утилизации осадков такими критериями могут быть: минимизация затрат на осуществление проекта, прибыль от реализации продукции, безопасность продукции для окружающей среды, ее конкурентоспособность.

2. Анализ системы и построение ее концептуальной модели.

Анализ, на основе которого строится концептуальная модель, включает в себя: установление границ системы, определение ее элементов, их характеристик и связей, выявление происходящих в системе процессов, описание внутренних и внешних воздействий [1]. На рис. 3 приведена концептуальная модель для построения имитационной системы утилизации осадков.

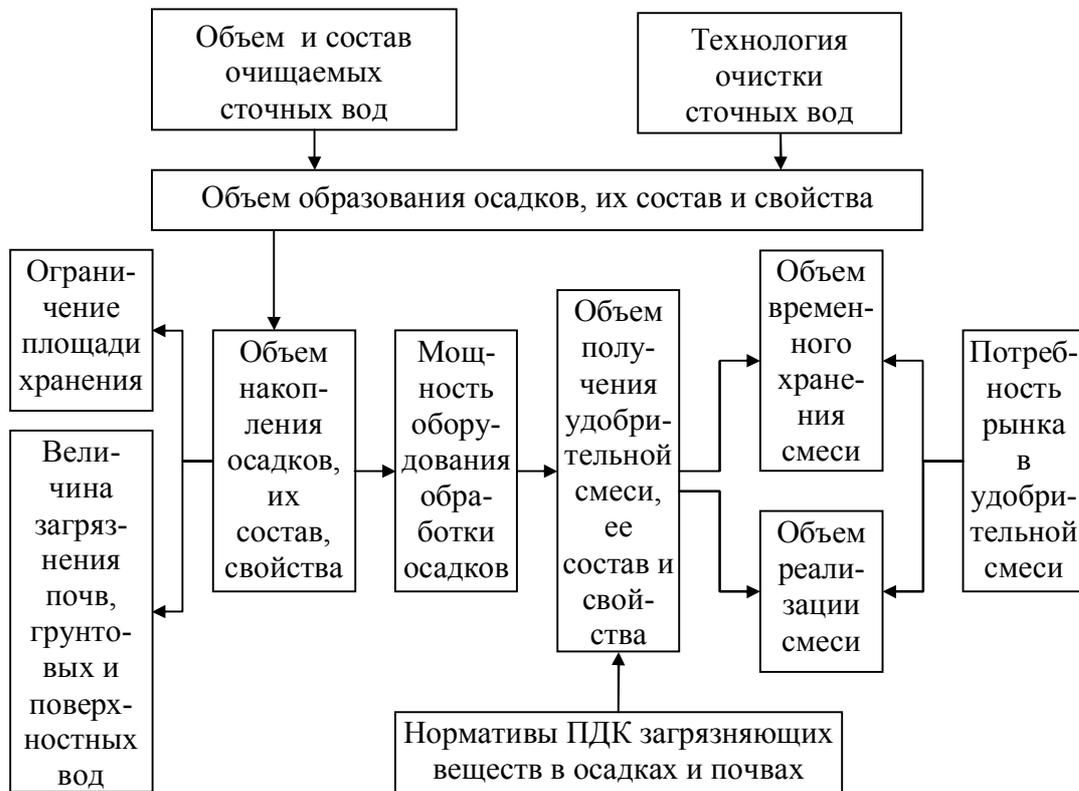


Рис. 3. Концептуальная модель взаимосвязей элементов образования, накопления и переработки осадков городских сточных вод, направления негативного их воздействия на окружающую среду

3. Формализация модели.

Формализация полученной концептуальной модели является следующим этапом имитационного моделирования.

Формальная модель дает возможность выполнять преобразования по определенным формальным правилам и для имитационной модели утилизации осадков определяется следующими математическими соотношениями [1]:

$$x(t + \Delta t) = x(t) + (\Delta t)f_i(x(t), u(t), \xi(t)), \quad (1)$$

$$x(0) = x_0, \quad t = 0, \Delta t, \dots, T - \Delta t, \quad (2)$$

где $x(t) = (x_1(t), \dots, x_n(t))$ - вектор состояния, характеризующий состояние системы в момент времени t . Он представлен переменными состояния, то есть величиной объема, составом и свойствами очищаемых сточных вод и образующихся осадков;

$u(t) = (u_1(t), \dots, u_m(t))$ - вектор управляющих воздействий. Управляющие переменные это-

го вектора характеризуется показателями обрабатывающего оборудования, заданным составом и свойствами получаемой смеси;

$\xi(t) = (\xi_1(t), \dots, \xi_p(t))$ - вектор нецеленаправленных воздействий. Переменные этого вектора не контролируются субъектом управления и определяются в данной имитационной модели нормативами загрязняющих веществ в осадках и почвах, потребностью рынка в получаемом товарном продукте (удобрительной смеси);

$f_i(x(t), u(t), \xi(t))$ - вектор-функция, определяющая динамику вектора состояния в условиях внешнего воздействия;

$x_0 = (x_{01}, \dots, x_{0n})$ - начальное значение вектора состояния, которое считается известным, то есть те объемы и тот состав осадков, которые определены к началу проектирования системы;

T – период, в течение которого моделируется динамика данной системы;

Δt – шаг моделирования. Поскольку показатели очистки сточных вод и образования осадков приводятся к удельной годовой величине, а применение получаемой удобрительной смеси невозможно в зимний период, что будет определять объемы ее хранения, следовательно, шаг моделирования целесообразнее принять равным 1 году. В этом случае формализованная математическая модель будет выглядеть так [1]:

$$x(t+1) = x(t) + f_i(x(t), u(t), \xi(t)), \quad (3)$$

$$x(0) = x_0, \quad t = 0, 1, \dots, T-1, \quad (4)$$

Имитационное моделирование утилизации осадков имеет свои цели, согласно которым необходимо, чтобы система находилась всегда в заданной области $\Omega(t)$ оптимальных параметров, позволяющих с наибольшей эффективностью решать данную эколого-экономическую проблему. В этой области желательно, чтобы $u(t) = \xi(t)$.

Модель утилизации образующихся осадков может быть представлена в виде:

$$Q_t = q_{ин} + (q_o - q_y), \quad (5)$$

где Q_t - количество осадков, складированных для хранения на территории очистных сооружений на момент времени t ;

$q_{ин}$ - количество осадков, накопленных на иловых площадках на момент времени $t-1$;

q_o - количество осадков, образующихся за период времени Δt ;

q_y - количество осадков, утилизируемых в качестве удобрительной смеси при временном шаге Δt .

4. Анализ и коррекция имитационной модели.

Для этого необходимо:

- выбрать значения структурных и числовых параметров модели (идентификация);
- убедиться, что при выбранных значениях модель хорошо соответствует моделируемой системе (верификация).

За пять лет с 2001 года на иловых площадках ЛОС накоплено $q_{ин} = 11645,84$ тонны сухого вещества необработанных осадков.

Анализ динамики образования осадков за последние пять лет показывает тенденцию увеличения объемов образующихся осадков. На основе анализа статистических данных получена зависимость (6) изменения количества образования осадков во времени:

$$Q = 101,94 \cdot t^2 - 408165,9 \cdot t + 408574180,9, \quad (6)$$

где Q – количество осадков за расчетный год, тонн сухого вещества;
 t – расчетный год.

С помощью полученного уравнения (6) можно составить прогноз увеличения количества осадков в различные годы (табл. 1).

Таблица 1. Прогноз увеличения количества образования осадков

№	Год	Статистические данные	Рассчитанные значения
1	2002	1947,92	1976,86
2	2003	2167,6	2080,66
3	2004	2301,4	2388,34
4	2005	2928,82	2899,90
5	2006		3615,34
6	2007		4534,66
7	2008		5657,86
8	2009		6984,94
9	2010		8515,90

На основе статистических и расчетных данных построен график количества образования, накопления и необходимой переработки осадков (рис. 4).

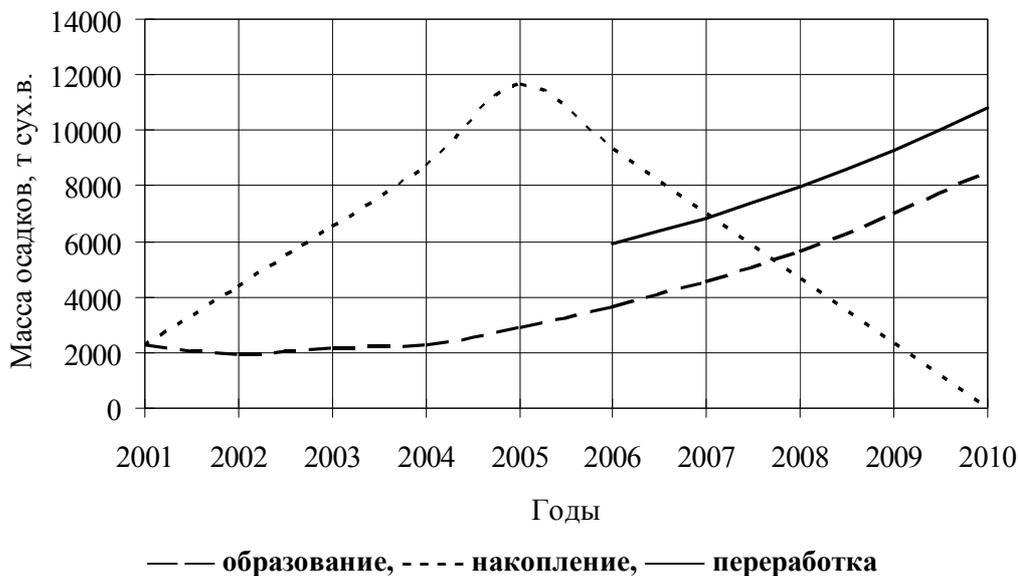


Рис. 4. Динамика образования, накопления и переработки осадков

Из представленного графика следует, что для полной утилизации осадков к 2010 году необходимо перерабатывать $q_y = q_0 + 2300$ тонн/год осадков. При этом с увеличением объ-

емов образования осадков необходимо пропорциональное увеличение объемов их переработки. Следует учесть, что по окончании строительства и введении в эксплуатацию третьей очереди очистных сооружений количество образующихся осадков резко возрастет до 17520 тонн сухого вещества в год.

5. Проведение имитационных экспериментов.

Эксперимент, проведенный с имитационной моделью, может показать изменение системы при изменении сценария, то есть при изменении внутренних и внешних воздействий.

Для модели утилизации осадков городских сточных вод изменение сценария может заключаться в уменьшении или увеличении потребности рынка в удобрениях, а также в увеличении или уменьшении объемов образования осадков и соответственно получаемой из них удобрительной смеси. Учитывая тенденцию увеличения образования городских сточных вод, расширения сельскохозяйственных и лесных угодий, а также необходимость рекультивации нарушенных земель, можно предположить наиболее вероятный сценарий, при котором будет наблюдаться как увеличение образования осадков, так и увеличение потребности в удобрительной смеси.

Если объем переработки осадков будет соответствовать объему их образования, то накопление осадков на территории очистных сооружений будет прекращено. Если же объем переработки осадков в данном сценарии будет меньше объемов их образования или при увеличении объема образования объем их переработки сохранится на прежнем уровне, то модель (5) будет иметь вид, представленный на рис. 5, из которого видно, что в этом случае осадки вновь будут накапливаться на территории очистных сооружений.

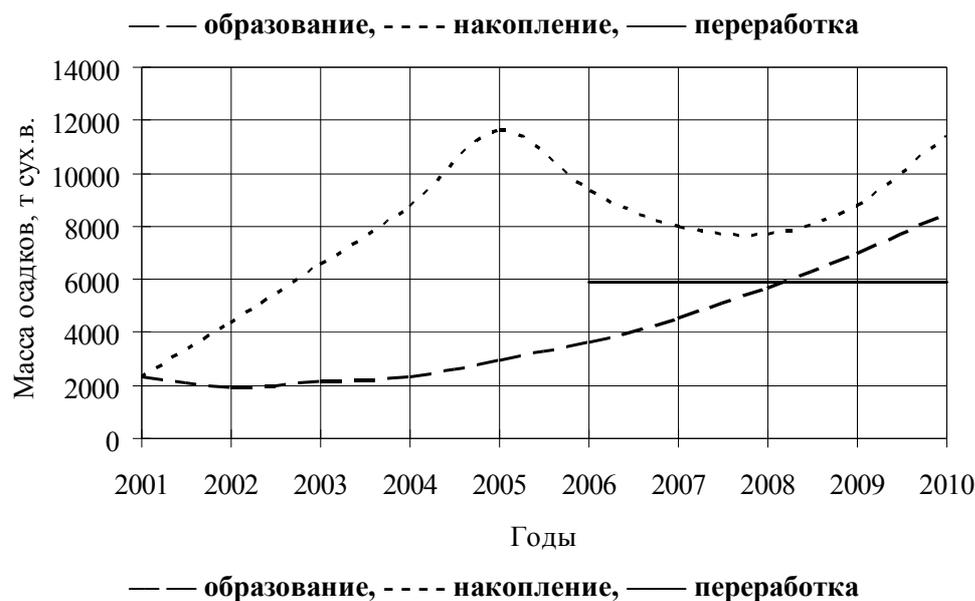


Рис. 5. Динамика накопления осадков при отсутствии роста переработки

В этом случае стимулировать предприятие увеличивать объемы переработки осадков с целью обеспечения экологической безопасности будет воздействие на него государственных природоохранных органов.

Поэтому при решении эколого-экономической проблемы следует учитывать целена-

правленное воздействие на коммунальное предприятие государственных природоохран-ных органов с целью выполнения предприятием природоохранных мероприятий. В связи с этим формулируется еще одна задача системы [1]:

$$x(t) \in \Omega, t = 1, 2, \dots, T; \quad (7)$$

$$J_v = \sum_{t=1}^T g_v(t, v(t)) \rightarrow \max; \quad (8)$$

$$v(t) \in V(t), t = 1, 2, \dots, T; \quad (9)$$

$$J_u = \sum_{t=1}^T g_u(t, x(t-1), v(t), u(t)) \rightarrow \max; \quad (10)$$

$$u(t) \in U(t, x(t-1), v(t)), t = 1, 2, \dots, T; \quad (11)$$

$$\xi(t) \in \Xi(t), t = 1, 2, \dots, T; \quad (12)$$

$$x(t+1) = x(t) + f(t, x(t), u(t), \xi(t)), \quad (13)$$

$$x(0) = x_0, t = 0, 1, \dots, (T-1), \quad (14)$$

где $v(t) = (v_1(t), \dots, v_p(t))$ - вектор управляющих воздействий природоохранных государственных органов на коммунальное предприятие в момент времени t ;

$V(t)$ - область допустимых управлений природоохранных государственных органов в момент t ;

$U(t, x(t-1), v(t))$ - область допустимых управлений коммунального предприятия в момент t ;

$\Xi(t)$ - область значений неконтролируемых факторов в момент t ;

$g_v(t, v(t))$ - целевая функция природоохранных государственных органов в момент t ;

J_v - общая целевая функция природоохранных государственных органов за период $[0, T]$;

$g_u(t, x(t-1), u(t), v(t))$ - целевая функция коммунального предприятия в момент t ;

J_u - общая целевая функция коммунального предприятия за период $[0, T]$;

$f(t, x(t), u(t), \xi(t))$ - вектор перехода системы из состояния в момент t в состояние в момент $t+1$;

Ω - желаемая область состояния системы.

Для коммунального предприятия общая целевая функция природоохранных государственных органов относительно утилизации осадков городских сточных вод за период времени $[0, T]$ формулируется в виде:

$$J_v = \int_0^T g_v(Q(t)) dt \rightarrow \min_{\{Q(t)\}}, \quad (15)$$

$$\frac{\partial Q(t)}{\partial t} = q_o - q_n(t), \quad (16)$$

$$Q(0) = Q_{2005 \text{ года}}, \quad (17)$$

$$Q(T) = 0. \quad (18)$$

При этом общая целевая функция коммунального предприятия может быть записана в виде:

$$J_u = \int_0^T g_u(q_n(t)) dt \rightarrow \max_{\{q_n(t)\}}. \quad (19)$$

Таким образом, целью воздействия природоохранных государственных органов на коммунальное предприятие является сокращение объемов накапливаемых осадков для предотвращения вредного воздействия на окружающую среду, а целью коммунального

предприятия под этим воздействием является увеличение объемов переработки осадков.

6. Обработка и анализ результатов имитации.

Непосредственно получаемые результаты имитации должны быть систематизированы и подвергнуты статистической обработке, после чего производится их анализ, который включает [1]:

- оценку точности параметров модели;
- уменьшение числа параметров модели;
- определение источников ошибок;
- исключение резко отклоняющихся значений;
- выбор системы координат для представления результатов;
- анализ функции отклика и др.

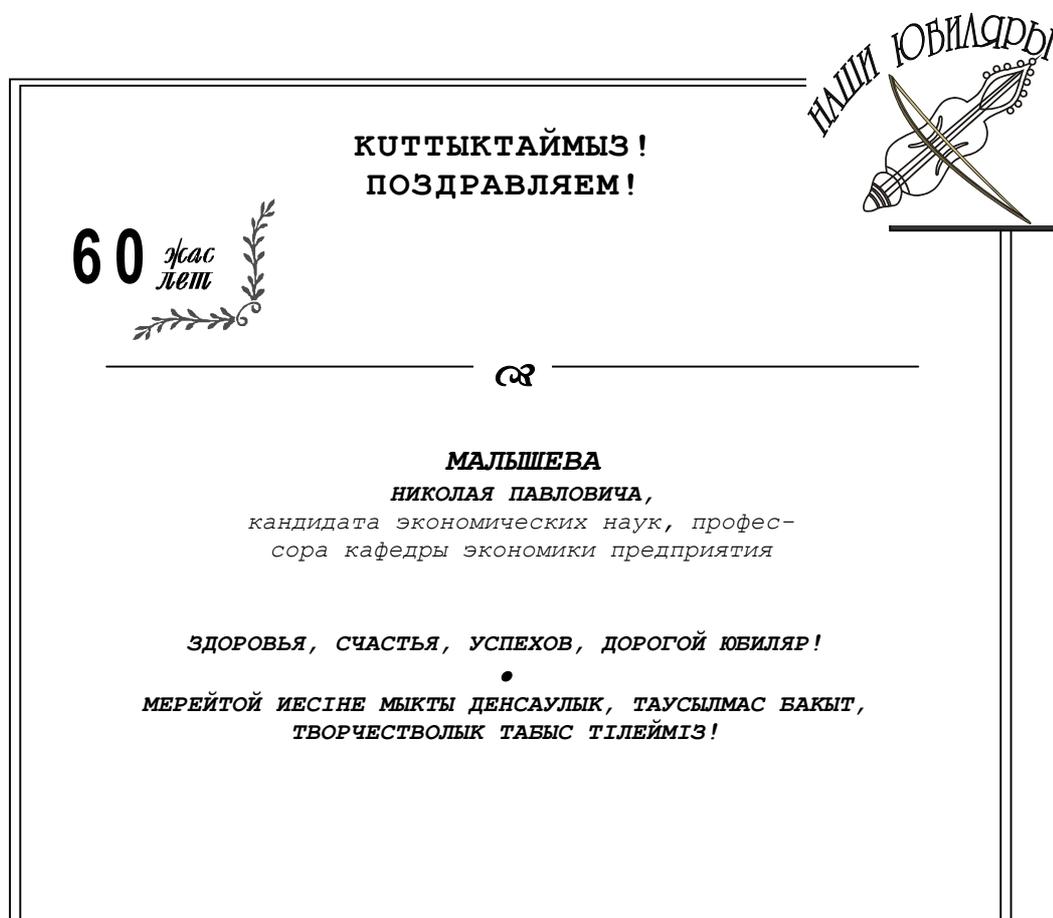
7. Внедрение и сопровождение результатов имитации.

При рассмотрении практических задач полученные результаты имитации могут использоваться для решения как поставленной задачи, так и других проблем, связанных с данной системой, а также могут быть применены для более широкого числа подобных систем.

Список литературы

1. Угольников Г.А. Управление эколого-экономическими системами. – М.: Вузовская книга, 1999. – 132 с.
2. Иозайтис В.С., Львов Ю.А. Экономико-математическое моделирование производственных систем. – М.: ВШ, 1991 – 192 с.

Получено 27.07.06.





УДК 628.152

Г.Б.Рахимжанова

ВКГУ им. С.Аманжолова, г. Усть-Каменогорск

**КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД
ТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

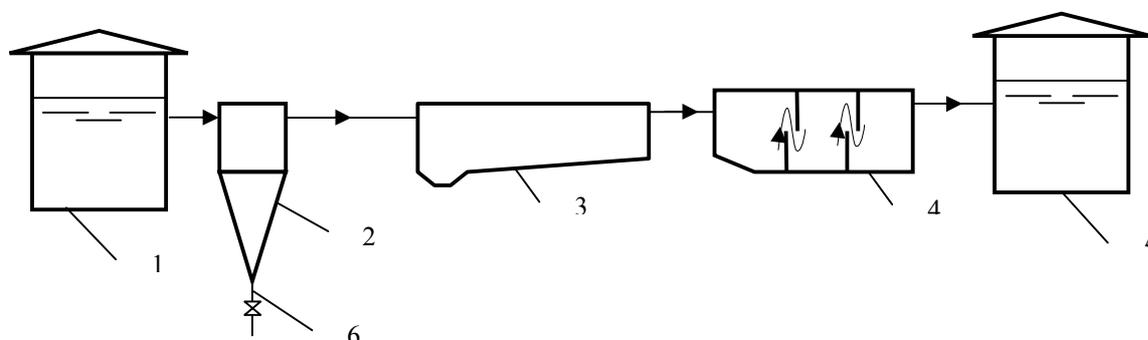
На транспортных предприятиях имеется большое количество ремонтных заводов, станций технического обслуживания, локомотивных и вагонных депо, промывочно-пропарочных станций, на которых образуются бытовые, производственные и дождевые сточные воды.

Производственные воды в депо, СТО и на ремонтных заводах образуются в результате обмывки локомотивов и вагонов, очистки и промывки деталей и узлов от смазки, грязи и старой краски, от мытья смотровых канав и других работ. На промывочно-пропарочных станциях воды образуются от промывки и пропарки цистерн после перевозки в них нефтепродуктов и различных химикатов (табл. 1) [1]. Основными видами загрязнений от перечисленных объектов являются нефтепродукты, механические примеси, кислоты, щелочи, хлориды, сульфаты и др.

Таблица 1.

Транспортное предприятие	Суточный расход сточных вод, м ³ /сутки	Концентрация нефтепродуктов, мг/л	Концентрация взвешенных веществ, мг/л
Ремонтный завод	300-2000	200-800	600- 1400
Депо, СТО	50-500	2000-20000	до 10000
Промывочно-пропарочная станция	500-2000	20000 – 5000	2000-3000

Очистку производственных вод от тяжелых механических примесей обычно производят в горизонтальных песколовках или гидроциклонах, а от нефтепродуктов – в нефтеловушках или отстойниках и на флотационных установках; кислоты и щелочи, содержащиеся в стоках, подвергают нейтрализации. На транспортных предприятиях обычно устраивают замкнутые оборотные системы (рис. 1). Производственные воды накапливаются в приемном резервуаре 1, затем их очищают в гидроциклонах 2 и нефтеловушках



3. В связи с тем, что нефтеловушки не задерживают из стоков грубодиспергированные нефтепродукты, сточные воды подвергают доочистке на флотационных установках 4 для удаления эмульгированных нефтепродуктов. Очищенную воду из резервуара технической воды 5 направляют на повторное использование.

Рис. 1. Схема сооружений очистки производственных сточных вод транспортных предприятий: 1 – резервуар-накопитель производственных стоков; 2 – гидроциклон; 3 – нефтеловушка; 4 – флотатор; 5 – резервуар технической воды; 6 – трубопровод для отвода шлама.

Использование таких очистных сооружений для очистки производственных сточных вод на транспортных предприятиях с небольшим водопотреблением малоэффективно как в технологическом, так и в технико-экономическом отношении.

Создание более совершенных, мобильных и простых в эксплуатации конструкций для очистки нефтесодержащих вод, которые, не требуя больших капитальных и материальных затрат, очищали бы воду для использования в технических целях, решает проблему рационального использования водных ресурсов и предотвращает загрязнение окружающей среды.

В данной работе предлагается новая схема очистки производственных сточных вод для использования в системе оборотного водоснабжения (рис. 2). Загрязненные воды от предприятий по трубопроводу 1 подаются в приемный резервуар 2, откуда по трубопроводу 3 стоки подаются в лоток 4 со сменными фильтрационными кассетами 5. В качестве фильтрующей загрузки кассет используется адсорбент. Пройдя фильтрацию в слое адсорбента, качество очищенной воды доходит до технической кондиции. Далее очищенную воду по трубопроводу 6 подают в резервуар технической воды 7, из которого очищенная вода по трубопроводу 8 подается на повторное использование для технических нужд предприятия.

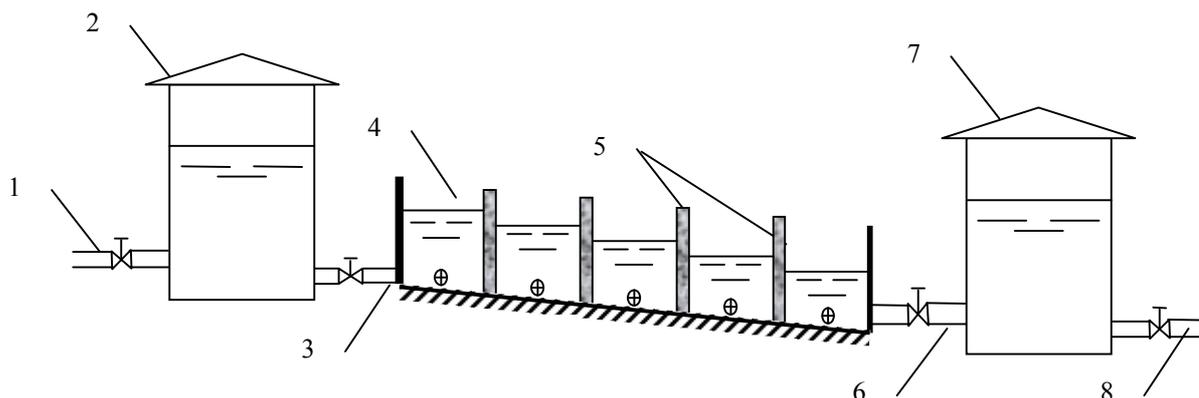


Рис. 2. Новая схема сооружений очистки производственных сточных вод: 1 – трубопровод, по-

дающий сточную воду с предприятий железнодорожного транспорта; 2 – резервуар-накопитель производственных стоков; 3 – трубопровод, подающий сточную воду на очистку; 4 – лоток; 5 – фильтрационные кассеты с адсорбентом; 6 – трубопровод для отвода очищенной воды; 7- резервуар для очищенной воды технического качества; 8 – трубопровод, подающий очищенную воду на повторное использование

Тем самым предложено заменить комплекс очистных сооружений установкой, которая объединяет в себе два метода очистки – фильтрацию и адсорбцию (рис. 3).

Конструкция представляет собой железобетонный лоток с установленными в нем съемными насыпными фильтрами в виде кассет с неподвижным слоем адсорбента, через который фильтруется обрабатываемая сточная вода. Кассета – металлический короб прямоугольного сечения, на который натянута мелкая металлическая сетка. Обычно в установке имеется несколько параллельно работающих секций, состоящих из 3-5 - последовательно расположенных фильтров. Количество кассет зависит от первоначальной концентрации загрязнений, требуемого качества технической воды и определяется экспериментальным путем.

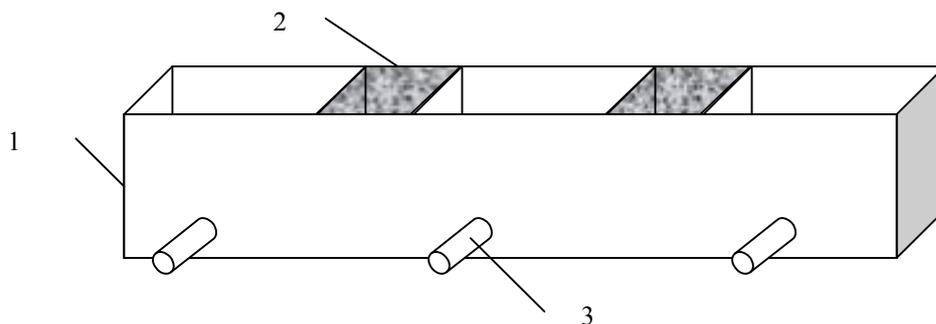


Рис. 3. Установка по очистке производственных сточных вод от нефти и нефтепродуктов: 1 – железобетонный лоток; 2 – фильтрационная кассета с адсорбентом; 3 – трубопровод для отвода очищенной воды

Геометрические размеры лотка определяются в зависимости от расхода производственных сточных вод и скорости фильтрации, которая обычно находится в пределах 1-6 м/ч, по формуле:

$$Q = \omega \cdot V,$$

$$\omega = Q/V,$$

где Q - расход сточных вод, м³/ч; V - скорость фильтрации, м/ч; ω - площадь живого сечения, м².

В качестве фильтрующей загрузки кассет могут быть использованы любые природные сорбенты. Выбор сорбента осуществляется по технико-экономическим показателям. Крупность зерен адсорбента от 1,5 до 5 мм, высота слоя зависит от вертикального размера лотка.

Замена загрязненных кассет новыми осуществляется автокранами не прерывая процесс очистки. Вышедший из строя адсорбент и шлам можно использовать на технические нужды в качестве котельного топлива.

Процесс очистки длится до тех пор, пока фильтрат не достигнет должного технического качества.

Очистная установка имеет модульную структуру, что обеспечивает ее мобильность и возможность транспортировки любым видом транспорта.

Итак, предлагаемая конструктивная схема очистки производственных сточных вод транспортных предприятий в сравнении с аналогами позволяет:

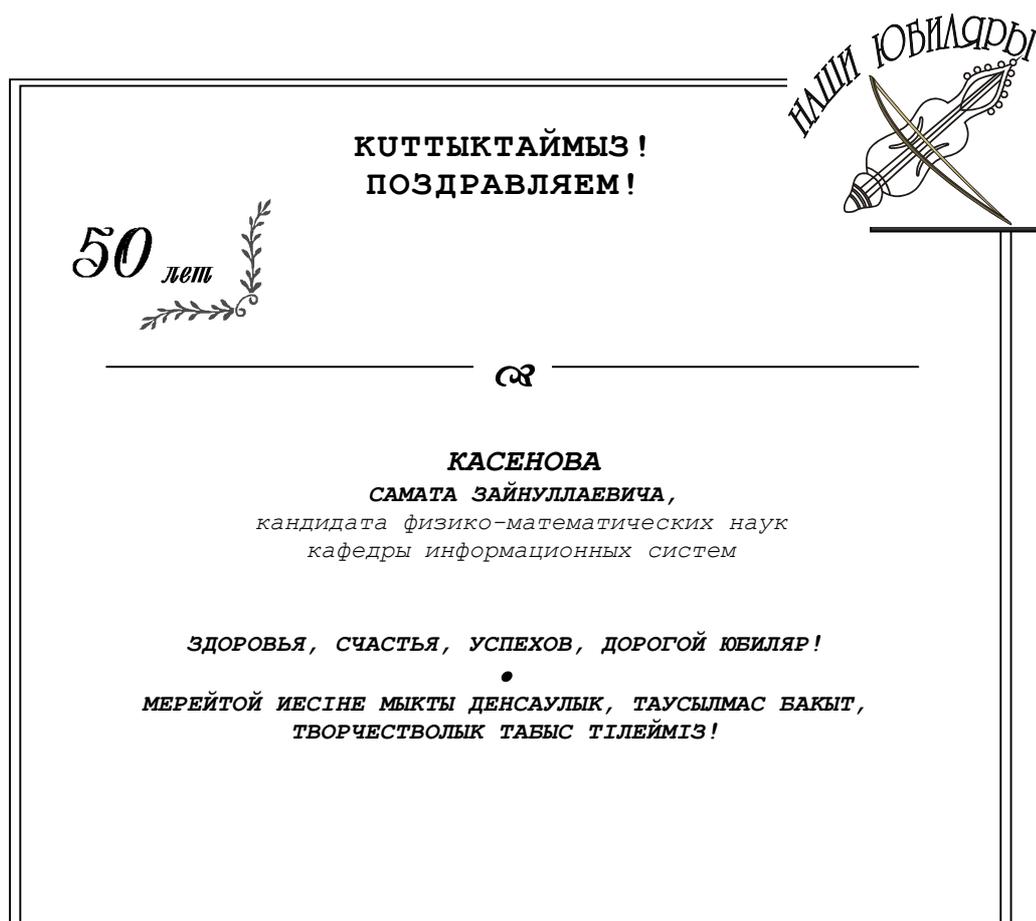
- производить очистку воды от нефти и нефтепродуктов как в грубодисперсном, так и в эмульгированном состоянии;
- исключить затраты на сложное технологическое оборудование, капитальные и энергетические ресурсы;
- сократить расход чистой воды на технические нужды;
- обеспечить дополнительно получение нефтепродукта в качестве котельного топлива.

Предлагаемый метод очистки является экологически более безопасным, поскольку остаточная концентрация нефтепродукта после очистки составляет менее 2 мг/л, что позволяет использовать ее в оборотном водоснабжении для технических нужд транспортных предприятий.

Список литературы

1. Теплов А.В. Водоснабжение и канализация на железнодорожном транспорте. - М.: Транспорт, 1973. - 248 с.
2. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. - М.: Химия, 1976. - 592 с.
3. Бельгибаев Б.А. Очистка нефтесодержащих вод на нефтепромысле Карамай (КНР) /Б.А. Бельгибаев, Н. Бибрал, Г.Б. Рахимжанова //Республиканский сборник научных трудов аспирантов и магистрантов. - Алматы: КазНТУ, 2001.- С. 148-150.
4. Дарахвелидзе П.Г. Программирование в Delphi5. -СПб.: БХВ-Петербург, 2001. - 774 с.

Получено: 28.08.06.





УДК 628.152

Г.Б.Рахимжанова

ВКГУ им. С. Аманжолова, г. Усть-Каменогорск

ОЧИСТКА НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ВОД В СЛОЕ АДСОРБЕНТА

Изучение вопросов рационального использования поверхностных водных источников, подверженных загрязнению в результате техногенной деятельности человека - актуальная экологическая задача.

Одним из загрязнителей окружающей среды являются нефтесодержащие воды, источниками которых служат производственные объекты нефтепромыслов [1]. В то же время, они сами испытывают острую нехватку в технической воде, используемой для повышения пластового давления.

В статье предлагается эффективный способ очистки нефтесодержащей воды в гидравлическом канале с установленными в нем съемными фильтрующими кассетами. В качестве фильтрующего вещества могут быть использованы активированный уголь, другие природные сорбенты. Промышленные адсорбенты, такие, как активированные угли, силикагели, цеолиты, природные глины, должны иметь «ажурную» внутреннюю структуру, в порах которой происходит физическая адсорбция и химическая сорбция [2].

При постановке задачи предполагается, что в результате очистки нефтесодержащих вод адсорбционным методом степень ее пригодности соответствует нормативам технической воды (табл. 1). При этом учитывается, что адсорбенты имеют свой срок службы, после которого их нужно менять. В связи с этим, конструкция канала должна учитывать необходимость за-

мены кассет с адсорбирующими элементами без остановки его работы.

Таблица 1.

Жесткость воды CaCO ₃	Менее 0.1 мг/л
Взвешенные наносы	Менее 2 мг/л
Нефть	Менее 2 мг/л
Железо	Менее 0.05 мг/л
Кислород, O ₂	Менее 0.05 мг/л
pH	7,5-11

Гидравлический канал имеет прямоугольное сечение. Кассеты - металлический короб в виде параллелепипеда, на который натянута мелкая металлическая сетка. Замена кассет осуществляется по мере их загрязнения. Вышедший из строя адсорбент и шлам можно использовать в качестве топлива для паровых котлов. Количество кассет, а следовательно, и длина канала определяется экспериментальным путем в лаборатории.

С этой целью автором создана экспериментальная установка, позволяющая исследовать процессы фильтрации нефтесодержащих вод. Установка сделана из органического стекла в масштабе 1:100. Кассета имеет следующие параметры: длина – 20см; ширина – 15см; высота – 15см. На конечной стенке установки предусмотрены сливные отверстия. Принципиальная схема экспериментальной установки приведена на рис. 1.

Целью эксперимента являлось определение эффективности очистки нефтесодержащих сточных вод адсорбционным методом. Определение таких параметров, как скорость фильтрационного потока, гидравлический уклон, коэффициент фильтрации.

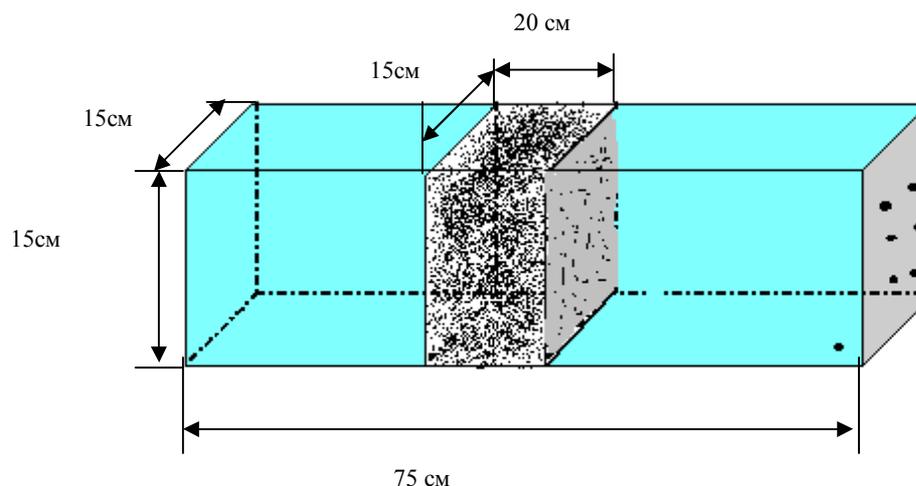


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Основным рабочим элементом адсорбционной установки, используемой для очистки нефтесодержащих вод, является фильтрующая загрузка. Правильный ее выбор имеет первостепенное значение на нормальную работу установки. К числу основных требований к фильтрующим материалам относится: надлежащий фракционный состав загрузки; необходимая степень однородности ее зерен.

Неправильный выбор фракционного состава загрузки приводит к ухудшению качества

очищенной воды. Крупность и однородность фильтрующего материала определяют ситовым анализом на ряде калиброванных сит.

При калибровании через сито просеивают образец фильтрующего материала, плотность которого известна. После того, как просеивание закончено, сито помещают над листом бумаги, закрывают крышкой и сильно встряхивают. При этом на бумагу просеивается дополнительное количество наиболее крупных зерен. Эти зерна подсчитывают, взвешивают на аналитических весах и определяют их средний диаметр, считая их шарами по следующей формуле:

$$d_k = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot q}{\pi \cdot n \cdot V}}, \quad (1)$$

где d_k – средний диаметр шара, принимаемый за калибр, м;

q – вес прошедших через сито наиболее крупных зерен, кг;

n – число зерен;

V – плотность зерен.

В качестве адсорбента или фильтрующего материала использовался активированный уголь.

В ходе эксперимента из партии фильтрующего материала была отобрана средняя проба в количестве 130 г. Остатки на ситах взвешиваются и приводятся в табл. 2.

Таблица 2.

Калибр сита, d_k мм	Осталось на сите		Прошло через сито	
	P_i	P_i	г	%
0,45	2,5	2,27	107,5	97,72
0,63	2	1,82	105,5	95,91
1,25	10	9,1	95,5	86,82
1,6	35	31,82	60,5	55

По данным табл. 2 к основным показателям фильтрующего материала относятся:

- эквивалентный диаметр $d_{эkv}$ (мм) зерен, который определяется по формуле:

$$d_{эkv} = \frac{100}{\sum \left(\frac{P_i}{d_k} \right)}, \quad (2)$$

где P_i – процентное содержание (по массе) фракций со средним диаметром зерен d_k или количество просеиваемых зерен в %, оставшихся на сите калибра d_k

$$d_{эkv} = \frac{100}{19,89 + 7,28 + 2,89 + 5,05} = \frac{100}{35,11} = 2,85 \text{ мм};$$

- параметры, определяющие коэффициент неоднородности фильтрующего материала, а именно 10 %-й калибр зерен материала.

Определив гранулометрический состав активированного угля, задаем начальную концентрацию нефтепродуктов в воде. Загружаем кассету адсорбентом и определяем высоту загрузки. Заливаем нефтесодержащую воду и измеряем начальное время фильтрации, уровень воды. Фиксируем время выхода очищенной воды, для определения скорости фильтрации. По мере очищения воды периодически измеряем уровень очищенной воды и время.

В качестве исходных данных для проведения эксперимента берем следующие параметры:

C_0 – начальная концентрация нефти в воде, 150 мг/л;

$d_{\text{экв}}$ - эквивалентный диаметр зерен загрузки, 2,85 мм;

V – объем нефтесодержащей воды, 2 л;

H - высота загрузки, 0,15 м;

a - ширина загрузки, 0,15 м;

l - длина загрузки, 0,195 м.

В процессе проведения эксперимента делаем замеры следующих параметров:

t_0 – начальное время фильтрации;

t_k – конечное время фильтрации;

t – время прохождения жидкости в слое загрузки;

h_1 – высота столба жидкости под фильтрационной кассетой, 53 мм;

h_2 – высота столба жидкости у выхода из фильтрационной кассеты 23 мм.

Зная эти данные, вычисляем гидравлический уклон по следующей формуле:

$$J_{\text{гидр}} \frac{h_0 - h_k}{l} = \frac{53 - 23}{195} \approx 0,154.$$

Определяем время прохождения жидкости в слое адсорбента:

$$t = t_k - t_0 = 845 \text{ сек.}$$

Зная объем жидкости и время, можем определить расход жидкости по формуле:

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{2}{845} = 0,00237 \text{ л/с} = 0,0085 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Затем определим скорость фильтрации:

$$Q = \omega \cdot v$$

$$\omega = h \cdot a = 15 \cdot 15 = 225 \text{ мм}^2 = 0,000225 \text{ м}^2$$

$$v = \frac{Q}{\omega} = \frac{0,0085}{0,000225} = 37,8 \text{ м/ч} = 0,0105 \text{ м/с.}$$

И последнее, определяем коэффициент фильтрации:

$$v = k \cdot J,$$

$$k = \frac{v}{J} = \frac{0,0105}{0,154} = 0,0682 \text{ м/с} = 245,5 \text{ м/ч.}$$

С профильтрованной жидкости были сняты пробы на содержание нефти. Далее фильтрат, если концентрация нефти составляла более 2 мг/л, снова пропускался через фильтрационную установку до достижения необходимого качества ($C_k \leq 2$ мг/л). Для автоматизации обработки экспериментальных данных разработано программное обеспече-

ние в среде визуального программирования Borland Delphi 5, позволяющее пользователю обрабатывать экспериментальные данные в «дружественном» интерфейсе [3]. Программа состоит из окон для ввода необходимых параметров, просмотра результатов расчетов, просмотра справочной информации.

В результате проведения серии экспериментов:

-получены основные характеристики процесса фильтрации (начальный, конечный уровни жидкости в канале);

-вычислен оптимальный гидравлический уклон;

-определено время прохождения жидкости в слое адсорбента;

- вычислены расходные характеристики;

-определена скорость и коэффициент фильтрации.

Технико-экономические расчеты показали эффективность предлагаемого способа очистки нефтесодержащих вод в промышленных масштабах.

Список литературы

1. Яковлев С.С, Карелин Я.М. Очистка производственных сточных вод / Яковлев С.С, Карелин Я.М. – М.Наука, 1985.-354 с.
2. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. –М.:Химия, 1976.-592 с.
3. Культин Н.В. Самоучитель программирования на Object Pascal в Delphi. – СПб.:ВНУ, 1999.-345 с.

Получено: 28.08.06.

УДК 661.97:663

П.И. Садыков, Э.Б. Ким

АО МАК «Алматыгорстрой», г. Астана

З.А. Естемесов

ТОО «ЦелСИМ», г. Алматы

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПОЛЛЮТАНТАМИ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Восточно-Казахстанская область имеет повышенный индекс загрязнения атмосферы. Установлено, что в 2001 году наибольший уровень загрязнения атмосферного воздуха в г. Усть-Каменогорске достиг 14,4. Такое состояние атмосферного воздуха обусловлено наличием различных предприятий энергетической и цветной металлургической промышленности. Установлено, что в 2000 году ТОО «АЭС Согринская ТЭЦ» выбросило 2,6 тыс. т загрязняющих веществ, ТОО «АЭС Усть-Каменогорская ТЭЦ» – 14,4 тыс. т, АО «Казцинк» УК МП – 76,1 тыс. т, АО «Казцинк» Риддерский цинковый завод – 6,4 тыс. т, АО «Казцинк» Зырянский ГОК – 2,3 тыс. т, АО «Иртышский медьзавод» – 69,7 тыс. т. При этом вклад в загрязнение атмосферы г.Усть-Каменогорска по отраслям составляет:

предприятия цветной металлургии – 74 %; предприятия энергетики – 22,3 %; УМЗ – 0,1 %; остальные (всего 81 предприятие) – 3,6 % [1-3].

Очевидно, что выбросы промышленности создают огромную эколого-экономическую проблему, принося существенный ущерб окружающей среде.

От технических параметров источников выбросов загрязняющих веществ зависят мощность и интенсивность выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Например, источник загрязнения котельной ТОО «Интеркам – Восток», имеющий большие габариты и параметры, выбрасывает в атмосферу в суммарном выражении более 29 т/год загрязняющих веществ, а источник загрязнения углекислотной станции, обладающий гораздо меньшим габаритом, выбрасывает 8 т/год аэрополлютантов (см. таблицу).

Мощность и интенсивность выбросов в атмосферу загрязняющих веществ зависят от технико-экологических характеристик источника загрязнения. Последний, в свою очередь, является неотъемлемой частью технологических процессов того или иного производства.

Загрязнение или оценку экологического воздействия поллютантов определяли согласно общепринятым нормативам по стандартной методике. Интенсивность распространения поллютантов зависит от удаленности от источника выбросов, скорости ветра и метеорологических условий. В качестве исходных параметров для расчета концентрации загрязняющих веществ ТОО «Интеркам – Восток» приняты: число труб (1), высота трубы (60 м), диаметр устья трубы (3 м), ПДК_{NO2} (0,085 мг/м³), ПДК_{SO2} (0,5 мг/м³), ПДК_{CO2} (5 мг/м³).

1. Максимальную концентрацию загрязняющих веществ в приземной области при неблагоприятных метеорологических условиях на расстоянии Хм(м) от источника устанавливали по формуле [4]:

$$C_m = \frac{AMFmn\eta}{H^2\sqrt[3]{V_1\Delta T}},$$

где C_m – максимальная концентрация загрязняющих веществ, мг/м³;

A – коэффициент, зависящий от температурной сертификации атмосферы, для нашего случая A = 200;

M (г/с) – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе, для нашего случая F = 1;

m и n – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса;

H (м) – высота источника выброса над уровнем земли, H = 60 м;

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности, $\eta = 1$;

ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси T_n и температурой окружающего атмосферного воздуха T_v , °C.

2. Расход газовой смеси V_1 (м³/с), определяемый по формуле:

$$V_1 = \frac{\Pi D^2}{4} \omega_0,$$

где D – диаметр источника выброса, D = 3 м;

ω_0 – средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса, $\omega_0 = 7$ м/с.

Подставляя значения, получили:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 3^2}{4} \cdot 7 = 49,5 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

3. Определяли перегрев газовой смеси, ΔT :

$$\Delta T = T_{\Gamma} - T_{\text{В}} = 150 - 24 = 126 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

4. Устанавливали параметр f по формуле

$$f = 1000 \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} = 1000 \frac{7^2 \cdot 3}{60^2 \cdot 126} = 0,32.$$

5. Вычисляли параметр v_m по формуле

$$v_m = 0,653 \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} = 0,653 \sqrt[3]{\frac{49,5 \cdot 126}{60}} = 3,06 \text{ м/с}.$$

6. Параметр v_m^1 определяли по формуле

$$v_m^1 = 1,3 \frac{\omega_0 \cdot D}{H} = \frac{1,3 \cdot 7 \cdot 3}{60} = 0,46.$$

7. Устанавливали значение f_c по формуле

$$f_c = 800(v_m^1)^3 = 800(0,46)^3 = 77,9.$$

8. Параметр m устанавливали согласно

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}} = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot 0,566 + 0,34 \cdot 0,684} = 1,043.$$

9. Значение коэффициента n равно 1, поскольку $v_m \geq 2$.

10. Опасную скорость ветра U_m находили по формуле

$$U_m = v_m (1 + 0,12\sqrt{f}) = 3,06(1 + 0,12\sqrt{0,32}) = 3,27.$$

11. Параметр d находили по формуле:

$$d = 7\sqrt{vm} (1 + 0,28\sqrt[3]{f}) = 7\sqrt{3,06} (1 + 0,28\sqrt[3]{0,32}) = 14,57.$$

12. Максимальная концентрация SO_2 :

$$C_m^{\text{SO}_2} = \frac{200 \cdot 0,41 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{60^2 \cdot \sqrt[3]{49,5 \cdot 126}} = \frac{82}{3600 \cdot 18,41} = \frac{82}{66276} = 0,00124 \text{ мг/м}^3.$$

13. Расстояние $x_m^{SO_2}$ определяется по формуле

$$x_m^{SO_2} = d \cdot H = 14,6 \cdot 60 = 876 \text{ м}.$$

14. Максимальная концентрация NO_2 :

$$C_m^{NO_2} = \frac{200 \cdot 0,27 \cdot 1 \cdot 1}{60^2 \cdot \sqrt[3]{49,5 \cdot 126}} = \frac{54}{66276} = 0,0008 \text{ мг/м}^3.$$

15. Максимальная концентрация CO_2 :

$$C_m^{CO_2} = \frac{200 \cdot 0,66 \cdot 1 \cdot 1}{60^2 \cdot \sqrt[3]{49,5 \cdot 126}} = \frac{132}{66276} = 0,002 \text{ мг/м}^3.$$

Таким образом, максимальная концентрация приоритетных загрязняющих веществ, а

именно: CO₂, SO₂ и NO₂ в атмосферном воздухе на расстоянии 876 км от источника составляет соответственно 0,002; 0,0012; 0,0008 мг/м³, что значительно ниже ПДК соответствующих аэрополлютантов. Полученные результаты расчета и оценки антропогенного воздействия аэрополлютантов предприятия ТОО «Интеркам – Восток» на атмосферу свидетельствуют об эффективности природоохранных мероприятий, проводимых на предприятии.

Список литературы

1. Панин М.С. Экология Казахстана/Под ред. И.О. Байтулина.- Семипалатинск: СГПУ, 2005. - 548 с.
2. Экология Восточного Казахстана: проблемы и решения.- Усть-Каменогорск: ВКГУ, 2001. - 87 с.
3. Экология Восточного Казахстана: проблемы и решения.- Усть-Каменогорск: ВКГУ, 2002. - 87с.
4. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий ОНД 86.- Ленинград: Гидрометроиздат, 1997.

Получено 12.09.06.

УДК 628.16.087:337/.34

А.М. Чегеев

ВКГУ им.С. Аманжолова, г. Усть-Каменогорск

ОЧИСТКА ПИТЬЕВЫХ И СТОЧНЫХ ВОД МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ

Современная цивилизация не может существовать без использования технологических водных растворов с заданными свойствами и чистой воды. Ежедневно в мире приготавливаются миллионы кубических метров различных растворов из предварительно очищенной воды химических реагентов, полученных из природного минерального сырья. Ежедневно миллионы кубометров отработанных технологических растворов подвергаются очистке, пытаясь освободить их от вредных веществ, перед сбросом в канализацию. Однако возвращение воды в исходное состояние после очистки принципиально невозможно вследствие термодинамических ограничений. В результате подобной деятельности человека в природе появились две опасные тенденции:

1) запасы пресной воды в мире неуклонно уменьшаются по причине всевозрастающей ее минерализации. В последние десятилетия резко возросла доля ионов тяжелых металлов в общем солесодержании природных вод. Постепенно увеличивается концентрация растворенных пестицидов, удобрений, моющих средств, нефтепродуктов;

2) все больше энергии, времени, материалов и денежных средств необходимо затрачивать на получение воды, пригодной для питья, работы котлов тепло- и электростанций, полива растений, производства продуктов питания и различных изделий (машин, станков, мебели, тканей, лекарств, бытовой техники и др.).

Наиболее широко распространенные в мире методы очистки питьевой воды и отработанных водных растворов основаны на моделировании природных процессов – фильтрации, сорбции, ионного обмена. Однако установки, в которых реализованы указанные

процессы, нуждаются в регенерации и периодической замене основного рабочего элемента: фильтров, сорбентов, ионообменных смол.

Одним из естественных процессов, имеющих самое широкое распространение в живой и неживой природе, является электрохимическое преобразование веществ, т.е. окислительно-восстановительные реакции, связанные с удалением или присоединением электрона. Этот природный процесс более эффективен в сравнении с вышеназванными. Электрохимическое кондиционирование воды (очистка, умягчение, опреснение, обеззараживание и т.д.) более чем в 100 раз превосходит фильтрационные, сорбционные и ионообменные методы по экономичности, скорости и качеству. Кроме того, электрохимические реакции позволяют без дополнительных затрат химических реагентов преобразовать пресную или слабосоленоватую природную воду в высокоактивный технологический раствор, обладающий практически любыми необходимыми функциональными свойствами. Поиски рационального пути практической реализации потенциальных возможностей электрохимических процессов для решения указанных выше задач привели к возникновению нового научно-технического направления – электрохимической активации (ЭХА).

Поскольку продуктом ЭХА являются растворы с изменяющимися (деградирующими) во времени полезными свойствами, ЭХА чаще всего используется совместно с технологиями, потребляющими этот продукт. Ее целью является уменьшение или полное исключение расхода химических реагентов в технологических растворах, снижение загрязненности отработанных растворов, повышение качества целевых продуктов, сокращение времени, повышение эффективности и упрощение различных технологических процессов. Иными словами, электрохимическая активация используется для создания высокоэффективных и экологически чистых технологий в различных областях человеческой деятельности.

На сегодняшний день действует два представительства от НПО «Экран»: НПФ «Бипарз» (г. Алматы) и ТОО «Оксигениум» (г. Усть-Каменогорск).

НПФ «Бипарз» ведёт свою работу с 80-х годов XX века в г. Алматы и специализируется в производстве, сборке и внедрении установок СТЭЛ, Аквахлор и других систем в различных регионах Казахстана в сферах медицины, коммунального хозяйства, сельскохозяйственном производстве.

ТОО «Оксигениум» занимается внедрением установок СТЭЛ и Аквахлор с 1999 года в системе здравоохранения и коммунальном хозяйстве Восточно-Казахстанской области. В этом же году оно вошло в государственную программу «Чистая вода» как фирма, внедряющая установки СТЭЛ и Аквахлор в обеззараживании питьевой воды.

На основании отчётных данных ТОО «Бонус 1» (структурное подразделение ТОО «Оксигениум», где на протяжении 1,5 лет проводилось производство анолита на установках СТЭЛ-40) можно констатировать, что в системе лечебно-профилактических учреждений внедрение установок СТЭЛ проведено успешно. В настоящее время в Восточно-Казахстанской области насчитывается свыше 50-ти установок СТЭЛ (большинство из которых завезено НПФ «Бипарз»).

В период с 1999 по 2000 г. была организована лаборатория по производству анолита с доставкой его в лечебные учреждения. За проработанный период лаборатория произвела свыше 250 тысяч литров анолита, который поставлялся в МСЧ-2, областную онкологиче-

скую больницу, детскую инфекционную больницу, роддом «Фемина» и Хоспис. При этом медперсонал этих учреждений реально ощутил выгоду от применения анолита в сравнении с гипохлоритом, его экологическую безопасность, простоту в применении и скорость при определении концентрации (экспресс-метод) [8].

Сравнивая с существующими дезсредствами можно привести такие данные: 1 литр анолита дешевле 1 литра «Пресепта», хлорной извести, «Клорсепта» и «КолдСпора» соответственно в 55, 93, 107, 134 и 124 раза [2].

Установка СТЭЛ 10Н-120-01 (модель 80-01), вырабатывая раствор анолита с концентрацией активного хлора 0,03 % (масс) при производительности установки 80 л/ч, потребляемой мощности 150 Вт и удельном расходе электроэнергии $\approx 2 \text{ Вт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$, расходе поваренной соли 3 г/л, окупит себя за 12 дней [3].

За эффективностью проводимых дезинфекционных мероприятий регулярно вёлся контроль со стороны ВК Госэпиднадзора и контрольно-аналитической лаборатории Дэри-Дэрмек, при этом не отмечены некачественные дезинфекции и несоответствие анолита требованиям ГОСТ.

В отношении установки Аквахлор, работа по её внедрению была начата в 1999 году. Объектом исследования и внедрения был выбран водозабор с. Теректы, Курчумского района. Согласно решению акима области работа по внедрению была включена в Государственную программу «Чистая вода» и профинансирована из областного бюджета.

Целесообразность проведения этого внедрения:

1. Отдалённость объекта (свыше 450 км) и невозможность доставки сжиженного хлора для хлорирования (экономическая нецелесообразность).

2. Отсутствие времени для проведения изыскательских, проектных работ в связи с выходом из строя имеющегося водозабора и возникшей проблемой обеззараживания воды из поверхностного источника (р. Орта Теректы).

3. Единогласное положительное заключение специалистов Облкомхоза, Госсанэпиднадзора, ВК управления охраны окружающей среды в пользу изучения и внедрения установок СТЭЛ, Аквахлор.

Объект - водозабор с. Теректы, находится на берегу р. Орта Теректы в 2,5 км от посёлка. Население с. Теректы насчитывает около 6000 человек, в том числе военнослужащие пограничной заставы.

Забор воды осуществляется непосредственно из р. Орта Теректы с помощью электрического насоса производительностью 50 тыс. литров в час. Вода закачивается на высоту 60 м в резервуар ёмкостью 500 м³ и подаётся самотёком во внутриквартальные сети водоснабжения села Теректы.

Предварительная очистка воды осуществлялась через гравийный фильтр (скорый фильтр), который в период паводка со своими функциями не справлялся, то есть происходило его заиливание, в связи с чем забор воды осуществлялся непосредственно из реки.

В этот период для обеззараживания воды подавался анолит с содержанием 500-700 мг активного хлора в литре анолита (двукратное превышение дозы).

В период работы установки Аквахлор-100 на водозаборе возникали нештатные ситуации утечки анолита из системы подачи в водопровод (незначительный запах хлора). Все эти ситуации устранялись персоналом согласно инструкциям без случаев отравления, что

указывает на экологическую безопасность оборудования.

В перспективе решается вопрос создания автоматического устройства, реагирующего отключением установки при появлении запаха хлора, что повысит безопасность процесса хлорирования.

Рассмотрев вышеизложенное, можно сделать следующие выводы:

1. Электрохимическая активация - это технология будущего, внедрение которой неизбежно приведёт к созданию надёжных систем и оборудования, применимых в различных областях человеческой деятельности.

2. Логическим продолжением открытия ЭХА стало исследование, внедрение этой технологии учёными нашей республики, в том числе Восточного Казахстана.

3. Основываясь на данных работ ТОО «Бонус 1», ТОО «Оксигениум», представленных в данной работе, необходимо констатировать, что участие студентов и учёных нашего университета в данной программе целесообразно и очевидно.

4. Наиболее приоритетным направлением исследований и внедрения ЭХА в нашем регионе является создание совместной программы, применимой к условиям нашего региона с учётом аспектов экологии, специфики промышленного и сельскохозяйственного производства.

Список литературы

1. Бахир В.М. Электрохимическая активация - новая техника, новые технологии. История и сущность. - Вып. 2. - М.: ВНИИ МТ, 1990. - С. 27.
2. Бахир В.М. Электрохимическая активация: теория и практика. - М.: ВНИИ МТ, 1997. - С. 15.
3. Жумагалиев А.Д. Отчёт представительства НПО «Экран» в г. Усть-Каменогорске. - Усть-Каменогорск, 2001. - С. 12.
4. Программа «Чистая вода». - Усть-Каменогорск, 1999. - С. 9.
5. Кочеткова А.Л. Электрохимическая активация в медицине / А.Л. Кочеткова, С.А. Паничева. - М.: ВНИИ МТ, 1994. - С. 33-36.
6. Медведев В.И. Электрохимическая активация в решении проблем охраны и гигиены труда / В.И. Медведев, Н.Н. Дмитриев. - М., 1997. - С. 54.
7. Сарже В.И. Перспективы применения электрохимической активации водных растворов в ресурсосберегающих технологиях: Тезисы докладов.- М., 1997. - С. 127.
8. Торопков В.В. К вопросу биологического действия электрохимически активированных растворов / В.В. Торопков, О.И. Пересыпкин, Э.Б. Альтшуль, М.В. Труш: Тезисы докладов. - М., 1997. - С. 52.

Получено 17.07.06.
