

## И.А. КАТКОВ

ассистент кафедры природоохранного и гидротехнического строительства  
Самарский государственный архитектурно-строительный университет

## М.В. РОДИОНОВ

ассистент кафедры природоохранного и гидротехнического строительства  
Самарский государственный архитектурно-строительный университет

## А.В. ШАБАНОВА

кандидат химических наук, доцент кафедры природоохранного и гидротехнического строительства  
Самарский государственный архитектурно-строительный университет

# РАЗРАБОТКА ОСНОВ ПРИРОДОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ И СОКРАЩЕНИЯ ОБЪЕМОВ ОТХОДОВ УГЛУБЛЕНИЯ ДНА ГОРОДСКИХ ВОДОЕМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ В ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ КОНТЕЙНЕРАХ

*DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE TECHNOLOGY OF RECYCLING AND REDUCING  
THE AMOUNT OF WASTE BOTTOM DEEPENING OF URBAN RESERVOIRS  
WITH THE USE OF DEHYDRATION IN GEOSYNTHETIC CONTAINERS*

*Разработан комплекс технологических и управленческих решений по сокращению объемов донных отложений городских водоемов. Показана экологическая эффективность низкотемпературного обезвоживания донных отложений в геосинтетических контейнерах предлагаемой конструкции.*

**Ключевые слова:** городской водоем, донные отложения, геосинтетический контейнер.

В условиях растущей техногенной нагрузки со стороны города, водные объекты требуют целенаправленной охраны и защиты как объекты природного комплекса города и структурные элементы экологического каркаса. Во избежание заиления водные объекты (особенно пруды) необходимо периодически очищать от донных отложений. На практике это происходит раз в 10-20 лет, что подразумевает большой объем удаляемых донных отложений.

Перечислим возникающие при реализации этого решения экологические и социальные риски:

- значительный ущерб экологической системе водоема;
- загрязнение прилегающей территории, которая обычно является рекреационным объектом;
- отвод площадей для временного хранения донных отложений на территории перед вывозом к месту утилизации;
- необходимость удаления, транспортирования и утилизации значительных объемов отходов с влажностью более 95 %.

Альтернативой этому подходу может быть ежегодное удаление той доли донных отложений, которая соответствует норме их образования. Так, для Воронежских озер (г. Самара) единовременному удалению подлежат 14900 м<sup>3</sup> донных отложений, или около 750 м<sup>3</sup> при ежегодном удалении, что позволит минимизировать перечисленные выше риски.

*A complex of technological and managerial solutions to reduce the volumes of sediments of urban reservoirs is developed. The environmental efficiency of low-temperature dewatering of sediments in geosynthetic containers of the proposed design is shown.*

**Key words:** urban reservoir, sediments, geosynthetic container.

Жизненный цикл донных отложений [1] городских водоемов включает в себя следующие основные стадии:

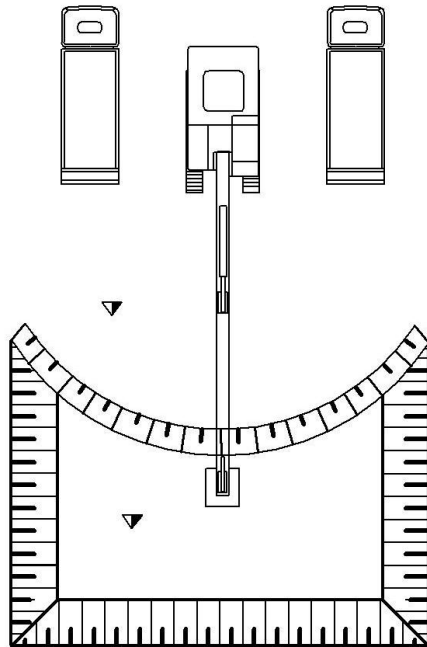
- 1) образование донных отложений;
- 2) их удаление;
- 3) подготовка к утилизации и транспортировка;
- 4) утилизация (захоронение).

Целью настоящей работы является создание технологии утилизации и сокращения объемов отходов углубления дна городских водных объектов, позволяющей сохранить социальные и экологические функции объекта, т.е. вторую и третью стадии жизненного цикла.

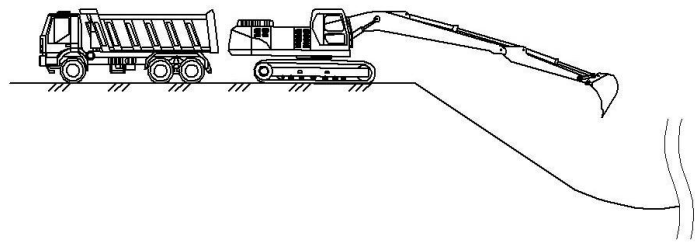
Поскольку городские водоемы являются центрами рекреационных объектов, при проведении работ по удалению донных отложений возникает ряд ограничений, а именно: необходимость сохранения экосистемы водоема, небольшая площадь самого объекта, значительная мощность слоя донных отложений (от 0,3 до 1,3 м на примере Воронежских озер) при средних глубинах в водоемах менее 1 м и др.

На основании проделанного сотрудниками кафедры ПГТС сопоставительного анализа вариантов извлечения донных отложений (рис. 1 и 2) был создан новый более адаптированный к условиям города вариант с применением самоходной универсальной машины для работы на городских водоемах, каналах, прудах на мелководье.

а



б



в

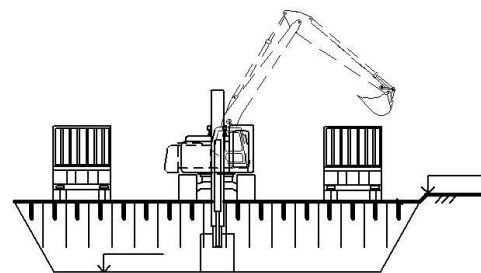


Рис. 1. Схема извлечения донных отложений по первому варианту (сухойной техникой после осушения водоема):  
а - вид сверху; б - вид с боку; в - фронтальный вид

Предлагаемый вариант совместил в себе достоинства как сухойной техники, так и средств гидромеханизации, при этом самоходная универсальная машина способна работать на мелководье, где уровень воды может быть ниже ватерлинии, а также на суше. Суть технологического решения заключается в следующем. По прибытию на место самоходная универсальная машина самостоятельно перемещается с трейлера в воду без помощи крана. Передвигаясь по воде, она прибывает на место выполнения работ, подготовка к работе занимает не более одного часа. При средней производительности по сухому остатку  $50 \text{ м}^3/\text{ч}$  машина позволяет произвести расчистку дна водоема площадью  $800 \text{ м}^2$  за одну смену при полуметровой толщине слоя

донных отложений.

На сегодняшний день этот подход является малоизученным, области его применения не определены. Также отсутствуют рекомендации по выбору материала для контейнеров и средние сроки проведения процессов обезвоживания.

При обезвоживании донных отложений методом вымораживания в качестве фильтрующего материала, используемого в конструкциях геосинтетических контейнеров, нами был рассмотрен вариант применения нетканого механически скрепленного геотекстиля (табл. 1).

Таблица 1

**Основные характеристики нетканого механически скрепленного геотекстиля**

Наименования материала	Плотность, $\text{гр}/\text{м}^2$	Толщина при нагрузке 2кПа, мм	Прочность на разрыв, кН/м, в продольном/ в поперечном направлениях	Удлинение при разрыве, %, в продольном/ в поперечном направлениях	Коэффициент фильтрации, м/с	Эффективный диаметр пор, мм
Механически скрепленный нетканый геотекстиль	500,0	5,0	8/13	120/115	$55 \times 10^{-3}$	$0,11 \pm 0,02$

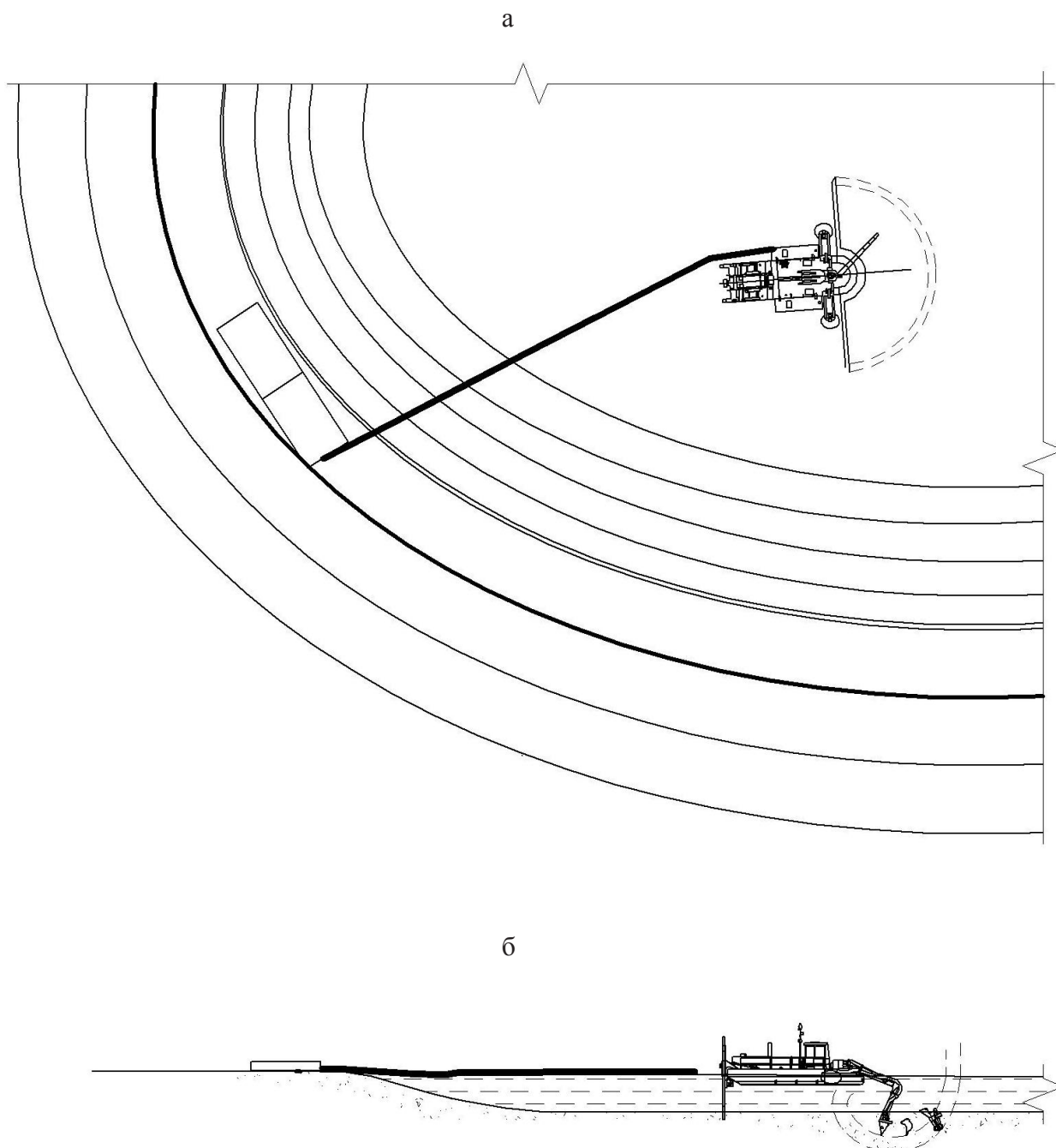


Рис. 2. Схема извлечения донных отложений по третьему варианту (средствами гидромеханизации из существующего водоема):  
а - вид сверху; б - вид с боку

Выбор данного материала был сделан из следующих соображений:

- высокая воздухо- и водопроницаемость нетканого геотекстиля (до 140 м/сут);
- способность нетканого геотекстиля предотвратить вынос частиц донных отложений из геоконтейнера (эффективный диаметр пор около 0,1мм);
- отсутствие высоких требований к прочностным свойствам фильтрующего материала, обуслов-

ленное применяемой конструкцией геосинтетических контейнеров (рис. 3), а именно, незначительная высота до 1,0 м и наличие жесткого каркаса из металлических сеток с ячейкой до 0,15×0,15м (прочность на разрыв нетканых геотекстилей до15кН/м);

- низкая стоимость и массовое производство нетканых геотекстилей на территории РФ.

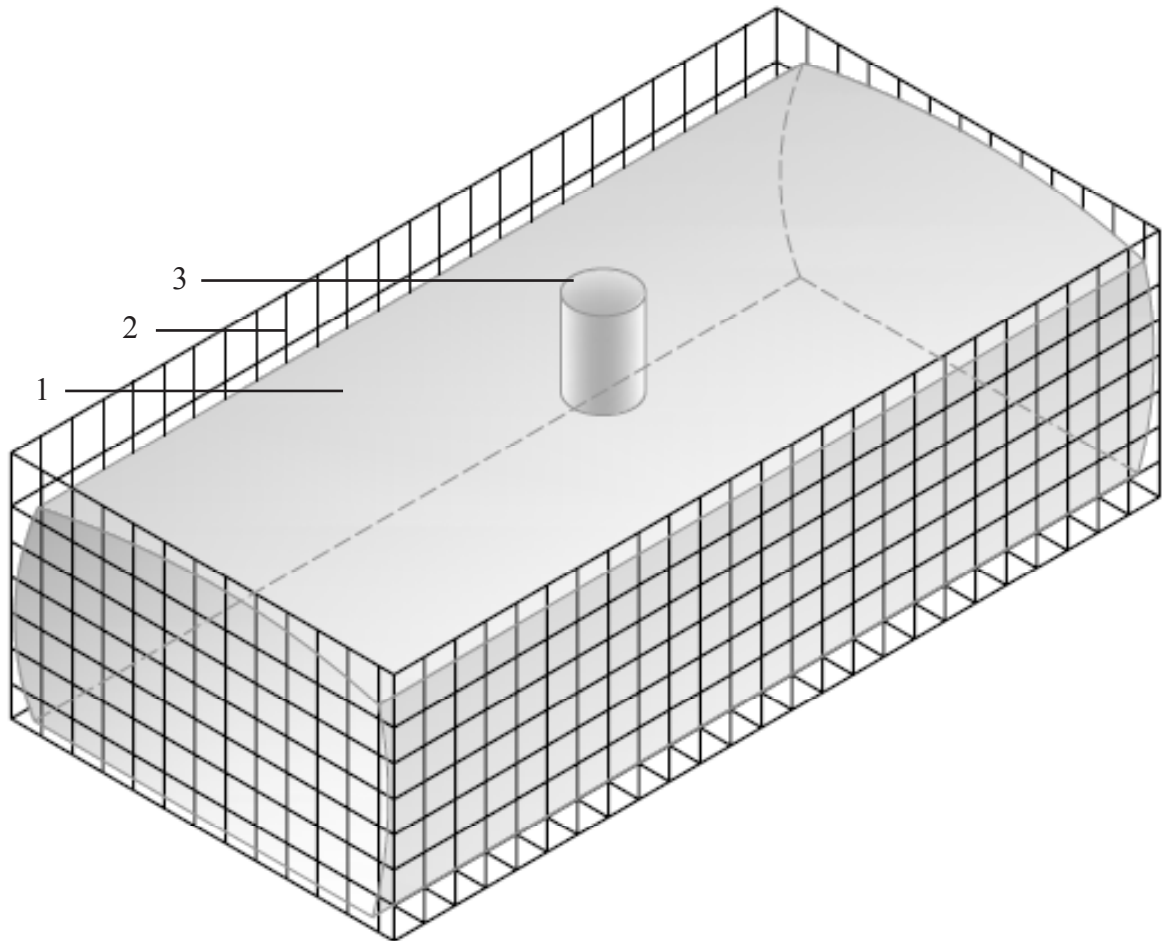


Рис. 3. Геосинтетический контейнер:  
 1 – контейнер из геотекстиля (фильтр);  
 2 – каркас из металлической сетки;  
 3 – рукав для подачи пульпы от земснаряда

Исследование процесса низкотемпературного обезвоживания (вымораживания) донных отложений проводилось на модели контейнера из механически скрепленного нетканого геотекстиля. В качестве образца для исследований были взяты донные отложения Воронежских озер.

Нами был определен их примерный состав:

- неразложившиеся растительные остатки – 13,5 % (масс.);
- твердая фракция, отделяемая на сите с размером ячеек 0,5 см – 5,6 %;
- жидкая фракция – 80,9 %.

О ходе процесса обезвоживания в условиях натурного эксперимента судили по изменению массы модели контейнера (погрешность взвешивания 0,2 г). О динамике процесса позволяет судить график (рис. 4). Исследования динамики процесса вымораживания проводились при средней температуре минус 13 °С (2010/2011 г.).

На кривых выделяются характерные участки – резкое уменьшение массы в течение первых 15 суток и далее – близкий к линейному участок (15-60 суток). Первый относится к внешнедиффузионной области, когда скорость испарения наиболее высока. После этого (участок 2) скорость резко падает (внутренняя диффузионная область). При переходе среднесуточной температуры воздуха через ноль (60 день эксперимента) обезвоживание идет за счет двух процессов – вымораживания при отрицательных температурах и испарения жидкой воды – при положительных. Система достигает равновесия примерно на 85-й день эксперимента, когда масса образца становится практически постоянной.

Для разработки технологии низкотемпературного обезвоживания донных отложений и определения геометрических параметров контейнеров нами была определена интенсивность испарения. Она составила 0,11 кг/(м<sup>2</sup>·сут), следовательно, считая один цикл сушки равным 50 дням, с 1 м<sup>2</sup> поверхности контейнера может быть удалено до 5,5 кг влаги.

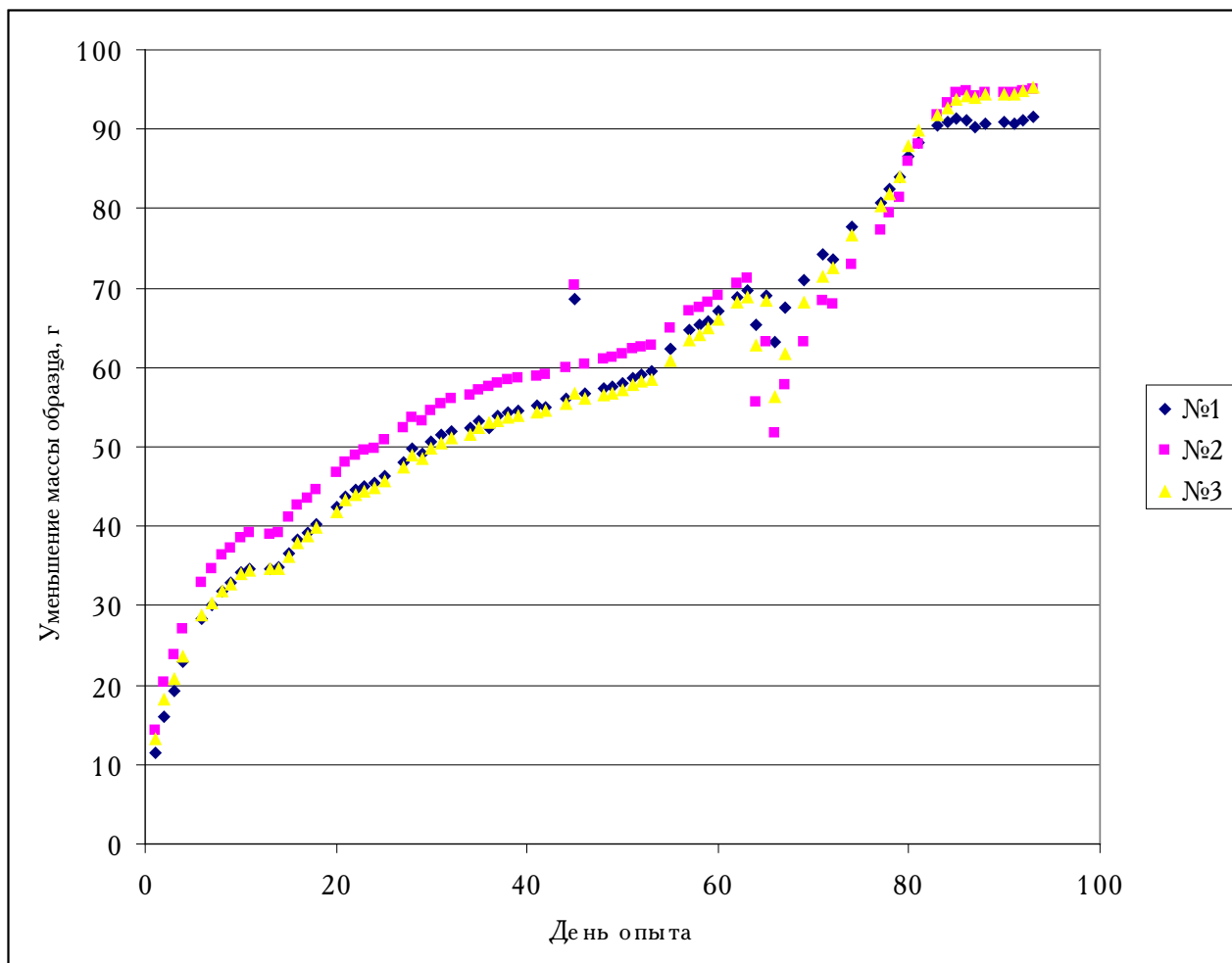


Рис. 4. Динамика процесса обезвоживания донных отложений в геосинтетическом контейнере

Условия рекреационного объекта не позволяют выделять большие площади под размещение контейнеров с донными отложениями даже в зимнее время, поэтому важным направлением совершенствования предлагаемой нами технологии является поиск путей повышения интенсивности обезво-

живания. В работе [2] показано, что при обработке осадков сточных вод с целью повышения их водоотдачи и сокращения объемов хорошо зарекомендовало себя использование ультразвука. Мы же изучили влияние предварительной обработки донных отложений микроволнами (табл. 2).

Таблица 2

**Матрица планирования и результаты эксперимента по обезвоживанию донных отложений в геосинтетических контейнерах**

№ варианта	Фактор		Эффективность обезвоживания, %	
	материал	предварительная обработка донных отложений микроволнами	на 60-й день эксперимента	на 93-й день эксперимента
1	Нетканый полипропилен	Не проводилась (контроль)	53,4	72,8
2	Нетканый полипропилен	100 с (повышение температуры незначительно)	53,7	73,7
3	Нетканый полипропилен	200 с (закипание донных отложений)	52,3	75,5

Следует отметить, что все три варианта на момент окончания эксперимента характеризовались сравнимой эффективностью (73-75 %). Показательными являются результаты на 60-й день, после которого среднесуточная температура перешла через ноль. До этого дня мы наблюдаем собственно результаты сублимационной сушки, жидкая вода здесь отсутствует, и на этом этапе более эффективным оказывается вариант 2.

Согласно полученным результатам, донные отложения приобретают необходимые технологические свойства (становятся транспортабельными) после 40-50 дней сушки. Предположительно столько и должен составлять один цикл сушки в реальных условиях. По истечении этого срока контейнер с обезвоженными отложениями может быть вывезен на полигон ТБО для захоронения (четвертая стадия жизненного цикла).

За рамками настоящей работы осталось определение сравнительных характеристик различных видов геотекстилей как материала для контейнеров, что станет предметом наших дальнейших исследований в этой области.

На территории Самары располагаются более сорока водоемов, в большинстве своем они являются объектами неорганизованной рекреации. Для их сохранения необходима разработка проекта программы по защите водных объектов города. Ее основой могут стать наши разработки в области природосберегающих технологий утилизации и сокращения объема донных отложений.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ ИСО 14041-2000. Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Определение цели, области исследования и инвентаризационный анализ [Текст]. – М.: Стройиздат, 2000.
2. Палагин, Е.Д. Использование ультразвука с целью интенсификации обезвоживания осадков сточных вод [Текст] / Е.Д. Палагин, О.В. Бажутова // Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика [Текст]: материалы 66-й Всероссийской научно-практической конференции по итогам НИР за 2008 г. Ч. II / СГАСУ. – Самара, 2009. – С.124-126.

© Катков И.А., Родионов М.В.,  
Шабанова А.В., 2011