

### **Выводы**

Высокие значения активностей ила ЮФСБ-СНД свидетельствуют об оптимальных технологических условиях проведения процесса в реакторе. Процесс устойчив к неравномерности поступающих сточных вод (нестабильное поступление стоков и их концентрация).

Двухиловая система М-ДЕФАНОКС является перспективной для очистки городских сточных вод, поскольку позволяет устранить противоречие, возникающее при использовании одноиловой системы: необходимый для нитрификаторов длительный аэробный период неоптимален для денитрификационной дефосфатации. Невысокая скорость гетеротрофного дыхания компенсируется значительной величиной ферментативного поглощения трудноокисляемого органического вещества, адсорбированного на активном иле, – эндогенным дыханием.

### **Литература**

1. Kuba T., van Loosdrecht M.C.M., Heijnen J.J. Phosphorus and nitrogen removal with minimal COD requirement by integration of denitrifying dephosphotation and nitrification in a two-sludge system // *Water Research*, 1996. V. 30, No 7, pp. 1702-1710.
2. Козлов М.Н., Кевбрина М.В., Грачев В.А., Дорофеев А.Г. М-Дефанокс – эффективная технология биологического удаления фосфора из сточных вод // *Водоснабжение и санитарная техника*, 2012, № 10, с 43-49.
3. Стрельцов С.А., Кевбрина М.В., Козлов И.М. Внедрение модернизированных технологий удаления биогенных элементов на очистных сооружениях г. Москвы // *Водоснабжение и санитарная техника*, 2012, № 10, с 34-42.
4. Козлов М.Н., Николаев Ю.А., Грачев В.А. Удаление азота и фосфора из сточной воды в реакторе периодического действия с восходящим потоком сточной воды// сбр докл 8-го Международного конгресса ЭКВАТЕК 2008, с 41-48.
5. Веригина Е.Л., Миташова Н.И. Процессы и аппараты инженерной защиты компонентов окружающей среды. Гидросфера. Учебное пособие, М: МГУИЭ, 2012.
6. Дорофеев А.Г., Грачев В.А. Дыхательная активность илов, используемых в биологической очистке сточных вод// Сб. докл 8-го Международного конгресса ЭКВАТЕК 2008, с. 54-61.

### **Очистка сточных вод автомобильных парковок от нефтепродуктов**

Чл.-корр. РАН д.т.н. проф. Систер В.Г., к.б.н. доц. Миташова Н.И., Кольцова Е.С.  
*Университет машиностроения*  
8 (495) 761-72-71, vgs001@mail.ru,  
8(903)-141-98-90, mitanieko@mail.ru,  
8(910)-453-26-31

*Аннотация.* На сточных водах от парковок г. Москвы (Измайловский бульвар) рассмотрена возможность экспериментальной очистки и доочистки стока от нефтепродуктов. Разработана технологическая линия очистки; проведены исследования с использованием фильтрования на различных АУ и нетканом материале; биотестирование сточных вод для установления ориентировочного класса опасности.

*Ключевые слова:* *автопарковки, очистка сточных вод, доочистка, нефтепродукты, нетканый фильтр, сорбенты*

Автопарковки обычно имеют открытые площадки и достаточно развитую дорожную сеть, с которой отводятся дождевые сточные воды, загрязненные взвешенными веществами, нефтепродуктами и другими веществами.

Сточные воды от автопарковок представляют определенную опасность для окружающей среды, и должны быть перед сбросом очищены до установленных экологических нормативов [4].

Очистные установки должны быть компактны, удобны в эксплуатации и эффективны. Кроме того, установки должны иметь невысокую стоимость поставки, монтажа и эксплуатации [1].

Нами были проведены исследования проб ливневых сточных вод и талых вод автопарковки г. Москва (Измайловский бульвар).

Пробы сточных вод (ливнесток и талую воду) отбирали непосредственно на автопарковке, рассчитанной на сто машиномест и занимающей 3 га.

Количество пробы воды для анализа зависит от числа определяемых компонентов. Для проведения анализа по основным компонентам пробу следует брать не менее 1 л. Для отбора и хранения пробы воды до анализа использовали пластмассовые бутылки из прозрачного, бесцветного материала с закручивающимися крышками. Время хранения пробы сточной воды не превышало 24 ч. Анализируемая вода хранилась в холодильнике при температуре не выше 5 °С, чтобы устранить возможность протекания окислительных процессов.

В эксперименте проводили очистку и доочистку сточных вод путем динамической сорбции на фильтрах с загрузкой активированным углем Каусорб-221 и нетканым материалом ПП-4 Подольской фабрики «Весь Мир».

Проведены химические анализы очищенной сточной воды, а также биотестирование сточных вод на семенах пшеницы с целью определения токсичности воды (фитотест) и ориентировочного установления класса опасности.

На первом этапе нашей работы мы проводили органолептический и физико-химический анализы, а также определяли содержание в сточной воде нефтепродуктов, фенолов, суммы тяжелых металлов и т.д. Результаты исследований и значения ПДК в ливневой канализации (ЛК) представлены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

**Результаты химического анализа ливнесточной воды от автопарковки г. Москва (Измайловский бульвар)**

№ п/п	Показатели качества воды	Исходная вода	Превышение ПДК	ПДК в ЛК
1	Запах, баллы	2	2 раза	0 – 1
2	Цвет	Грязно-серый		Б/ц
3	Цветность по разбавлению	1:8		1:16
4	Прозрачность по шрифту, см	2		>20
5	Мутность, мг/дм <sup>3</sup>	270	135 раз	2,0
6	рН	7	–	7,5 – 8,5
7	Взвешенные вещества, мг/ дм <sup>3</sup>	810	1080 раз	0,75
8	Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	350	3,5 раза	100
9	Фосфаты, мг/дм <sup>3</sup>	0,3	1,5 раза	0,2
10	Комплекс тяжелых металлов	1×10 <sup>-5</sup>	–	1×10 <sup>-5</sup>
11	Фенолы, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	1000 раз	0,001
12	Железо, мг/дм <sup>3</sup>	0,5	5 раз	0,1
13	нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	20	400 раз	0,05

В результате химического анализа стока было выявлено, что сточная вода от парковки (г. Москва) превышает установленные нормативы по следующим показателям для сброса в ЛК: по нефтепродуктам в 400 раз; по запаху в 2 раза; по цвету; по мутности в 135 раз; взвешенным веществам в 1080, по сульфатам в 3,5, по фенолам в 1000 раз. Поэтому для сброса в ЛК необходимо было провести предварительную очистку ливнесточной воды.

Результаты органолептического и физико-химического анализа талой воды от автопарковки г. Москвы (Измайловский бульвар) представлены в таблице 2.

Таблица 2

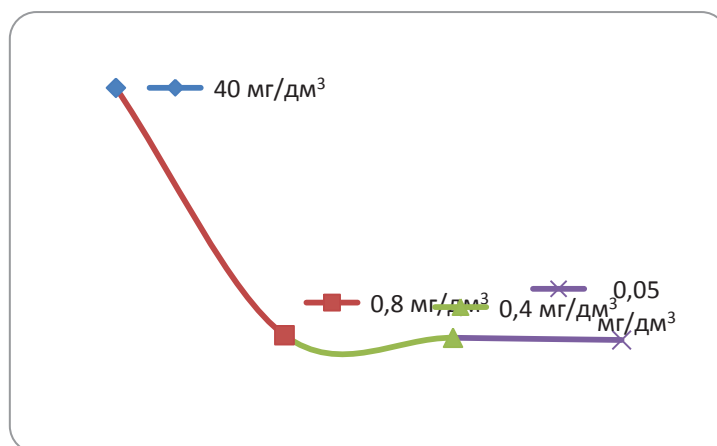
**Результаты химического анализа талой воды от парковки  
(г. Москва Измайловский бульвар)**

№ п/п	Показатели качества воды	Исходная вода	Превышение ПДК (в раз)	ПДК в ЛК
1	Запах, баллы	2	2	0-1
2	Цвет	Грязно-серый	Отс.	Б/ц
3	Цветность по разбавлению	1:7	Отс.	1:16
4	Прозрачность по шрифту, см	2	Отс.	>20
5	Мутность, мг/дм <sup>3</sup>	270	135	2,0
6	рН	7,5	Отс.	7,5-8,5
7	Взвешенные вещества, мг/ дм <sup>3</sup>	810	1080	0,75
8	Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	200	Отс.	100
9	Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	10	Отс.	350
10	Фосфаты, мг/дм <sup>3</sup>	0,5	Отс.	0,2
11	Комплекс тяжелых металлов	0	Отс.	$1 \times 10^{-5}$
12	Фенолы, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	100	0,001
13	Железо, мг/дм <sup>3</sup>	5	50	0,1
14	Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	40	800	0,05

В результате химического анализа стока было выявлено, что талая вода от парковки (г. Москва) превышает установленные нормативы по следующим показателям для сброса в ливнесток: по нефтепродуктам в 800 раз; по запаху в 2 раза; по цвету; по мутности в 7, 7 раз; взвешенным веществам в 1080, по фенолам в 100, по железу в 50 раз. Поэтому для сброса в ЛК необходимо было провести предварительную очистку ливнесточной воды.

На втором этапе нашей работы мы проводили экспериментальную очистку талой и ливнесточной воды, которая заключалась в применении фильтров с загрузкой АУ Каусорб-221 и нетканым материалом ПП-4. Результаты исследований приведены в таблицах 3, 4 и на рисунке 1.

Изменение концентрации нефтепродуктов после очистки на нетканом материале ПП-4 и глубокой очистки на АУ Каусорб-221 представлено на рисунке 1.



**Рисунок 1. Изменение концентрации нефтепродуктов после очистки на нетканом материале и глубокой очистки на АУ Каусорб-221: 1 – ливнесточная вода с автопарковки; 2 – очищенная вода с помощью нетканого материала ПП; 3 – вода, прошедшая глубокую очистку на АУ Каусорб-221; 4-ПДК в ЛК)**

Также были проведены и представлены в таблице 3 результаты химического анализа очищенной ливнесточной воды от автопарковки на нетканом материале ПП-4 и при доочистке на фильтре с загрузкой АУ Каусорб-221.

Таблица 3

**Результаты химического анализа очищенной ливнесточной воды от парковки на нетканом материале ПП-4 и при доочистке на фильтре с загрузкой Каусорб-221 (г. Москва)**

№ п/п	Показатели качества воды	Показатели очистки сточной воды на нетканом материале	Эффективность очистки, %	Показатели доочистки сточной воды на фильтре с загрузкой Каусорб-221	Эффективность очистки, %	ПДК в ЛК
1	Запах, баллы	2	Отс.	1	50	0-1
2	Цвет	Прозрачный с желтоватым оттенком		б/ц		Б/ц
3	Цветность по разбавлению	1:2	75	1:1	50	1:16
4	Прозрачность по шрифту, см	13		прозрачный		>20
5	Мутность, мг/дм <sup>3</sup>	12,5	96	-	Отс.	2,0
6	рН	7	Отс.	7	Отс.	7,5-8,5
7	Взвешенные вещества, мг/м <sup>3</sup>	44	95	10	75	0,75
8	Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	350	Отс.	350	Отс.	100
9	Комплекс тяжелых металлов	$1 \times 10^{-5}$	Отс.	$1 \times 10^{-5}$	Отс.	$1 \times 10^{-5}$
10	Фенолы, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	Отс.	0,1	Отс.	0,001
11	нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	4	80	0,8	80	0,05

По результатам физико-химического анализа сточной воды от автопарковки, очистка сточной воды на нетканом материале по показателю нефтепродукты эффективна на 80%, по взвешенным веществам на 95%, по мутности на 96%. Доочистка сточной воды на угле Каусорб-221 эффективна по нефтепродуктам на 80%, по взвешенным веществам на 75%.

В таблице 4 представлены результаты химического анализа очищенной талой воды с автопарковки г. Москва (Измайловский бульвар).

Как видно из данных таблицы 4, очистка талых вод после фильтрации на нетканом материале оказалась эффективной по основному показателю – нефтепродукты на 98%.

На основе экспериментальных исследований была разработана локальная линия очистки для талых и ливнесточных вод от автопарковки (рисунок 2).

Технологическая схема очистки сточных вод включает в себя следующую последовательность операций.

Сточные воды от автопарковок попадают на решетку (Р) для предварительной очистки от крупных взвесей (бумага, тряпки и т.д.). Решетка перекрывает песколовку (П), которая устанавливается подземно. Здесь сточная вода очищается от песка.

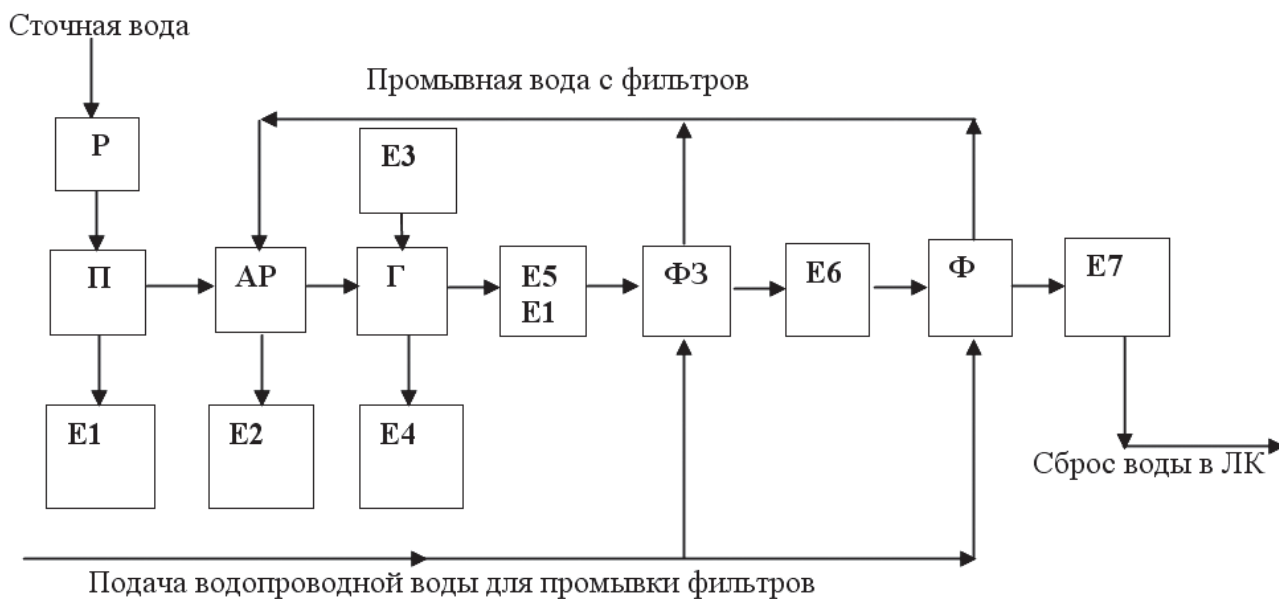
Далее сточная вода самотеком отводится в аккумулирующий резервуар (Ар).

Из аккумулирующего резервуара (АР) погружным насосом сточная вода перекачивается в открытый (безнапорный) гидроциклон (Г). Гидроциклон оборудован полупогружным кольцевым щитом для задерживания всплывающих нефтепродуктов. Удаление нефтепродуктов осуществляется через погружную воронку в емкость для сбора нефтепродуктов (Е3).

Таблица 4

**Результаты химического анализа очищенной талой воды с парковки (г. Москва, Измайловский бульвар) с помощью нетканого материала ПШ-4**

№ п/п	Показатели качества воды	Исходная вода	Превышение ПДК, раз	ПДК в ЛК	Эффективность очистки, %
1	Запах, баллы	1		0-1	100
2	Цвет	Прозрачный с серым оттенком		Без/цв.	100
3	Цветность по разбавлению	1:4		1:16	43
4	Прозрачность по шрифту, см	4,5		>20	56
5	Мутность, мг/дм <sup>3</sup>	205	102,5	2	24
6	Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	615	820	0,75	24
7	Фенолы, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	100	0,001	Отс.
8	нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	0,8	2	0,4	98



**Рисунок 2. Упрощенная технологическая схема очистки сточных вод от автопарковки:**  
**Р – Решетка; П – Песколовка; АР – Аккумулирующий резервуар; Г – Гидроциклон;**  
**ФЗ – Фильтр зернистый; Ф – Фильтр с нетканым материалом; Е1 – Емкость для сбора**  
**песка; Е2,4 – Емкость для вывоза осадка; Е3 – Емкость для сбора нефтепродуктов;**  
**Е5,6,7 – Емкость для сбора очищенной воды**

Производительность гидроциклона составляет 1,4 м<sup>3</sup>/ч. Эффект очистки в открытых гидроциклонах определяется в основном удельной гидравлической нагрузкой, которую устанавливают в зависимости от характеристики сточных вод, требуемой степени очистки и от

геометрических размеров гидроциклона [7].

Принимается, что эффективность гидроциклона по взвешенным веществам составляет 65%, а по нефтепродуктам – 45% [2]. В гидроциклоне образует шлам, который выгружается в отдельную емкость (Е4).

При наличии в жидкости нефтепродуктов они всплывают в верхнюю часть маслоудерживающего кольца, из которого удаляются через воронку. В момент заполнения гидроциклона водой воздух из зоны подконической диафрагмы удаляется через трубку в емкость для сбора нефтепродуктов (Е3).

Далее из гидроциклона, при помощи погружного насоса, вода перекачивается в фильтр засыпной с загрузкой керамзитом (Ф3). Фильтры очищают при помощи обратной промывки, изменяя направление потока воды через слои керамзита в фильтре.

Керамзит – лёгкий пористый материал, получаемый путём обжига глины или глинистого сланца. Керамзитовый гравий имеет овальную форму. Керамзитовый щебень отличается лишь тем, что его зерна имеют в основном кубическую форму с острыми гранями и углами. Производится также в виде песка – керамзитовый песок.

В зависимости от режима обработки глины или сланца можно получить керамзит различной насыпной плотности (объемным весом) – от 350 до 600 кг/м<sup>3</sup> и выше.

Керамзит является экологически чистым, негорючим пожаробезопасным материалом [5].

Гравий – это рыхлая осадочная горная порода, которая образуется при разрушении разнообразных горных пород естественным путем [6].

Процесс промывки активируется при открытии специально разработанного трехходового клапана, который перекрывает входное отверстие и открывает обратное. Грязь затем удаляется при обратной промывке водой [8].

При завершении процесса фильтрования вода при помощи погружного насоса подается на доочистку на фильтр с ПП-4 загрузкой (Ф). Применение в качестве загрузки ПП-4 обусловлено тем, что исходя из проведенных экспериментов наилучшие показатели качества воды были получены при доочистке сточной воды ПП-4. Загрузку этого фильтра также промываем очищенной водой, подаваемой насосом на фильтр, а затем направляем на очистку в аккумулирующий резервуар.

Очищенная вода, имеющая все показатели в пределах нормы, с помощью насоса направляется в ливневую канализацию.

На третьем этапе работы мы проводили биотестирование семян на основе сертифицированной методики «Фитотест», с помощью которой ориентировочно определяли класс опасности талой и ливнесточной воды от автопарковки. Биотестирование «Фитотест» основано на способности семян адекватно реагировать на химическое воздействие путем изменения интенсивности прорастания корней, что позволяет принять их длину за показатель тест-функции.

Под биотестированием обычно понимают процедуру установления токсичности среды с помощью тест-объектов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций у тест-объектов.

Биотестирование применяют как метод оценки промышленных, сточных бытовых, сельскохозяйственных, дренажных, загрязненных природных и прочих вод, с целью выявления потенциальных источников загрязнения:

- 1) в контроле аварийных сбросов высокотоксичных сточных вод;
- 2) при проведении оценки степени токсичности сточных вод на разных стадиях их формирования при проектировании локальных очистных сооружений;
- 3) в контроле токсичности сточных вод, подаваемых на очистные сооружения биологического типа с целью предупреждения проникновения опасных веществ в биоценозе активного ила;

- 4) при определении уровня безопасности разбавления сточных вод для гидробионтов с целью учета результатов биотестирования при корректировке и установлении предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ, поступающих в водоемы со сточными водами;
- 5) при проведении экологической экспертизы новых материалов, технологий очистки, проектов очистных сооружений и др.

Токсичность водной среды – токсичность воды и донных отложений для гидробионтов, возникающая вследствие появления в ней токсичных веществ природного и антропогенного происхождения (ксенобиотиков), загрязнения сточными водами, токсическими атмосферными осадками и прочее. При возникновении токсичности водной среды вода из среды, поддерживающей жизнь, становится средой губительной для жизни. Степень токсичности водной среды оценивается методами биотестирования, а также по превышению ПДК.

Среди исследуемых показателей – определение всхожести семян, длины корневой системы на четвертый, шестой и восьмой день наблюдений [3]. Результаты биотестирования приведены в таблицах 5, 6.

Ориентировочное установление класса опасности ливнесточной воды от автопарковки г. Москва (Измайловский бульвар) представлено в таблице 5.

Таблица 5

**Ориентировочное установление класса опасности ливнесточной воды по «Фитотесту»**

	Ливнесток с парковки	Ливнес-ток с парковки 1:1	Очищенная ливнесточная вода с помощью нетканого материала	Очищенная ливнесточная вода с помощью нетканого материала 1:1	Глубокая очистка ливнесточной воды с помощью АУ Каусорб-221	Глубокая очистка ливнесточной воды с помощью АУ Каусорб-221 1:1
% подавления роста корня	37	14	15	Отс.	Отс.	Отс.
Класс опасности жидких и твердых отходов	III – IV (умеренно опасные – малоопасные)	IV (малоопасные)	IV (малоопасные)	V (неопасные)	V (неопасные)	V (неопасные)

По результатам проведенного биотестирования установили, что ливнесточная вода имеет ориентировочно III – IV класс опасности, т.е. это умеренно опасные – малоопасные жидкие отходы. Ливнесточная вода, очищенная с помощью нетканого материала ориентировочно IV класса опасности – малоопасный жидкий отход. Вода, полученная с помощью глубокой очистки на АУ Каусорб-221 ориентировочно V, т.е. неопасный жидкий отход.

В таблице 6 нами представлено ориентировочное установление класса опасности талой воды от автопарковки г. Москва (Измайловский бульвар).

По данным таблицы 6 видно, что талая вода от автопарковки, талая вода от автопарковки 1:1, очищенная талая вода с помощью нетканого материала III и очищенная талая вода с помощью нетканого материала III 1:1 имеет ориентировочно IV класс опасности, т.е. это малоопасные жидкие отходы.

В ходе проделанного эксперимента были получены данные по очистке и доочистке сточных вод от автопарковки. Очистка сточных вод от автопарковки после фильтрации на нетканом материале ПП-4 с глубокой очисткой на АУ Каусорб-221 эффективна по основному показателю нефтепродукты на 98%.

Одним из значительных источников загрязнений водных объектов является поверх-

ностный сток с территорий городов и промышленных предприятий. Проблема загрязнения водных объектов поверхностными стоками, зачастую, остается без внимания, и поэтому промышленно-ливневые сточные воды в большинстве случаев попадают в водные объекты без очистки, неся с собой большое количество органических, взвешенных веществ, нефтепродуктов, фенолов, соединений тяжелых металлов, биогенных элементов.

Таблица 6

**Ориентировочное установление класса опасности талой воды от автопарковки  
г. Москва**

	Талая вода от автопарковки	Талая вода от автопарковки 1:1	Очищенная талая вода с помощью нетканого материала ПП	Очищенная талая вода с помощью нетканого материала ПП 1:1
% подавления роста корня	13	29	25	20
Класс опасности жидких и твердых отходов	IV (малоопасные)	IV (малоопасные)	IV (малоопасные)	IV (малоопасные)

Очистка сточной воды заключается в ее обработке различными методами с целью разрушения и извлечения органических и минеральных веществ до степени, позволяющей сбрасывать такую воду в водотоки и водоемы или повторно использовать их в производственных и других целях.

В нашей работе мы представили линию очистки талых и ливневых вод участка автопарковки на 100 машиномест в г. Москва. Провели органолептические и физико-химические анализы исходной и очищенной сточной воды от автопарковки. С помощью сертифицированной методики «ФитоТест» ориентировочно определили класс опасности отходов (сточной и очищенной воды).

Результаты биотестирования ориентировочно указывают на невысокую токсичность очищенной воды (IV класс опасности). Учитывая полученные в ходе эксперимента данные, можно сделать вывод о целесообразности очистки сточных вод от автопарковок по предложенной технологической схеме.

#### Литература

1. Аренс В.Ж., Гридин О.М., Яншин А.Л. Нефтяные загрязнения: как решить проблему // Экология и промышленность России. – 1999. - №9. – с.33-36.
2. Веригина Е.Л., Миташова Н.И. Процессы и аппараты инженерной защиты компонентов окружающей среды. Гидросфера. Москва, 2012.
3. Методические рекомендации МР 2.1.7.2297-07. Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности.
4. Методические рекомендации по проектированию площадок для стоянок автомобилей и автобусных стоянок.
5. Википедия <http://ru.wikipedia.org/wiki/%CA%E5%F0%E0%EC%E7%E8%F2>
6. Википедия <http://ru.wikipedia.org/wiki/%C3%F0%E0%E2%E8%E9>
7. СНиП 2.04.03-85 <http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/1/1997/index.htm>
8. СНиП 2.04.02-84 <http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/1/1996/index.htm>