

## Охрана окружающей среды

УДК 564.064.4

### Технология комплексной очистки фильтрационных вод полигонов твердых бытовых отходов

**Кашковский В.И.<sup>1</sup>, Синяков Ю.Б.<sup>2</sup>,  
Горбенко В.Н.<sup>3</sup>, Вальчук Д.Г.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Институт биоорганической химии и нефтехимии НАН Украины, Киев

<sup>2</sup> ОАО «Киевспецтранс», Киев

<sup>3</sup> Государственная научно-производственная корпорация  
«Киевский институт автоматики», Киев

Разработана технология комплексной переработки фильтрационных вод полигона твердых бытовых отходов. Ключевой является стадия глубокой каталитически-окислительной предочистки фильтрата, позволяющая легко регулировать основные показатели качества стоков. После доочистки мембранными методами предусмотрен сброс очищенной воды через биоплато в окружающую среду. Разработано несколько вариантов обезвреживания концентрированных осадков, полученных на разных стадиях очистки фильтрата.

**Ключевые слова:** комплексная очистка, фильтрационные воды, полигон ТБО.

Розроблено технологію комплексної переробки фільтраційних вод полігону твердих побутових відходів. Ключовою є стадія глибокого каталітично-окиснювального попереднього очищення фільтрату, яка дозволяє легко регулювати основні показники якості стоків. Після доочищення мембранними методами передбачено скид очищеної води через біоплато у довкілля. Розроблено декілька варіантів знешкодження концентрованих осадів, одержаних на різних стадіях очищення фільтрату.

**Ключові слова:** комплексне очищування, фільтраційні води, полігон ТПВ.

Существенный вклад в неблагоприятную экологическую ситуацию вносят твердые бытовые отходы (ТБО). Особую опасность представляют жидкие продукты гниения органической составляющей бытового мусора, обогащенные загрязнителями различной природы, так называемый фильтрат, который в отсутствие надлежащих инженерных сооружений попадает в грунтовые воды с соответствующими экологическими последствиями [1–4]. Его очистка всегда сопровождается образованием двух продуктов: очищенной воды и концентрированного остатка (концентрата). Очевидно, что только комплексный подход, включающий стадии отбора и локализации фильтрата, а также утили-

зации концентрата способен решить важную экологическую проблему. Необходимость реализации именно такого подхода подтверждается ситуацией, имеющей место на киевской городской свалке ТБО (полигон № 5), где из-за отсутствия эффективной системы очистки накоплено несколько сотен тысяч кубометров высокоминерализованного токсичного фильтрата. В общем случае при выборе методологии очистки подобных стоков следует учитывать возможность непостоянства состава фильтрата, что обусловлено разнообразием химических процессов, протекающих в теле свалки, непредсказуемостью природы сбрасываемых отходов, атмосферными осадками и т.п.

Решение проблемы фильтрата на полигоне ТБО № 5 всегда сводилось к его накоплению в озерах-накопителях, что создавало постоянную угрозу попадания токсичного стока в поверхностные воды или при форс-мажорных обстоятельствах выброса всего накопленного количества в окружающую среду. В свое время для его очистки было приобретено и введено в эксплуатацию оборудование немецкой фирмы «ROCHEM» производительностью 200 м<sup>3</sup>/сут, работающее на принципе обратного осмоса. Расчет был сделан на то, что в течение нескольких лет при условии круглосуточной работы установки значительная часть фильтрата будет переработана. Однако в реальных условиях все оказалось намного сложнее.

В силу различных причин установка обратного осмоса работала нестабильно, режим ее работы был далек от прогнозируемого, а количество фильтрата продолжало неуклонно расти. Кроме того, при работе установки возникала не менее, а может и более сложная проблема. Конечными продуктами ее работы является очищенная вода и высококонцентрированный раствор ингредиентов фильтрата — концентрат в процентном соотношении 85 : 15. Другими словами, при работе установки в таком режиме образуется 30 м<sup>3</sup>/сут концентрата. При условии постоянного функционирования установки годовой объем концентрата составляет 11000 м<sup>3</sup>. Для его размещения было построено специальное озеро-накопитель. Учитывая неограниченную растворимость получаемого продукта в воде, следует ожидать существенного увеличения указанного количества за счет атмосферных осадков. При таком подходе реализуется бесконечный цикл фильтрат — обратный осмос — концентрат — фильтрат.

Кроме отмеченных проблем, следует обратить внимание на следующее. Во-первых, производительность системы «ROCHEM» (200 м<sup>3</sup>/сут) недостаточна для решения вопроса переработки даже ежесуточного поступления фильтрата за счет деятельности свалки, поскольку, по некоторым оценкам, это количество составляет приблизительно 400 м<sup>3</sup>/сут. Во-вторых, мембранным системам должна предшествовать предварительная очистка входных стоков, особенно если последние представлены такими проблемными стоками, как фильтрат. Задача подготовки заключается, в первую очередь, в очистке от взвешенных веществ, коллоидных частиц, тяжелых металлов, некоторых органических соединений. При таком подходе создаются мягкие условия для работы мембран, а сама система выполняет свою основную функцию — обессоливание. Отсутствие эффективной системы предочистки на полигоне ТБО № 5 привело

к необходимости частой регенерации мембран, неустойчивой работе установки и, в конечном счете, к ее капитальному ремонту.

Рассмотрим технологические решения проблемы фильтрата полигона ТБО № 5.

**1. Комплексная технология компании «Led Italia».** Она заключается в последовательном извлечении загрязняющих веществ из фильтрата методами вакуумного упаривания, обратного осмоса и адсорбции на активированном угле. Для апробации данной технологии на реальных стоках на территории полигона ТБО № 5 была размещена и подключена к инженерным сетям пилотная установка производительностью 2,5 м<sup>3</sup>/сут по исходному фильтрату. Весь комплекс оборудования установки размещался на передвижной автомобильной платформе.

На первом этапе исследований соотношение конденсата (очищенной воды) и концентрата, образующихся в результате работы установки, составляло (%) 80 : 20, на втором — 92 : 8. В обоих случаях удельный расход электроэнергии на 1 м<sup>3</sup> фильтрата составлял, кВт·ч: для стадии вакуумного упаривания — 168; для стадии обратного осмоса — 22. Во всех отобранных пробах воды и воздуха показатели санитарно-бактериологической, вирусологической и радиологической загрязненности соответствовали норме, а показатели загрязнений в воздухе рабочей зоны не превышали требований нормативных документов.

Анализ результатов химического контроля за процессом очистки показал, что уже после стадии вакуумного выпаривания концентрации остаточных загрязнений в очищенном фильтрате намного ниже значений ПДК, установленных для сброса биологически очищенных сточных вод г. Киева в р. Днепр (табл.1).

После стадии обратного осмоса полученный продукт по всем показателям загрязнений в период проведения экспериментальных исследований соответствовал требованиям к воде в водоеме хозяйственно-питьевого водоснабжения, и только по трем показателям (азот аммонийный, железо общее и нефтепродукты) его характеристики незначительно превышали требования к воде в водоеме рыбохозяйственного назначения.

В результате проведенных испытаний сделан вывод о возможности использования технологии низкотемпературного вакуумного выпаривания в сочетании со стадией предварительной подготовки фильтрационных вод. Недостатки этой технологии — высокая стоимость оборудования и высокие эксплуатационные затраты. Как и в случае обратного осмоса, оставался открытым вопрос концентрированного остатка.

**2. Электроплазменные технологии** — принципиально новые физические методы, в которых используются электрические и магнит-

**Таблица 1. Результаты очистки фильтрата по технологии фирмы «Led Italia»**

Показатель	Исходный фильтрат	Стадии очистки			I	II	III
		выпаривание	обратный осмос	адсорбция			
pH	8,2	6,5	6,2	7,0	6,5–8,5	6,5–8,5	6,5–8,5
Сухой остаток, мг/л	10200	8	39,6	52,8	520	1000	1000
Взвешенные в-ва, мг/л	40,2	2,4	0,5	1,2	15	0,25	0,75
XПК, мг O <sub>2</sub> /л	4000	27,7	12	17,9	80	15	15
БПК <sub>5</sub> , мг O <sub>2</sub> /л	325	4,8	1,2	0,5	15	3	3
Азот аммонийный, мг/л	586	3,29	1,21	0,24	3,4	2	0,5
Нитриты, мг/л	–	–	–	–	3,0	3,3	0,08
Нитраты, мг/л	–	–	–	–	40	45	40
Фосфаты, мг/л	–	–	–	–	4,58	3,5	–
Хлориды, мг/л	2910	4,9	4,7	6,8	90	350	300
Сульфаты, мг/л	135	2,3	2,5	3,2	90	500	100
СПАВ, мг/л	–	–	–	–	0,5	0,5	–
Железо общее, мг/л	9,7	0,25	0,23	0,23	0,46	0,3	0,05
Медь, мг/л	0,034	0,003	0,003	–	0,02	0,1	0,005
Цинк, мг/л	0,07	0,007	0,005	–	0,07	1	0,01
Хром общий, мг/л	0,04	0,003	0,002	0,002	0,05	–	–
Нефтепродукты, мг/л	8,6	0,2	0,1	–	0,6	0,3	0,05

*Примечание.* I – ПДК для сброса в р. Днепр; II – ПДК в водоемах хозяйственно-питьевого водоснабжения; III – ПДК в водоемах рыбохозяйственного назначения.

ные поля для обеззараживания и обессоливания водных потоков. Электроплазменным технологиям можно отдать приоритет в ряду известных физических методов. Теоретически они способны кардинально решать проблему любых стоков независимо от их природы и происхождения, с любым уровнем микробиологического загрязнения, при любой минерализации и высокой концентрации поверхностно-активных веществ.

Основные преимущества электроплазменного метода: универсальность; высокая степень обессоливания водного потока; высокая степень очистки от микрофлоры и других органических загрязнителей; возможность очистки водных потоков любого уровня загрязненности и засоленности; отсутствие в потребности расходных материалов (реагентов, фильтрующих материалов и т.д.); низкие энергетические затраты (0,4–1 кВт·ч энергии на 1 м<sup>3</sup> стоков); низкие общие эксплуатационные затраты (количество обслуживающего персонала в 3–4 раза меньше в сравнении с традиционными методами); малые габариты установки (установка на 20 м<sup>3</sup>/ч площадью 8 м<sup>2</sup>); низкая стоимость первичных затрат (не нужно строительства капитальных специальных сооружений, цехов и т.п.); высокий уровень экологической безопасности, надежности и контроля.

По данным разработчиков, электроплазменная технология способна не только очищать та-

кие сложные стоки, как фильтрат, но и обеззараживать их, что значительно упрощает задачу использования полученных шламов. В результате получается чистая вода, которую можно сбрасывать в открытые водоемы, и твердые нерастворимые обеззараженные отходы, которые также могут быть использованы без угрозы для окружающей среды.

По всем показателям электроплазменная технология могла бы быть безоговорочно принята для решения проблемы фильтрата. Однако попытка разыскать работающий аналог не увенчалась успехом. Один из модулей, который был задействован при очистке болотной воды, удалось обнаружить в Чехии. Несмотря на это, исходя из логики развития подобного рода подходов, можно ожидать применения плазменных технологий при обработке истинных растворов. Для очистки систем со взвешенными и

коллоидными частицами, таким технологиям должна предшествовать предочистка с выделением грубодисперсных частиц в осадок.

**3. Комбинированная технология биоочистки с последующей доочисткой обратноосмотическим методом.** В ее основе лежат предложения группы компаний «ProMinent». Процесс очистки включает стадии первичного отстаивания, флотационной обработки, анаэробно-аэробной очистки и обратноосмотической доочистки.

Преимущества биологических методов очистки: возможность удалять из сточных вод разнообразные органические соединения, в том числе токсичные; простота конструкции аппаратуры; относительно невысокие эксплуатационные затраты.

К недостаткам следует отнести высокие капитальные затраты, необходимость строгого соблюдения технологического режима очистки, токсичное действие на микроорганизмы некоторых соединений и необходимость разбавления сточных вод в случае высокой концентрации примесей.

В табл.2 приведены допустимые максимальные концентрации (ДМК) некоторых вредных веществ в сточных водах, для которых возможно их биологическое окисление.

Многолетние наблюдения позволяют сделать вывод, что из-за непостоянства химическо-

Таблица 2

Вещество	ДМК*, мг/л	С**, мг/л	Z, %
Нефть и нефтепродукты	25	–	85–90
Синтетические ПАВ: биологически мягкие*** анионные	20	–	80
то же, неионогенные	50	–	90
промежуточные анионные	20	–	60
то же, неионогенные	20	–	75
Формальдегид	25	–	80
Сульфиды	1	–	99,5
Медь	0,5	1,0–17,0	80
Никель	0,5	0,988	50
Кадмий	0,1	0,18	60
Хром (трехвалентный)	2,5	–	80
Цинк	1	8,25–48,2	70
Сернистые красители	25	–	90
Мышьяк	0,1	–	50
Цианиды	1,5	–	–
Ртуть	0,005	0,0002–0,0162	–
Свинец	0,1	0,25–0,37	50

\* Вредных веществ в сточных водах; \*\* содержание загрязнений в фильтрате; Z – степень удаления в процессе полной биологической очистки; \*\*\* окисляющиеся на сооружениях биологической очистки.

го состава по некоторым показателям имеет место превышение приведенных в табл.2 величин допустимых концентраций, что исключает прямую подачу фильтрата на систему биоочистки. Кроме того, необходимо учитывать, что при низких температурах процесс жизнедеятельности микроорганизмов, а значит, и процесс биоочистки замедляется, ухудшается глубина очистки и процесс флокуляции. Ухудшение последнего приводит к выносу отдельных микроорганизмов из вторичных отстойников. С другой стороны, чем выше температура, тем меньше кислорода растворено в воде. В зимний период его содержание выше, однако активность микроорганизмов ниже и, следовательно, количество потребляемого ими кислорода меньше. Поэтому для поддержания высокой активности микроорганизмов в летний период необходимо усилить аэрацию, а для увеличения эффективности очистки сточных вод в зимний период следует увеличить количество микроорганизмов в очистной системе.

В реальных условиях полигона ТБО № 5 с учетом необходимых условий обращения с системами биологической очистки применение таких систем становится проблематичным.

**4. Технология НИКТИ ГХ (Киев).** В ее основе лежит метод разбавления фильтрата канализационными городскими стоками с использованием ферментов класса оксигеназ.

На основании анализа результатов выполненных технологических и поисковых биохимических исследований фильтрата на пилотной установке авторы сделали следующие выводы:

– смесь сточных вод и фильтрата в соотношении 1000 : 1 не содержит: а) горючих примесей и растворенных газообразных веществ, способных образовывать взрывоопасные смеси; б) грубодисперсных веществ, способных засорять трубы, колодцы или отлагаться на их поверхностях, а также металлических и пластмассовых стружек, смол, мазута и их составляющих; в) веществ, которые препятствуют биологической очистке сточных вод или не поддаются биологическому распаду; г) опасных бактериальных, вирусных и радиоактивных загрязнений;

– при смешении фильтрата, обработанного ферментом класса оксигеназ, с городскими стоками не образуются токсичные вещества, соли тяжелых металлов, аэрозоли;

– возможна совместная биологическая очистка городских сточных вод и фильтрата полигона ТБО № 5 с добавлением ферментов класса оксигеназ при определенной степени разбавления;

– при условиях проведения эксперимента не отмечалось ингибирующего или токсического воздействия активного ила на микроорганизмы и снижения эффективности очистки сточных вод.

Эта идея не получила дальнейшего развития из-за нерешенности вопроса о возможном воздействии разбавленного фильтрата на активный ил станции аэрации. Для определения оптимальных параметров работы всей предлагаемой технологической схемы утилизации фильтрата полигона ТБО № 5 было предложено провести в течение года опытно-промышленные испытания процесса очистки сточных вод в реальных условиях Бортнической станции аэрации г. Киева, однако и этот вариант не нашел поддержки.

#### **5. Технология изменения агрегатного состояния фильтрата полигона ТБО № 5.**

Суть метода связывания фильтрата с помощью гелеобразующих растворов, разработанного Институтом биоорганической химии и нефтехимии НАНУ, заключается в переводе его в гелеобразное состояние [5]. Со временем возможно также образование труднорастворимых силикатов и карбонатов металлов (особенно в слоях, соприкасающихся с атмосферным воздухом), что будет способствовать упрочнению образованной массы. Несмотря на простоту технологического оформления, подтверждения его эффективности в натуральных условиях полигона ТБО № 5, разработанный метод не нашел применения из-за потери полезного объема озера-накопителя при условии закрепления в нем фильтрата.

**6. Технология упаривания фильтра-та, представленная итальянской компанией VOMM Impianti e Process S.p.A. (установка «VOMM»).** Функционально предложенная система упаривания предназначена для высушивания высококонцентрированных объектов, но ее выбор для упаривания огромных объемов жидкости является не совсем удачным, о чем свидетельствуют большие эксплуатационные затраты. Так, на упаривание 400 м<sup>3</sup> фильтрата (производительность установки) только газа необходимо 34320 м<sup>3</sup>/сут. Кроме того, конденсат, то есть очищенный фильтрат, по своему химсоставу не может быть сброшен в окружающую среду (ХПК = 180–220 мг О<sub>2</sub>/л). Остается также открытым вопрос об утилизации концентрированного остатка – второго продукта работы установки «VOMM». Тем не менее, данная система смонтирована на полигоне ТБО № 5, прошла пуско-наладочные работы и формально введена в эксплуатацию, хотя в настоящее время не работает.

Мы привели достаточно развернутый анализ состояния проблемы очистки фильтрата с целью показать всю сложность вопроса и обратить внимание на несостоятельность принятых шагов по его решению. Обосновывая выбор технологической схемы очистки фильтрата, следует учесть, что нормальное функционирование полигона ТБО № 5 невозможно без кардинального решения проблемы утилизации огромного количества накопленного фильтрата. С учетом реалий полигона (территория, инфраструктура, ограниченные возможности обратной осмотической установки даже при условии ее перспективной модернизации) единственным разумным вариантом представляется сочетание глубокой реагентной очистки исходных стоков с последующим обессоливанием мембранными методами. Разработанный вариант глубокой реагентной очистки позволяет перевести в осадок подавляющее количество загрязнений, %: ХПК – 97–99,3; БПК<sub>5</sub> – 95–99,6; сухой остаток – 86–94,7 (после инфильтрации очищенного реагентным способом фильтрата через глиняно-песочный фильтр и систему ионообменников); цинк – 100; медь – 93–97; железо общее – 99,9–100; хром общий – 99,9–100.

С целью оптимизации процесса реагентной обработки фильтрата нами отработан вариант окислительно-реагентной (каталитической) очистки. Для этого были использованы промышленные коагулянты, которые вводили либо на первой стадии очистки, а затем после перемешивания и появления осадка добавляли окислитель, например, пероксид водорода, либо коагулянт и окислитель подавали вместе.

В табл.3 приведены результаты, полученные при последовательном введении реагентов. Видно, что при выбранном варианте достигается глубокая степень очистки исходного фильтрата. Важным обстоятельством является то, что строгое выдерживание соотношения реагентов, порядка их введения в зону очистки, условий перемешивания обеспечивает достижение величин сухого остатка в очищенном фильтрате ниже существующих нормативных показателей для питьевой воды (1000 мг/л). Это свидетельствует о принципиальной возможности очистки стоков не только от взвешенных и коллоидных частиц, но и от растворимых неорганических солей.

Для минимизации затратных показателей на реагентную очистку (I) проработаны схемы с изменением природы коагулянта (табл.4) и окислителя (табл.5).

Интересно, что изменение природы окислителя при том же катализаторе существенным образом изменяет характер протекания процесса очистки. При прочих равных условиях в

**Таблица 3. Окислительно-реагентная очистка (I)**

Параметры	Исходный фильтрат	Очищенный фильтрат*	Стоимость***
ХПК, мг О <sub>2</sub> /л	15 456	1760	~ 33
Сухой остаток, мг/л	8716	540	
ХПК, мг О <sub>2</sub> /л	–	960**	~ 37
ХПК, мг О <sub>2</sub> /л	–	912**	~ 43

\* Катализатор Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O – 0,4 %, пероксид водорода – 2 %. \*\* Сизол-2500 – 1 %. \*\*\* Ориентировочная стоимость реагентов, долл./м<sup>3</sup> фильтрата.

**Таблица 4. Окислительно-реагентная очистка (II)**

Время аэрирования, ч	ХПК, мг О <sub>2</sub> /л	Катализатор Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ·9H <sub>2</sub> O
2	1120	0,4 %
6	680	
7,5	592	

*Примечание.* Окислитель – кислород воздуха. Сухой остаток – 7250 мг/л. Ориентировочная стоимость реагентов ~ 33 долл./м<sup>3</sup> фильтрата.

**Таблица 5. Окислительно-реагентная очистка (III)**

Катализатор FeSO <sub>4</sub> , %	ХПК (мг О <sub>2</sub> /л) при времени аэрирования, ч			Стоимость*
	2	4	6	
0	5700	–	2800	–
0,05	1400	1200	0	1,0
0,10	1300	990	–	1,5
0,15	1260	860	–	2,0
0,20	1200	–	736	2,5

\* Ориентировочная стоимость реагентов, долл./м<sup>3</sup> фильтрата. Сухой остаток – 7250 мг/л.

**Таблица 6. Результаты мембранной доочистки фильтрата**

Показатель	Исходный фильтрат	После реакгентно-окислительной очистки	После мембранной доочистки
ХПК, мг O <sub>2</sub> /л	11900	970	14
Сухой остаток	10410	7250	650

варианте II хорошо очищается фильтрат от органических загрязнений, однако величина сухого остатка изменяется незначительно. На этом же уровне остается сухой остаток и в варианте III при хорошей степени очистки фильтрата от органических загрязнений. Однако последний вариант можно рассматривать как оптимальный, о чем свидетельствуют значительно более низкие затраты на используемые реагенты. При продолжительности аэрации 12,5 ч величина ХПК достигает значения 640 мг/л, однако, если получаемый осадок отводить из зоны реакции, используя для его уплотнения коагулянт-флокулянт «Сизол-2500», то время аэрации можно уменьшить до 5–6 ч с достижением величины ХПК 600 мг O<sub>2</sub>/л при незначительном повышении стоимостных характеристик (в среднем на 0,3–0,6 долл./м<sup>3</sup> фильтрата).

В дальнейшем для доочистки фильтрата целесообразно использовать мембранные технологии, причем, как показано специальными исследованиями, исходное значение ХПК перед мембранной очисткой можно держать на уровне 1000–1200 мг O<sub>2</sub>/л. Результаты, полученные в лабораторных условиях при мембранной доочистке предварительно подготовленного фильтрата, свидетельствуют о возможности его сброса в окружающую среду (табл. 6).

Таким образом, полученные результаты легли в основу технологической схемы, созданной с учетом специфики полигона ТБО № 5. Предложенная технология предусматривает полную очистку фильтрата и решает проблему концентрированного остатка, полученного на разных стадиях очистки. В общем случае разработанный подход включает стадии предварительной реакгентно-окислительной очистки фильтрата, его доочистки системой обратного осмоса и через биоплато сброс очищенной воды в окружающую среду. Созданная система реакгентной подготовки фильтрата обеспечивает образование двух потоков: осветленный фильтрат и осадок.

Первый поток, содержащий по сравнению с исходными стоками в десятки раз меньше загрязнений, направляется на систему мембранной очистки и после фильтрации сбрасывается через биоплато в ручей Безьяннний. По данным лабораторных исследований, предлагаемая реакгент-

но-окислительная очистка фильтрата с его доочисткой (главным образом обессоливанием) обеспечивает необходимые нормативные показатели по всем загрязняющим веществам. Биоплато предусмотрено для придания воде природных свойств, а также как своеобразный буфер между очистными сооружениями и окружающей средой.

Второй поток (концентрат) вместе с осадком реакгентно-окислительной очистки поступает на вторую ступень очистки, откуда осветленная часть возвращается в начало процесса, а осадок (иловая вода) попадает на установку обезвоживания «VOMM». При этом нагрузка на нее уменьшается в 20 раз, а энергетические затраты приблизительно в 40–50 раз. Осадок, получаемый на стадии реакгентной очистки и мембранной доочистки фильтрата, обезвоживается на системе «VOMM» и утилизируется на теле свалки или перерабатывается в твердый практически водонерастворимый материал по разработанной нами схеме и технологии соответственно.

Разработанное ТЭО комбинированного процесса обезвреживания фильтрата, включающего стадию реакгентно-окислительной очистки, свидетельствует о значительно меньших капитальных и эксплуатационных затратах при его реализации по сравнению с существующими технологиями. Кроме того, решается важнейшая экологическая проблема, связанная с полным циклом утилизации накопленных огромных количеств высокотоксичных стоков.

### Список литературы

1. Галицкая И.В., Путилина В.С., Юганова Т.И. Поведение органического вещества в фильтрате и подстилающих породах свалки. Влияние на миграцию тяжелых металлов // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. — 2007. — № 6. — С. 483–493.
2. Baccini P., Henseler G., Figi R., Belevi H. Water and element balances of municipal solid waste landfills // Waste Management and Research. — 1987. — Vol. 5, № 4. — P. 483–499.
3. Бекетов А.Ю., Бекренев Б.А., Викторовский И.В. и др. О проблеме очистки фильтрата полигонов для захоронения твердых бытовых отходов // Эколог. химия. — 1988. — Т. 7, № 4. — С. 217–228.
4. Кудельский А.В., Поткин В.И., Лебедева Л.Д., Волкова Н.П. Вещественный состав и экотоксикологическая опасность свалок городских отходов // Докл. НАН Беларуси. — 2001. — Т. 45, № 6. — С. 90–96.
5. Кашковський В.І., Кухар В.П. Способи знешкодження високотоксичних стоків звалищ твердих побутових відходів // Наука та інновації. — 2005. — Т. 1, № 6. — С. 107–116.

Поступила в редакцию 17.07.09

## Complex Processing Technology of Ground Filtrational Waters of Solid Municipal Wastes

**Kashkovsky V.I.<sup>1</sup>, Sinjakov U.B.<sup>2</sup>,  
Gorbenko V.N.<sup>3</sup>, Valchuk D.G.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Bioorganic Chemistry and Petrochemistry of NASU, Kiev*

<sup>2</sup>*Open JSK «Kievspetrans», Kiev*

<sup>3</sup>*The State Research-And-Production Corporation «Kiev Institute of Automatics», Kiev*  
Complex processing technology for ground filtrational waters of solid municipal wastes is developed. Deep catalitical and oxidizing preliminary purification of filtrate is the key stage. It allows to easily regulate basic indexes of outflows quality. Purified water through bioplateau dump into environment after additional purification by membrane methods is provided. Several methods of concentrated precipitations from different stages of purification decontamination is developed.

**Key words:** complex processing, filtrational waters, solid municipal wastes ground.

Received July 17, 2009