

УДК 628.334.5

**А. В. Гриценко**, д-р геогр. наук,

**Н. С. Горбань**, канд. биол. наук,

**Н. Ю. Ревякина, Д. Н. Аскретков, С. С. Фомин**

(УкрНИИЭП)

**И. В. Коринько**, д-р техн. наук, **С. С. Пилиграмм**, канд. техн. наук,

**В. В. Сазонова**

(КП КХ «Харьковкоммуночиствод»)

**Г. М. Смирнова**, канд. техн. наук

(Харьковский национальный университет строительства и архитектуры)

## **ВЛИЯНИЕ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОСАДКОВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ, ОБРАБОТКА И УТИЛИЗАЦИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД**

*На городских очистных сооружениях канализации образуется значительное количество осадков сточных вод, которые содержат органические вещества, соединения азота, фосфора, серы, тяжелые металлы и пр. Осадки направляются на иловые площадки. Одной из важнейших актуальных экологических проблем является выбор способа утилизации осадков.*

*В статье приведены результаты изучения химического состава осадков, прошедших обработку в цехе механического обезвоживания осадков комплекса биологической очистки «Безлюдовский» КП КХ «Харьковкоммуночиствод»; обоснована возможность и перспективность их сжигания на установке производства итальянской фирмы «VOMM».*

**Ключевые слова:** *очистные сооружения, осадки сточных вод, иловые площадки, органические вещества, сушка, сжигание, обезвоживание.*

На очистных сооружениях канализации образуется значительное количество осадков сточных вод, которые содержат органические вещества, соединения азота, фосфора, серы, тяжелые металлы и пр., накопление которых на полях фильтрации представляет серьезную опасность для окружающей среды.

**Постановка проблемы.** В результате ратификации Киотского протокола Украина взяла на себя обязательство снизить выброс в атмосферу парниковых газов. В настоящее время в подавляющем большинстве нестабилизированные осадки очистных сооружений направляются на иловые площадки (поля фильтрации), где при их длительном хранении в результате анаэробных процессов разложения происходит эмиссия биогаза и загрязнение атмосферы.

В Украине, как и на очистных сооружениях бывшего СССР, избыточный активный ил после очистных сооружений биологической очистки в смеси с сырым осадком первичных отстойников механической очистки направляется на обработку на иловые площадки, занимающие большие территории и оказывающие негативное влияние, загрязняя почву, поверхностные и подземные воды и атмосферу. Поэтому в комплексе проблем, связанных с эксплуатацией очистных сооружений канализации, одной из важнейших и наименее решенных экологических проблем является выбор способа обработки, утилизации и конечного размещения образующихся осадков сточных вод. В связи с этим проведенные исследования являются своевременными и актуальными для города.

**Состояние и перспективы обработки и утилизации осадков сточных вод.** Иловые площадки, расположенные в черте города, могут быть причиной загрязнения атмосферы и грунтовых вод в результате эмиссии целого ряда химических элементов, содержащихся в осадке. По данным [1] высокое содержание тяжелых металлов при поступлении в подземные воды прослеживается в нескольких геологических горизонтах. При этом существенную долю баланса подземных вод составляет инфильтрат с иловых площадок. Особую опасность для водных объектов при неудовлетворительной работе иловых площадок представляет возможность поступления с дренажными водами загрязняющих веществ, что практически сводит на нет эффективность работы очистных сооружений.

В работах известных российских ученых [2, 3] приведены сведения о том, что осадки сточных вод городов и некоторых промышленных предприятий относятся к 4-му классу опасности, т. е. к малоопасным отходам.

Многие зарубежные специалисты, в частности российские, рассматривают осторожное и грамотное использование осадков сточных вод в качестве удобрений как приоритетный по экономическим и экологическим критериям метод размещения осадков. Для Украины такой подход к осадкам также перспективен, так как он дает возможность в некоторой степени заменить органические и минеральные удобрения, а также не допустить истощения почвы. К сожалению, в подавляющем большинстве крупных промышленных городов осадки сточных вод

содержат тяжелые металлы в концентрациях, превышающих допустимые для почвы, и не могут использоваться в качестве удобрения. В то же время осадки, образующиеся на биологических очистных сооружениях, принимающих сточные воды в основном от предприятий пищевой промышленности и хозяйственно-бытовые сточные воды, могут использоваться в качестве удобрения.

Однако осадки, соответствующие нормативным требованиям по химическим показателям и не соответствующие санитарным, должны подвергаться обеззараживанию: компостированию, обработке аммиаком, известкованию, двух-трехлетней выдержке обезвоженного осадка на площадках складирования. Наибольшее практическое применение имеет компостирование, особенно для очистных сооружений канализации небольшой производительности.

Любые экологические проблемы большого города являются следствием постоянно возрастающего антропогенного воздействия человека на окружающую среду, обусловленного несовершенством применяемых технологий.

Доминирующей проблемой, оказывающей наиболее негативное воздействие на окружающую среду, является проблема переработки и утилизации осадков.

В Украине во многих городах и населенных пунктах основное количество осадков в необработанном виде выливается на иловые площадки, а также в различного типа хранилища, овраги, балки, что приводит к нарушению экологической безопасности. Однако, даже если на очистных сооружениях применяются технологические схемы для стабилизации и механического обезвоживания осадков, проблема загрязнения окружающей среды по-прежнему остается достаточно острой, поскольку в эти схемы, как правило, не включается завершающая стадия утилизации и размещения обработанного осадка.

**Целью данной статьи** является анализ существующих методов и результатов собственных исследований по максимальному уменьшению объемов осадков биологических очистных сооружений и подготовке их к последующему размещению в окружающей среде.

Современные технологические схемы обработки осадков, обеспечивающие снижение их объемов и массы, должны включать процессы уплотнения, стабилизации и обезвоживания. Обезвоженные осадки

могут подвергаться сушке и сжиганию. Преимущества процесса сжигания: максимальное уменьшение объема осадков, гибель микроорганизмов и исключение многих токсических веществ, а также возможность использования энергии, полученной при сжигании осадков. В работе финских авторов [4] отмечается, что для больших городов и при жестких требованиях к охране окружающей среды наиболее перспективны методы, основанные на сжигании осадков, несмотря на достаточно высокую стоимость этих методов.

В Европейском сообществе утилизации осадков коммунальных сточных вод считают, что правильный выбор способа утилизации осадков, соответствующий стандартам законодательства Евросоюза, получает все большее значение не только в странах ЕС, но и среди государств, которые намерены к нему присоединиться [5]. В этой же публикации отмечается: единственным возможным к применению способом переработки осадков сточных вод остается термическая утилизация.

В странах Европы в настоящее время предъявляются жесткие требования к методам подготовки осадков к утилизации, складированию и захоронению. При этом около 40–60 % объемов осадков очистных сооружений канализации крупных и средних городов подвергается складированию или захоронению, 15–30 % используется в качестве удобрения в зеленом хозяйстве городов или сельском хозяйстве, 10–20 % осадка сжигается с использованием золы в производстве асфальта. Осадок с очистных сооружений канализации небольших городов и поселков, как правило, применяется в качестве удобрения [6].

**Современное состояние и перспективы полной утилизации осадков сточных вод г. Харькова.** Ежегодно на очистных сооружениях канализации г. Харькова образуется около 1,1 млн м<sup>3</sup> осадка. Для обезвоживания и сушки осадков используются иловые площадки, занимающие большие территории с черноземными почвами. Иловые площадки занимают 126 га и из-за превышения расчетных нагрузок и отсутствия дальнейшего использования либо утилизации осадка сточных вод почти полностью заполнены.

Занимая большую территорию, иловые поля являются постоянным источником загрязнения почвы, поверхностных и подземных вод и атмосферы такими загрязняющими веществами, как сероводород, аммиак, газообразные продукты гниения белков.

С 2005 г. на КБО «Безлюдовский» успешно работает единственный в Украине цех механического обезвоживания осадка. Введены в эксплуатацию 4,2 га иловых площадок на искусственном основании, с системой вертикального и горизонтального дренажа. Влажность обезвоженного осадка составляет 75–80 %. Однако это не решает полностью проблему уменьшения объема осадков, размещаемых на иловых полях. Расширение иловых площадок за счет увеличения земельных участков невозможно, поэтому для г. Харькова проблема утилизации осадков крайне актуальна.

Исследование содержания тяжелых металлов в осадках иловых площадок КП КХ «Харьковкоммуночиствод», проведенное лабораторией городских и производственных сточных вод УкрНИИЭП в 1996 г., показало, что практически все пробы, отобранные из разных площадок и на разной глубине, содержали тяжелые металлы в концентрации от 0,2 до 80 г на 1 кг сухого осадка. В особенно высоких концентрациях присутствовали железо, хром, медь, цинк. Химический состав осадков зависит от состава сточных вод, поступающих на городские очистные сооружения, следовательно, тяжелые металлы, обнаруженные в осадках, поступили на очистные сооружения со сточными водами промышленных предприятий.

На очистные сооружения г. Харькова поступают сточные воды около 30 предприятий, имеющих гальванические производства, на которых образуются жидкие и твердые отходы, содержащие тяжелые металлы. Жидкие отходы включают две категории сточных вод:

- промывные воды со сравнительно невысокими концентрациями тяжелых металлов 1–50 мг/дм<sup>3</sup>, которые образуются при промывке деталей после различных технологических операций;
- обработанные концентрированные растворы из ванн, содержащие электролиты от различных гальванических процессов – травления, обезжиривание и др.

Эти воды характеризуются высокими концентрациями металлов 50–200 г/дм<sup>3</sup>. В зависимости от объемов производства, количество промывных вод может составлять 3–20 м<sup>3</sup>/год. Сточные воды от гальванических производств должны обязательно подвергаться физико-химическим методам очистки на локальных очистных сооружениях предприятий. Но, к сожалению, на многих предприятиях локальные сооружения или отсутствуют вообще, или работают неэффективно.

Такие сточные воды, содержащие тяжелые металлы в значительных концентрациях, поступают на городские очистные сооружения канализации. В процессе очистки металлы сорбируются активным илом, а затем с избыточным активным илом поступают на иловые площадки. Поэтому, как уже отмечалось ранее, очень важен правильный выбор способа утилизации осадка.

Специалистами КП КХ «Харьковкоммуночиствод» был изучен зарубежный опыт утилизации осадков крупных городов и выполнен анализ современного оборудования для сушки и сжигания обезвоженных осадков, в результате чего была выбрана установка итальянской фирмы «VOMM». Эта фирма предлагает оборудование по утилизации осадков сточных вод на газификационных установках с целью получения тепловой и электрической энергии. Установка имеет блок сушки, гранулирования и сжигания осадков. Необходимые показатели химического состава осадка и количество определяемых веществ были сформулированы разработчиками установки.

Основным критерием при определении способа утилизации осадков является значительное уменьшение их объема и отсутствие загрязнения атмосферы в результате сжигания.

Для определения эффективности работы установки были проведены химические анализы осадков после обработки в цехе механического обезвоживания осадков на центрифугах. Пробы отбирались на выходе из цеха обезвоживания в течение 3 дней с 10.00 до 20.00 каждые 2 часа. Пробы раскладывались тонким слоем на глянцевой бумаге, тщательно перемешивались стеклянной палочкой для усреднения. Из проб сразу отбирались навески по 100 мл для определения влажности и аммонийного азота. Кроме того, отбирались усредненные пробы осадка объемом 300–400 мл, которые размещались в лотках тонким слоем и высушивались до воздушно-сухого состояния. Высушенные пробы измельчались с помощью шаровой мельницы. Навески для всех определений по возможности отбирались одновременно во избежание изменения гигроскопической влажности. Согласно методике [7] для определения общего азота и фосфора, калия и белков проводилось озоление проб.

Усредненные результаты химических анализов приведены в таблице 1.

Концентрации веществ пересчитаны на абсолютно сухое вещество.

Известно, что при обработке осадков наиболее важным показателем является удаление влаги. Из результатов, приведенных в таблице 1, следует, что влажность осадков после цеха обезвоживания составляет 73–77,8 %. В справочных изданиях [8, 9] отмечается, что показатели влажности непосредственно связаны с типами установок для сжигания. Влажность осадка для сжигания в установке фирмы «VOMM» должна быть не выше 75 %. Второй важный показатель качества осадков – зольность – составляла 32,6–37,6 %.

Основными компонентами осадков очистных сооружений являются углеводы, жироподобные и белковые вещества, которые в сумме составляют 80–85 %. Остальные 15–20 % представлены лигниноуглеводным комплексом. Углеводы в осадке, как и в активном иле, представлены полисахаридами.

В связи с тем, что в Украине для утилизации осадка используются в подавляющем большинстве иловые площадки, для определения их качества и состава осадка применяются только такие показатели, как влажность и зольность. При использовании термальной сушки и сжигания необходимо также определять содержание белков, жироподобных веществ и углеводов (альфа и гемицеллюлоза). В лаборатории городских и производственных сточных вод были отработаны методики для определения указанных веществ в осадках. Указанные методики и результаты исследований были представлены на техническом совещании с участием представителей фирмы «VOMM» и были ими одобрены. Позднее по просьбе ГКП «Донецкгорводоканал» отработанные лабораторией методы были применены для изучения качества осадков г. Донецка. Результаты исследований приведены в таблицах 1 и 2.

**1. Состав осадков после обезвоживания на центрифугах ЦМОО комплекса биологической очистки «Безлюдовский» (предварительные анализы)**

№ п/п	Показатель	Проба осадка, отобранного		
		22.04.2010	26.04.2010	28.04.2010
1	Влажность, %	77,85	72,89	74,27
2	Зольность, %	32,61	34,11	37,61
3	Калий, г/кг	2,62	2,53	2,39
4	Сульфаты, г/кг	6,07	5,3	6,8

*Окончание табл. 1*

№ п/п	Показатель	Проба осадка, отобранного		
		22.04.2010	26.04.2010	28.04.2010
5	Хлориды, г/кг	1,31	2,53	1,41
6	Азот аммонийный, г/кг	1,48	1,42	1,64
7	Фосфор общий, г/кг	4,6	4,14	4,34
8	Азот общий, г/кг	41,1	40,9	31,7
9	Углерод органич., г/кг	33,6	32,9	31,2
10	Азот белков, г/кг	31,2	26,5	24,8
	Белки = $N_{\text{белк}} \cdot 6,25$ , г/кг	194,9	165,3	155,1
11	Углеводы, г/кг:			
	альфа-целлюлоза	< 20	54,0	73,5
	гемицеллюлоза	60,7	50,3	49,2
12	Жироподобные вещества, г/кг (сумма)	183	175,8	145
	экстраг. диэтил. эфиром	111	111,7	96
	экстраг. спиртобенз. р-р	72	64,2	49
13	Синтетические поверхностно-активные в-ва, г/кг	0,61	0,46	0,31
14	Нефтепродукты, г/кг	10,6	8,8	5,5

Результаты химических анализов осадков, проведенных во время испытания оборудования фирмы «VOMM», представлены в таблице 2. Из таблицы видно, что основной показатель влажность – 75 % соответствует требованиям, предъявляемым к осадку, поступающему на установку фирмы «VOMM».

*2. Химический состав осадков после обезвоживания на центрифугах ЦМОО комплекса биологической очистки «Безлюдовский»*

№ п/п	Показатель	Проба осадка, отобранного	
		01.07.2010	06.07.2010
1	Влажность, %	75,01	75,12
2	Зольность, %	29,24	26,58
3	Калий, г/кг	2,95	3,23
4	Сульфаты, г/кг	4,5	3,55
5	Хлориды, г/кг	1,13	2,08
6	Азот аммонийный, г/кг	5,33	11,66
7	Фосфор общий, г/кг	5,26	3,17



Окончание табл. 2

№ п/п	Показатель	Проба осадка, отобранного	
		01.07.2010	06.07.2010
8	Азот общий, г/кг	45,4	47,2
9	Углерод орган., г/кг	35,4	36,7
10	Азот белков, г/кг	36,9	40,7
	Белки = Nбелк. * 6,25, г/кг	230,6	254,4
11	Углеводы, г/кг		
	альфа-целлюлоза	82,5	56,1
	гемицеллюлоза	49,0	56,0
12	Жироподобные вещества, г/кг (сумма)	196	206
	экстраг. диэтил. эфиром	163	155
	экстраг. спиртобенз. р-р	36	51
13	Синтетические поверхностно-активные вещества, г/кг	0,6	0,35
14	Нефтепродукты, г/кг	17,6	16,2
15	Сера общая, г/кг	12,3	7,49

Осадки соответствуют требованиям и по остальным показателям.

Также осадок сточных вод до и после сушки на турбосушилке фирмы «VOMM» анализировался на теплотворную способность (калорийность), что важно при расчете баланса затрат энергоресурсов на утилизацию осадков и производство тепловой и электрической энергии.

Органическое вещество, содержащее углерод, при термической сушке разлагается с образованием жирных кислот, при разложении которых выделяется метан, углекислота, водород, спирты, окись углерода. При сжигании осадков полностью окисляются органические вещества и образуется стерильный остаток – зола.

Полученные результаты химических анализов дают представление о химическом составе осадка, что позволяет судить о возможности их сжигания на установке фирмы «VOMM» и использовать при разработке технологического регламента и условий работы установки.

### Выводы

На городских очистных сооружениях канализации образуется значительное количество осадков сточных вод, содержащих органические вещества, соединения азота, фосфора, серы, тяжелые металлы и пр.

Осадки с очистных сооружений направляются на иловые площадки, занимающие большие площади и оказывающие негативное влияние на окружающую среду, загрязняя почву, поверхностные и подземные воды и атмосферу.

Одной из важнейших и наименее решенных экологических проблем является выбор способа обработки и утилизации осадков с целью максимального уменьшения их объема, а также подготовка их к последующему размещению в окружающей среде.

Анализ зарубежных публикаций показал, что в европейских странах в настоящее время предъявляются жесткие требования к методам подготовки осадков к утилизации, складированию и захоронению. При этом 40–60 % объема осадков очистных сооружений канализации крупных и средних городов подвергаются складированию или захоронению, 15–30 % используются в качестве удобрений в зеленом хозяйстве городов или в сельском хозяйстве, 10–20 % осадка сжигается с использованием золы в производстве асфальта. Осадок с очистных сооружений небольших городов и поселков при отсутствии тяжелых металлов или содержании их на уровне ПДК для почвы применяется в качестве удобрения.

В г. Харькове ежегодно на очистных сооружениях канализации образуется около 1,1 млн м<sup>3</sup> осадка. Для их обезвоживания и сушки используются иловые площадки, занимающие большую территорию (126 га) с черноземными почвами. Вследствие превышения расчетных нагрузок и отсутствия дальнейшего использования либо утилизации осадка сточных вод иловые площадки почти полностью заполнены.

Значительное количество предприятий г. Харькова имеют гальванические производства, сточные воды которых содержат тяжелые металлы. На большинстве этих предприятий локальные очистные сооружения совсем отсутствуют или работают неэффективно. В результате сточные воды, содержащие тяжелые металлы, поступают на очистные сооружения канализации города, где металлы сорбируются активным илом и вместе с избыточным илом удаляются на иловые площадки.

КП КХ «Харьковкоммуночиствод» был изучен зарубежный опыт утилизации осадков крупных городов, проведен анализ современного оборудования для сушки и сжигания обезвоженного осадка, в результате чего была выбрана установка итальянской фирмы «VOMM».

Лабораторией городских и производственных сточных вод УкрНИИЭП были проведены исследования по изучению химического состава осадков после цеха механического обезвоживания согласно перечню показателей, установленному фирмой «VOMM». Для этой цели были отработаны методики определения содержания белков, жироподобных веществ и углеводов, не применяемые в Украине для характеристики состава илов.

Результаты анализов показали, что осадок после обработки в цехе механического обезвоживания и после термической сушки с влажностью 10–20 % может быть подвержен сжиганию. Согласно результатам анализов химического состава осадков и выбросов в атмосферу можно утверждать, что осадок в процессе сжигания не будет оказывать негативного влияния на окружающую среду и значительно уменьшится в объеме, а полученная зола может быть использована в для производства строительных материалов.

1. *Храменков С.В.* Комплексное решение проблемы по разработке и внедрению современных технологий рекультивации территорий иловых площадок станций аэрации с возвращением выведенных из оборота земель / *С.В. Храменков, А.Н. Пахомов, А.В. Танин* // Водоснабжение и санитарная техника. – Ч. 1. – № 12. – 2002. – С. 17-20.
2. *Гюнтер Л.И.* Состояние и перспективы обработки и утилизации осадков сточных вод (по мат-лам IV Междунар. конгресса по управлению отходами «Вейст Тэк-2005») / *Л.И. Гюнтер* // Водоснабжение и санитарная техника. – 2005. – № 11 – С. 3-9.
3. *Гюнтер Л.И.* Состояние и перспективы обработки и утилизации осадков сточных вод / *Л.И. Гюнтер* // Водоснабжение и санитарная техника. – 2005. – № 12 – С. 5-9.
4. *Карттунен Э.* Водоснабжение : пер.с финск./ *Э. Карттунен.* – СПб.: Новый журнал, 2005. – 688 с.
5. *Паёнк Т.* Законодательство Европейского Союза в области утилизации осадков / *Т. Паёнк* // Водоснабжение и санитарная техника. – 2003. – № 1. – С. 37-41.
6. *Агрононик Р.Я.* Проблема обработки осадков городских сточных вод / *Р.Я. Агрононик, Л.И. Гюнтер.* – Водоснабжение и санитарная техника. – 1993. – № 9.
7. Методика технологического контроля работы очистных сооружений городской канализации. – М.: Стройиздат, 1977. – С. 157-179.

8. Технические записки по проблемам воды: «Дегремон» : В 2-х т. / К. Барак, Ж. Бабен, Ж. Бернар и др. // Под ред. Т.А. Карюхиной, И.Н. Чурбановой. – М.: Стройиздат, 1983. – Т. 2. – С. 439-530.
9. Имхофф Карл. Справочник по городским сточным водам / Карл Имхофф, Клаус Имхофф. – Х., 1997. – С. 351-371.

**Гриценко А.В., Горбань Н.С., Ревякіна Н.Ю., Аскретков Д.М., Фомін С.С., Корінько І.В., Піліграмм С.С., Сазонова В.В., Смирнова Г.М. ВПЛИВ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ОСАДІВ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ПРИРОДНОЇ СЕРЕДИ. ОБРОБЛЕННЯ ТА ВИДАЛЕННЯ ВІДХОДІВ**

*На міських біологічних очисних спорудах утворюється значна кількість осадів, які містять органічні сполуки, азот і фосфор, а також важкі метали. Осади, що утворюються, надходять на мулові майданчики. Однією з важливих екологічних проблем є вибір способу утилізації осадів.*

*У статті наведено результати визначення хімічного складу осадів, що пройшли обробку в цеху механічного зневоднення осадів комплексу біологічної очистки «Безлюдівський» КП КГ «Харківкомуночиствод»; обґрунтовано можливість та перспективність їх спалювання на установці виробництва італійської фірми «VOMM».*

**Ключові слова:** *очисні споруди, осади стічних вод, мулові майданчики, органічні речовини, сушіння, спалювання, зневоднення.*

**Gryzenko A.V., Gorban' N.S., Revyakina N.U., Askretkov D.N., Fomin S.S., Korin'ko I.V., Piligramm S.S., Sazonova V.V., Smirnova G.M. IMPACT OF SEWAGE SEDIMENTS ON EKOLOGICAL STATE OF ENVIRONMENT, THEIR TREATMENT AND UTILISATION.**

*At municipal biological waste water treatment works is generation considerable amounts of deposits, containing organics, nitrogen and phosphorous compounds, and heavy metals.*

*Deposits were directed to sludge daging beds. Selection of methods for deposits utilization is a very important and hard-to solve urgent environment protecting problem.*

*In the paper are outlined results of investigations sediments chemical composition of sediments delivered from sludge dewatering and drying unit provided with equipment of Halian firm «VOMM». It is concluded that there is feasibility and possibility to incinerate dry sludge on such equipment.*

**Keywords:** *treatment plants, deposits of sewage, silt platforms, organic substances, drying, ignition, dehydration.*