

УДК 628.345 + 628.358

*А.В. ИВАНЧЕНКО*, аспирант, *Н.Д. ВОЛОШИН*, докт. техн. наук,  
ДГТУ, г. Днепродзержинск, Украина

## **ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОФОСФАТНОГО УДОБРЕНИЯ ИЗ ОСАДКОВ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД ПОСЛЕ РЕАГЕНТНО-АДСОРБЦИОННОЙ ДООЧИСТКИ ОТ ФОСФАТОВ**

Робота присвячена висвітленню питання доочистки міських стічних вод з підвищенням вмістом фосфатів за допомогою реагентів та адсорбентів і одержання біофосфатного добрива з осадів після цієї обробки.

Work is devoted coverage issues additional cleaning city sewage by means of reagents and adsorbents with reception of biophosphatic fertilizer with sludge as a result of this process.

**Вступление.** В последние годы на действующих городских очистных сооружениях наблюдается ухудшение качества исходных сточных вод, в частности по фосфатам [1 – 3]. Большинство сооружений очистки городских стоков основано на традиционной технологии биологической очистки, которая не обеспечивает доведения концентрации фосфатов до нормативных требований.

На многие городские очистные сооружения Украины, в частности левого берега г. Днепродзержинска, сточные воды попадают с повышенным содержанием фосфатов больше 20 мг/дм<sup>3</sup>, в то время как степень удаления этих соединений, при применении действующей технологии, в очищенных стоках составляет в среднем 15 мг/дм<sup>3</sup> и превышает допустимую норму Украины (3,5 мг/дм<sup>3</sup>) в 4 раза. А учитывая тот факт, что европейские требования по фосфатам составляют около 0,2 мг/дм<sup>3</sup>, то на левобережных очистных сооружениях г. Днепродзержинска мировые нормативы превышаются в 75 раз. Поэтому, с целью повышения степени удаления фосфатов из городской сточной воды на действующих очистных сооружениях необходимо применение реагентов и адсорбентов на стадии доочистки.

Следствием сброса сточных вод с повышенным содержанием фосфатов есть эвтрофикация, то есть бурное цветение сине-зеленых водорослей с последующим отмиранием их избыточной биомассы, выделением токсинов, нарушением кислородного режима, «замором» рыбы [4].

Также в Украине на сегодня наблюдается дефицит фосфорных удобрений и возникает потребность в поиске новых способов их получения.

При очистке сточных вод образуется большое количество отходов, в частности избыточного активного ила, который хранят на иловых площадках, и осадков после реагентно-адсорбционной обработки. Осадки, которые образуются после очистки сточных вод с повышенным содержанием фосфора коагулянтами, представляют собой фосфаты алюминия и железа и их возможно использовать как ресурс, который содержит фосфор.

В настоящее время на большей части посевных площадей удобрения не применяются совсем. Только в 2001 – 2004 гг. почвы Украины потеряли в среднем 0,05 % гумуса, 4 мг/кг – подвижных фосфатов и 6 мг/кг – обменного калия [5]. Некоторые почвы изменились настолько, что могут быть отнесены к другой разновидности, или типу. Процессы деградации охватили практически всю территорию землепользования, все типы почв [6]. Решить этот вопрос возможно при условии возобновления их агропотенциала путем внесения достаточного количества органического вещества и фосфорных удобрений.

**Постановка задачи.** Следовательно, важным научным заданием является разработка новой технологии доочистки городских сточных вод с повышенным содержанием фосфатов с применением реагентов и адсорбентов и получения биофосфатного удобрения из осадков в результате этой обработки.

**Результаты исследований.** На основе экспериментальных исследований и теоретических расчетов нами разработана технология доочистки городских сточных вод с повышенным содержанием фосфатов которая обеспечивает доведение концентрации этих соединений до нормативов Европы ( $< 0,2 \text{ мг/дм}^3$ ), технологическая схема которой представлена на рис. 1 (жирным шрифтом на технологической схеме показано отличия разработанной технологии от существующей на левобережных очистных сооружениях г. Днепропетровска).

Разработанная технология отличается от работающей на левобережных очистных сооружениях узлом реагентной и адсорбционной доочистки.

Применением гипохлорита кальция в качестве обеззараживателя и реагента для удаления фосфатов, сокращением регенерационной зоны и внедрением аэробной в аэротенке, а также установкой дегазатора для двухступенчатого вакуумирования исходной сточной воды из приемной камеры, ко-

торый позволит удалить вредные газы, что препятствуют эффективному функционированию активного ила. Повышению степени биологической очистки в зимний период будет способствовать установление подвижного покрытия из прозрачного материала над уровнем сточной воды в аэротенке. Дана технологическая схема гибкая относительно периодов года, а также автоматизированная в зависимости от времени суток и неравномерности подачи стоков.

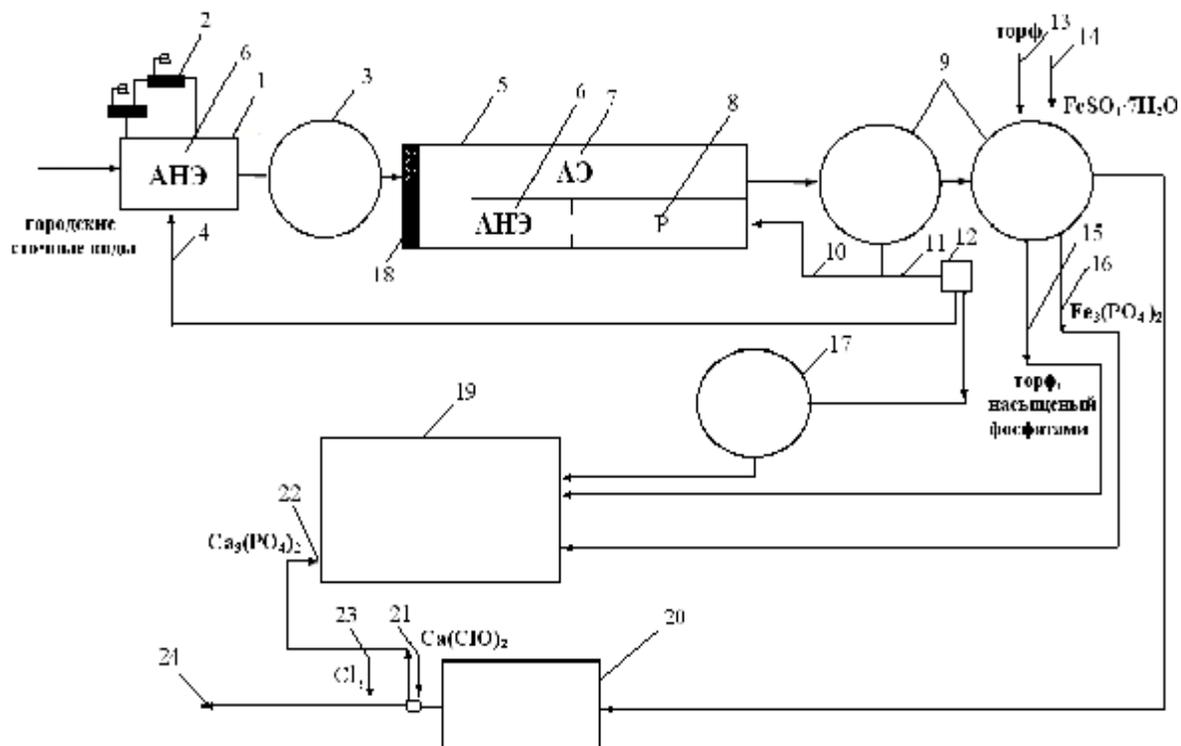


Рис. 1. Технологическая схема разработанной технологии доочистки городских сточных вод с повышенным содержанием фосфатов, которая обеспечивает доведение концентрации этих соединений до нормативов Европы ( $< 0,2 \text{ мг/дм}^3$ ):

- 1 – приемная камера; 2 – двухступенчатый вакуумный дегазатор;
- 3 – первичный отстойник; 4 – активный ил из иловой камеры после вторичного отстойника; 5 – аэротенк; 6 – аэробная зона (АЭ); 7 – анаэробные зоны (АНЭ);
- 8 – регенерационная зона (Р); 9 – вторичные отстойники;
- 10 – активный ил на регенерацию; 11 – избыточный активный ил; 12 – иловая камера;
- 13 – торфяная загрузка; 14 – добавка сульфата железа (II);
- 15 – выгрузка торфа, насыщенного фосфатами;
- 16 – осадок после обработки сульфатом железа (II); 17 – илоуплотнитель;
- 18 – подвижное покрытие из прозрачного материала; 19 – иловые площадки;
- 20 – биопруд; 21 – добавка гипохлориту кальция; 22 – осадок  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

Установлено, что при доведении концентрации фосфатов до европейских норм  $< 0,2 \text{ мг/дм}^3$  экономически целесообразной является технология с такими дозами реагентов (сорбента): в период с апреля по сентябрь использовать торф концентрацией  $25 \text{ г/дм}^3$ , гипохлорит кальция в количестве  $20 \text{ мг/дм}^3$ ; в период с октября по март – сульфат железа (II) в количестве  $60 \text{ мг/дм}^3$ , гипохлорит кальция концентрацией  $50 \text{ мг/дм}^3$ .

Осадки, которые образовывались в результате реагентно-адсорбционной доочистки городских сточных вод от фосфатов, а именно торф, насыщенный фосфатами, фосфаты кальция  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  и железа  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$  были высушены и использованы в качестве удобрения для выращивания пшеницы первого сорта (рис. 2). В ходе эксперимента в 4 емкости было посажено по 60 зерен пшеницы из расчета  $0,2 \text{ г}$  осадка на  $1 \text{ кг}$  грунта. В четвертую емкость осадки не добавляли.



Рис. 2. Пшеница, выращенная из осадков после реагентно-адсорбционной доочистки сточной воды от фосфатов:

- 1 – торф, насыщенный фосфатами (200 мг),
- 2 – торф, насыщенный фосфатами (180 мг),  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  (20 мг),
- 3 – торф, насыщенный фосфатами (180 мг),  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$  (20 мг),
- 4 – без добавления осадков.

Влияние добавки осадков после реагентно-адсорбционной доочистки сточной воды от фосфатов на высоту роста пшеницы и ее проростание представлено в виде табл. 1.

Из табл. 1 видно, что самые эффективные удобряющие свойства имеет осадок торфа, насыщенного фосфатами.

Таблица 1

Влияние добавки осадков после реагентно-адсорбционной доочистки сточной воды от фосфатов на высоту роста пшеницы и ее прорастание

Осадки	Масса осадка, мг/кг грунта	Средняя высота пшеницы, см			Количество проросших зерен, шт.
		7 суток	14 суток	21 суток	
1. Торф, насыщенный фосфатами	200	7	14	19,7	57
2. Торф, насыщенный фосфатами $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	180 20	6,2	13	18,2	55
3. Торф, насыщенный фосфатами $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$	180 20	5,8	12,5	17,8	49
4. Контрольная проба (без добавления осадка)	0	5	10	13,3	45

При его использовании в качестве удобрения наблюдается наивысшая степень прорастания пшеницы, а именно – 20 %. Такой же эффект получили при исследовании высоты роста пшеницы.

В ходе эксперимента средняя высота роста пшеницы через 7 суток составляла 7 см, 14 суток – 14 см, 21 сутки – 19,7 см.

Этот показатель через 21 сутки на 48 % выше, чем в контрольной пробе (без удобрения).

Известно, что осадков стоковых вод после биологической очистки возможно получать органо-минеральные удобрения [7].

В табл. 2 представлен выход биофосфатного удобрения и свой состав при применении разработанной технологии очистки городских сточных вод от фосфатов при условии доведения концентрации этих соединений до европейских норм.

Таблица 2

Выход биофосфатного удобрения и его состав

Составляющие биофосфатного удобрения	т/год	Состав, масс. %
Торф	82 415	99,6
Фосфат кальция $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	115	0,14
Фосфат железа $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$	102	0,12
Осадок после биологической очистки городских сточных вод	110	0,13
Общая масса сухого удобрения	82 742	100,00

Видно, что 99,6 % от общей массы осадков приходится на торф, насыщенный фосфатами в результате адсорбционной доочистки сточной воды. И это говорит о том, что мы в основном получаем биофосфатное удобрение на основе торфа.

Исходные данные для разработки технических условий на биофосфатное удобрение, а также содержание тяжелых металлов в нем предоставлено в табл. 3 и табл. 4.

Таблица 3

Исходные данные для разработки технических условий на биофосфатное удобрение

Показатели	Биофосфатное удобрение
Влажность, %	не менее 50
Содержание веществ на сухой продукт, %:	
азот (N) общий	не менее 1,6
фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	не более 3,8
калий (K <sub>2</sub> O)	не менее 0,1
углерод	не более 90
зольность	не менее 4,5
Кислотность (рН)	не менее 6,5
Содержание фракций крупнее 50 мм, на сухое вещество, %	0,1
Индекс БГКП, ед./дм <sup>2</sup>	не более 10000
Патогенная микрофлора, шт./кг	–
Яйца гельминтов, шт./кг	–

Таблица 4

Содержание тяжелых металлов в биофосфатном удобрении

Тяжелые металлы	Содержание, мг/кг
Железо(Fe)	не более 4,16
Марганец (Mn)	не более 0,19
Медь (Cu)	не более 0,065
Цинк (Zn)	не более 9,5
Никель (Ni)	не более 0,05
Свинец (Pb)	не более 0,03
Кадмий (Cd)	не более 0,002

Согласно «Правил принятия сточных вод предприятий в коммунальные и ведомственные системы канализации населенных пунктов Украины», которая утверждена приказом Госстроя Украины от № 37 от 19.02.2002 г. и зарегистрированная в Министерстве юстиции Украины 26.04.2002 за № 403/6691,

содержание металлов в биофосфатном удобрении, которое получено из осадков сточных вод, не превышает санитарно-гигиенического норматива.

### **Выводы.**

Из экспериментальных исследований сделан вывод о возможности получения биофосфатного удобрения из осадков городских сточных вод после реагентно-адсорбционной доочистки с содержанием фосфора 3,8 %, органического вещества 90 %.

В будущем планируется выращивать на биофосфатном удобрении овощные культуры.

**Список литературы:** 1. *Волошин М.Д.* Удосконалення технології біологічної очистки стічних вод: монографія / [М.Д. Волошин, О.Л. Щербак, Я.М. Черненко та ін.]. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2009. – 230 с. 2. *Зейфман Е.А.* Интенсификация процессов очистки сточных вод от биогенных элементов: учебное пособие / Е.А. Зейфман, Е.А. Лебедева, Е.А. Тихановская. – Вологда: ВоГТУ, 2003. – 146 с. 3. *Дзюбальок Т.* Аналіз екологічного стану довкілля м. Хмельницький на підставі моніторингових досліджень / Т. Дзюбальок // Вісник Львівського університету. – 2004. – № 30. – С. 92 – 103. 4. *Сиренко Л.А.* Цветение воды и эвтрофирование / Л.А. Сиренко, М.А. Гавриленко. – К.: Наукова думка, 1978. – 232 с. 5. *Тараріко О.Г.* Охорона родючості ґрунтів у контексті продовольчої безпеки / О.Г. Тараріко // Вісник аграрної науки. – 2003. – № 9. – С. 5 – 9. 6. *Сайко В.Ф.* Землеробство на шляху до ринку / В.Ф. Сайко. – К.: Ін-т землеробства УААН, 1997. – 48 с. 7. *Плахотнік О.М.* Одержання органо-мінеральних добрив з осадів стічних вод: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.17.01 «Технологія неорганічних речовин» / О.М. Плахотнік. – Дніпропетровськ, 2006. – 20 с.

*Поступила в редколлегию 22.03.10*