

УДК 628.35

А.В. СМІРНОВ, аспірант

В.А. ЮРЧЕНКО, доктор технічних наук

НПФ «Екополімер», Харківський національний університет
строительства и архитектуры

ВЛИЯНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА СРЕДЫ НА МИГРАЦИЮ ФОСФОРА В СИСТЕМЕ АКТИВНЫЙ ИЛ- СТОЧНАЯ ВОДА В БИОЛОГИЧЕСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

В роботі розглянуті кількісні характеристики впливу окисно-відновного потенціалу середовища на процес біологічної очистки стічних вод від фосфору ортофосфатів. Кількісні залежності встановлювали при лабораторному моделюванні аеробних і анаеробних умов культивування мулової рідини, а також при обстеженні діючих очисних споруд каналізації.

Ключові слова: біологічна очистка стічних вод, активний мул, фосфор ортофосфатів, керуюча дія, окисно-відновний потенціал.

В работе рассмотрены количественные характеристики влияния окислительно-восстановительного потенциала среды на процесс биологической очистки сточных вод от фосфора ортофосфатов. Количественные зависимости устанавливали при лабораторном моделировании аэробных и анаэробных условий культивирования иловой жидкости, а также при обследовании действующих очистных сооружений канализации.

Ключевые слова: биологическая очистка сточных вод, активный ил, фосфор ортофосфатов, управляющие воздействия, окислительно-восстановительный потенциал.

The paper discusses the influence of environmental redox quantitative characteristics in the biological phosphorus removal process at wastewater treatment plants. Quantitative dependences have established in the laboratory simulation of aerobic and anaerobic conditions of sludge liquor, as well as the inspection of working sewage treatment plants.

Key words: biological wastewater treatment, activated sludge, phosphorus, control actions, redox.

Биологическая очистка сточных вод в аэротенках является эффективной и экономически выгодной для удаления как органических соединений, так и соединений фосфора, которые в городских сточных водах представлены главным образом (80...90%) ортофосфатами. [1, 40-46; 2, 25].

Согласно современным представлениям, процесс биологического удаления фосфора в реакторах с активным илом осуществляется микроорганизмами, аккумулирующими фосфор – био-Р-бактериями или фосфат-аккумулирующими организмами (ФАО). Эти микроорганизмы – группа гетеротрофных бактерий, относящихся к различным таксонам и объединенных способностью накапливать в клетках в аэробных и анаэробных условиях фосфор в форме полифосфатов, которые в анаэробных условиях используются ими для энергетического обмена. Применение такой технологии позволяет эффективно удалять фосфаты из сточных вод: на 70...85%. Процесс удаления фосфора из сточных вод путем биологической очистки протекает в 2 ступени. В анаэробных условиях – увеличение концентрации ортофосфатов в сточной воде – фосфотация; поглощение органического вещества (ЛЖК) клетками микроорганизмов с последующим снижением в аэробных условиях концентрации ортофосфатов в сточной воде – дефосфотация, в результате поглощения их микробными клетками (рис. 1) [3, 14]. Для проведения биологической очистки сточных вод от соединений фосфора в очистных сооружениях требуется организация аэробных и анаэробных зон: с помощью перемешивания – анаэробных условий (практически полного отсутствия растворенного или связанного кислорода); с помощью пневматической аэрации – аэробных условий.

Очищенные сточные воды поступают во вторичный отстойник с содержанием ортофосфатов, стремящемся к нулю, но анаэробические условия

вторичных отстойников могут вызвать повторное высвобождение соединений фосфора и вторичное загрязнение воды этими соединениями [4, 1-22].

К настоящему времени процесс биологического удаления фосфора, его биологические механизмы и управляющие воздействия остаются мало изученными, что создает ряд проблем для его стабильного и эффективного применения на практике. Среди факторов среды (параметров обработки сточных вод), которые оказывают влияние на эффективность биологической очистки от ортофосфатов, выделяют [5, 26]:

- температуру иловой смеси;
- рН среды;
- концентрации загрязняющих веществ в сточных водах – ЛЖК, БПК, калия, кальция и магния, азота, фосфора и соотношение их концентраций с концентрациями органических загрязнений;
- наличие растворенного кислорода, нитратов;
- нагрузка на ил (гидравлическая и удельная);
- возраст ила и время обработки.

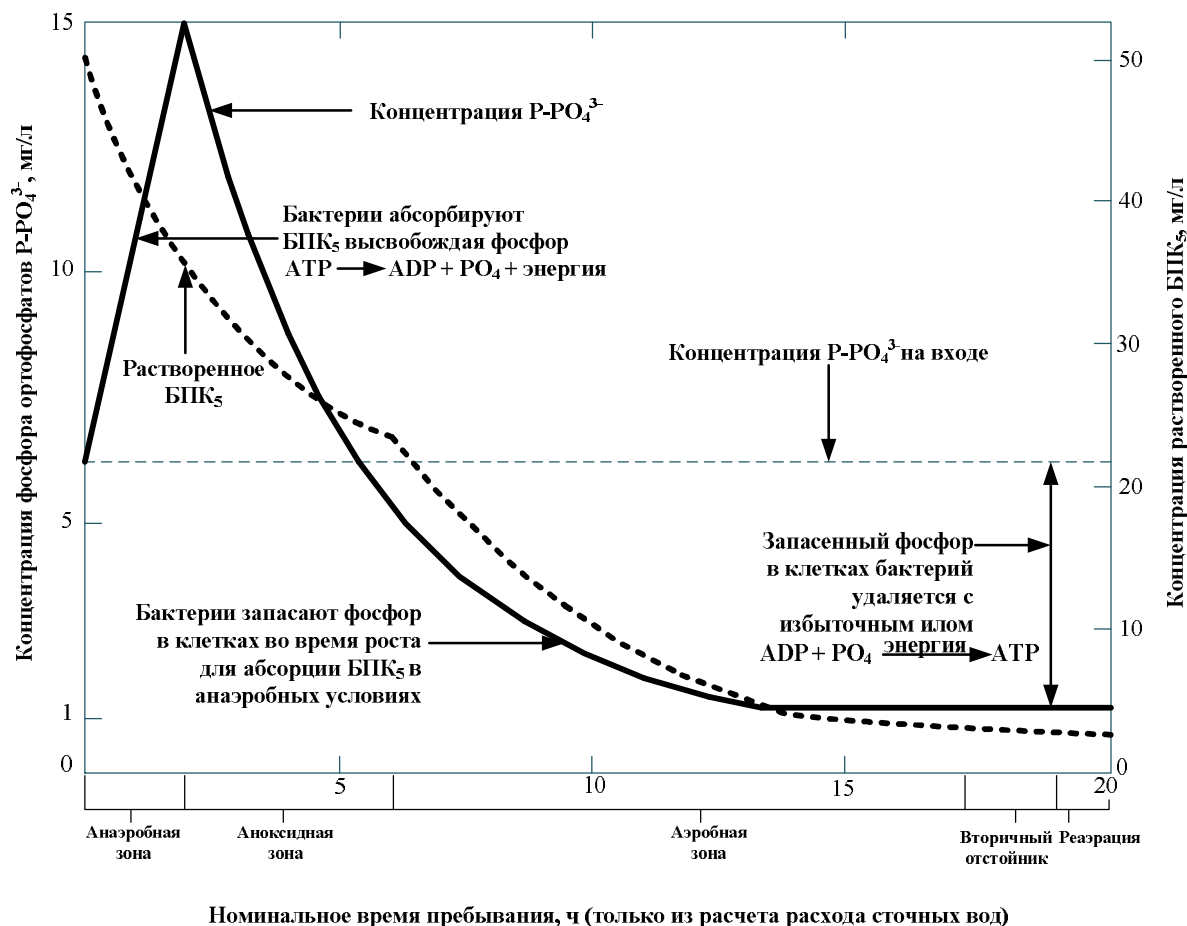


Рис. 1. Профиль изменения фосфатов при биологической очистке городских сточных вод от фосфора [3, 14]

Поскольку удаление фосфора ортофосфатов при биологической очистке сточных вод обусловлено миграцией их ионов (преимущественно

H_2PO_4^-) в клетку и из клетки, на кинетику процесса могут оказывать влияние известные факторы пассивного переноса веществ через клеточную мембрану. К ним относятся химический потенциал, который зависит от температуры и концентрации, а на заряженные частицы (ионы), кроме того, влияют электрические потенциалы (например, мембранный потенциал). Диффузия ионов идет по направлению электрохимического потенциала. В связи с этим представляет научный и практический интерес влияние на процессы фосфатации и дефосфатации водных сред в системах с активным илом такого параметра обработки как окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) водной среды, который характеризует способность воды обмениваться электронами с внешней средой (активным илом). Влияние ОВП на кинетику процессов биологической очистки сточных вод от соединений фосфора практически не изучено.

Цель исследования – выявление в лабораторных и производственных условиях корреляций между окислительно-восстановительным потенциалом (ОВП) водной среды и миграцией фосфатов в системе активный ил-сточная вода (направленность и кинетика процесса).

Объект экспериментальных исследований: сточные воды на различных этапах обработки на городских очистных сооружениях. Методы исследования: моделирование в лабораторных условиях процессов, происходящих в анаэробных и аэробных условиях в биологических очистных сооружениях, и обследование действующих очистных сооружений канализации. При лабораторном экспериментировании ОВП реальных сточных вод изменяли с помощью аэрации или введения микроколичеств химических реагентов (сульфида натрия или перекиси водорода). Методы аналитических исследований: гидрохимический анализ сточных вод – определение фосфора ортофосфатов по методикам, рекомендуемым нормативными документами Украины, измерения ОВП сточных вод и иловой смеси электрометрически с помощью платинового электрода и портативного прибора NachHQ30d с датчиком RedOx.

Результаты исследований, проведенных в лабораторных условиях со сточной водой и активным илом, взятым на действующих очистных сооружениях г.Харькова, представлены на рис.2 и 3. В качестве водной среды использовали сточную воду после механической очистки (рис. 2) и сточную воду после вторичного отстойника (рис. 3). В обе пробы добавляли активный ил для создания концентрации 2 г/дм³. Культивирование проводили при температуре 22⁰С при периодическом перемешивании. Контроль концентрации ортофосфатов выполнили через 1 сут.



Рис. 2. Повышение концентрации фосфора ортофосфатов в сырой сточной воде в зависимости от начального уровня ОВП

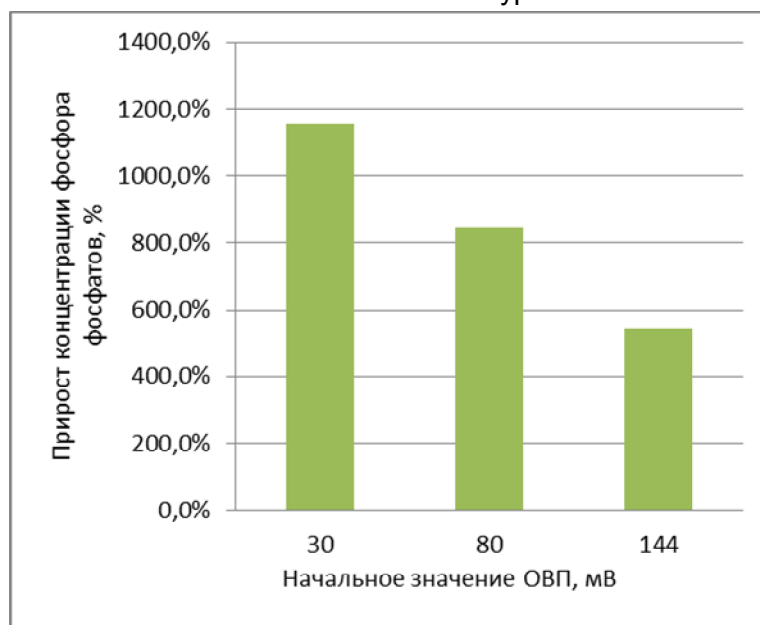


Рис. 3. Повышение концентрации фосфора ортофосфатов в очищенной сточной воде в зависимости от начального уровня ОВП

Как видно, не смотря на то, что по ряду ключевых условий, управляющих биологической мобилизацией фосфора из активного ила в сточную воду (концентрацией органических субстратов, в частности ЛЖК, концентрацией нитратов), сточные воды после первичного отстойника и очищенные сточные воды существенно отличались, влияние ОВП на динамику концентрации ортофосфатов в этих водных средах было аналогичным. Снижение ОВП (абсолютные значения которого в сырой и в очищенной сточной воде существенно отличались) повышало выход ортофосфатов в водную среду. По результатам проведенных лабораторных экспериментов были построены зависимости удельного повышения

концентрации ортофосфатов (на 1 г сухого вещества активного ила) в сточной воде от:

- исходного значения ОВП сточной воды (после первичных отстойников) (рис. 4),
- разности ОВП, создаваемой в сточной воде (рис. 5).

Как видно из приведенных данных, снижение ОВП от +100 до –300 мВ способствовало увеличению выхода ортофосфатов из активного ила в водную среду. Дальнейшее снижение ОВП не повышало выход ортофосфатов в водную среду. В области ОВП не ниже –300 мВ между снижением ОВП водной среды и повышением концентрации ортофосфатов в воде отмечается линейная зависимость.

Для подтверждения зависимостей, полученных в ходе лабораторных измерений, были проведены измерения на действующих ОСК. Очистные сооружения были представлены классическим комплектом узлов очистки сточных вод в составе первичных и вторичных отстойников, аэротенков.

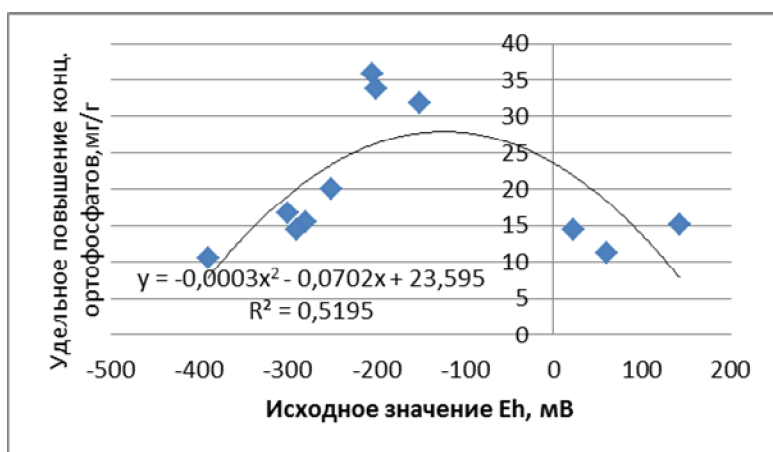


Рис. 4. Зависимость выхода ортофосфатов в водную среду от ОВП сырой сточной воды

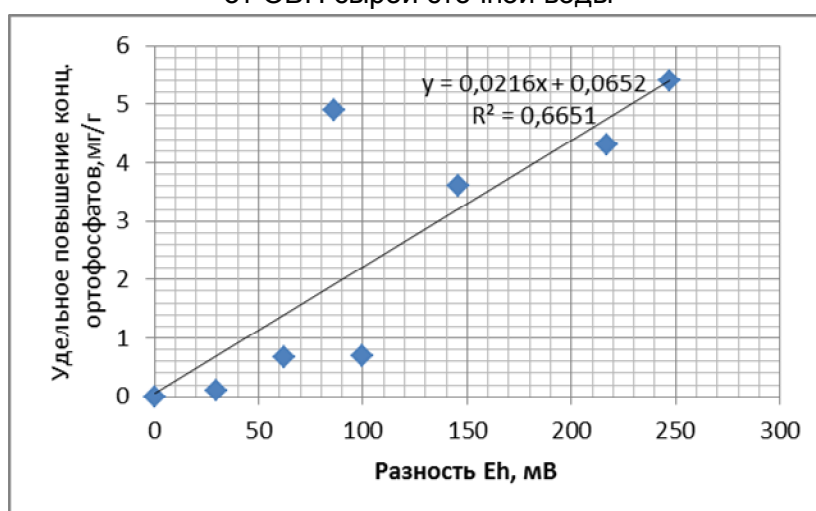


Рис. 5. Зависимость повышения концентрации фосфора ортофосфатов в сырой сточной воде от разности ОВП сточных вод

В аэротенках ОВП и концентрацию фосфора ортофосфатов в сточных водах определяли в верхнем канале аэротенка (сточная вода), после смешения возвратного ила и сточной воды (иловая смесь) в начале аэротенка, а также по ходу движения иловой смеси к концу аэротенка. Аэротенк 1 представлял собой реактор-вытеснитель, а в аэротенке 2 была выделена зона перемешивания для денитрификации между точками «Конец 1з» и «Сер.» Результаты измерений показаны на рис. 6.

Как видно из данных рис. 6, ОВП среды и концентрация фосфора ортофосфатов обратно коррелирует в динамике обработки сточных вод в аэротенках, что подтверждает взаимосвязь этих показателей, установленную в лабораторных экспериментах.

В результате проведенной работы установлено:

- на миграцию ортофосфатов в системе активный ил - сточная вода влияет электрохимический потенциал - ОВП водной среды и ила;
- отрицательные значения ОВП способствуют мобилизации ортофосфатов из активного ила в водную среду, положительные – иммобилизации ортофосфатов из водной среды в активном иле;

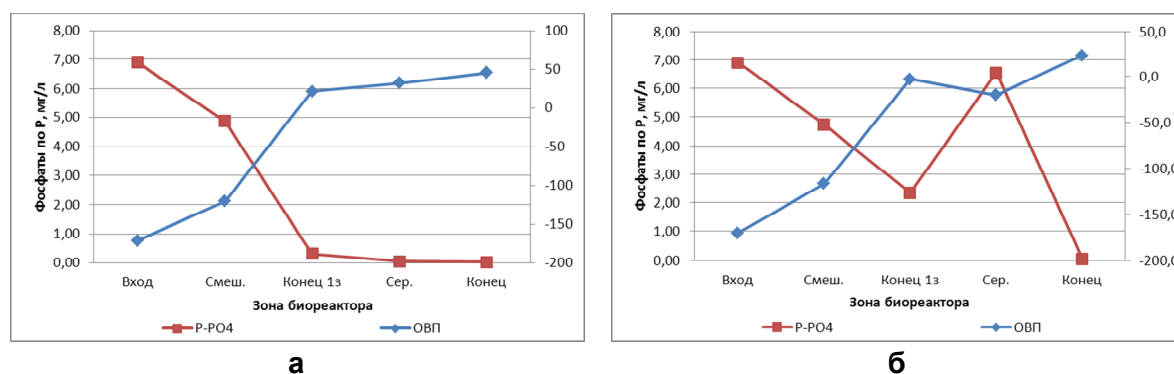


Рис. 6. Динамика изменений концентрации фосфора ортофосфатов и ОВП в аэротенках 1 (а) и 2 (б)

- между регулируемым параметром обработки сточных вод – ОВП, и миграцией ортофосфатов из активного ила в сточную воду существует количественная обратная корреляция.

Список литературы

1. Залётова Н. А. Особенности химического удаления фосфора при биологической очистки сточных вод. // «Водоснабжение и санитарная техника». – №11, 2011. – С. 40-46.
2. Standart ATV-DVWK-A 202E “Chemical-physical methods for the removal of phosphorus from wastewater”, April 2004. – P. 25.
3. G. Ruston, C. Fort. Engineering considerations for phosphorus removal: IWEA O&M seminar, June 6, 2012. – P. 14.
4. J.L. Barnard. Biological Nutrient Removal: Where We Have Been, Where We Are Going? – WEFTEC, 2006. – P.1-22.

5. *P. M. J. Janssen, K. Meinema, H. F. van der Roest*. Biological Phosphorus Removal: Manual for Design and Operation. – IWA Publishing, STOWA, 2002. – 26 p.

Надійшло до редакції 16.11.2015