

**Рисунок 3 – Равновесная концентрация аммонийного азота в зависимости от содержания ионов Ca<sup>+2</sup>**

При пропускании раствора, содержащего 40 мг/л ионов аммония в количестве 500 к.о. концентрация ионов аммония в элюате не достигает 25% исходного значения. Было установлено, что после насыщения сорбент легко регенерируется 8% раствором хлорида калия. При этом восстанавливается практически 100% первоначальной полной обменной емкости.

Таким образом было показано, что наиболее предпочтительным сорбентом для поглощения ионов аммония из транспортных контейнеров для перевозки рыбы является цеолитоподобный сорбент ФЛАМ, разработанный в НИИ ФХП БГУ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Чалов, В.В. Показатели водной среды и аммонийный азот в системе замкнутого водообеспечения при содержании объектов аквакультуры [Текст]/ В.В.Чалов, Е.Н.Пономарева // Вестник АГТУ.- Сер.: Рыбное хозяйство.- 2010.- №1.- С.92-95.

УДК 628.316.12:661.183.6

Е.Г. Сапон, асп. [sapon@belstu.by](mailto:sapon@belstu.by)  
В.Н. Марцунь, доц., канд. техн. наук  
(БГТУ, г. Минск)

### **ФИЛЬТРАЦИОННАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ФОСФАТОВ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНЫМ ШЛАКОМ**

На протяжении последних 40 лет эвтрофикация водных объектов остается нерешенной проблемой по всему миру. Она вызвана избыточным биогенным загрязнением природных вод соединениями азота и фосфора [1, 2].

Основными путями транспорта фосфора в поверхностные воды являются очищенные сточные воды и поверхностный сток с сельско-

хозяйственных земель. Для ограничения поступления соединений фосфора в водные объекты из точечных источников (очистные сооружения) в Республике Беларусь установлены нормативы допустимого сброса загрязняющих веществ в составе очищенных сточных вод. В ТКП 17.06-08-2012 закреплены максимальные остаточные концентрации общего фосфора 4,5 и 2,0 мг/дм<sup>3</sup> для очистных сооружений канализации (ОСК), производительностью 10 001–100 000 и более 100 001 эквивалентных жителей (ЭЖ) соответственно [4].

Вместе с тем в Беларуси не установлены допустимые концентрации общего фосфора в очищенных водах очистных сооружений производительностью менее 10000 ЭЖ. Кроме того, в настоящее время особенно остро стоят организационные проблемы индивидуально-водоотведения. Постоянно растет число объектов малой и автономной канализации, однако качество очистки на данных очистных сооружениях находится на неудовлетворительном уровне. В странах, где за данными объектами организован производственный контроль, установлено, что более 90% нарушений нормативов качества сбрасываемой воды приходится на малые населенные пункты с несовершенной системой канализации [3]. Неконтролируемый сброс фосфорсодержащих сточных вод от малых очистных сооружений в пределах водосборных бассейнов водных объектов приводит к превышению предельно допустимой концентрации фосфатов (ПДК – 0,066 мг P/дм<sup>3</sup>). В дальнейшем суммарное воздействие таких сбросов может иметь негативные региональные и глобальные последствия.

Наибольшее распространение в практике очистки сточных вод от биогенных элементов нашли биологические или химические методы. Биодефосфатация основана на «жадном» потреблении фосфатов бактериями *Candidatus Accumulibacter Phosphatis* при циклическом чередовании анаэробных и аэробных условий. Для химического осаждения используются хорошо гидролизуемые соединения железа, алюминия и известь. По объективным причинам, связанным со значительными энергозатратами, большим количеством образующихся осадков и др., данные технологии нашли применение на крупных очистных сооружениях [1,3]. Вместе с тем из-за высокого содержания тяжелых металлов осадки ОСК не используются, что приводит к безвозвратным потерям ценных элементов, в том числе фосфора. На сооружениях малой (менее 5000 ЭЖ) и автономной канализации стоимость использования вышеупомянутых методов дефосфатации делает их экономически неприемлемыми. Обычно очистка сточных вод на таких сооружениях идет в две стадии. Первой является биологическая, которая осуществляется в септиках, аэрационных установках, окислительных каналах, биологических прудах или биофильтрах. Затем

следует стадия доочистки и отведения сточных вод путем фильтрации в дренажных колодцах, фильтрующих кассетах, полей подземной фильтрации, фильтрующих траншей и др. [3].

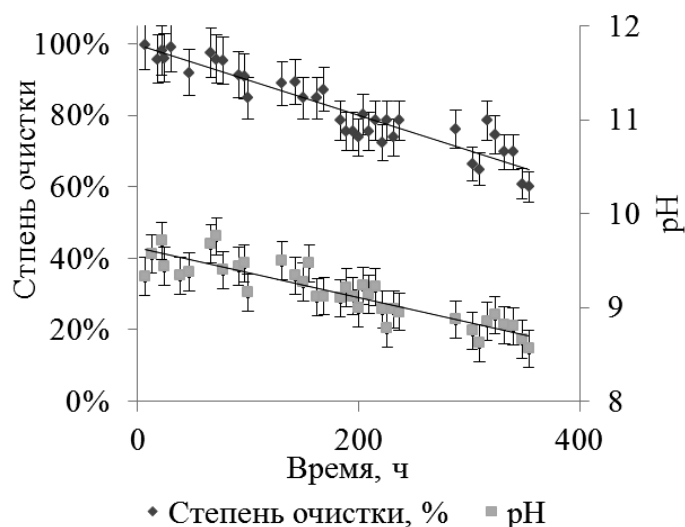
Использование в качестве фильтрующей загрузки доступных сорбционных материалов позволяет снизить остаточную концентрацию фосфора, не увеличивая стоимость очистки. Сорбция фосфатов в виде доступном для последующего использования создает условия для их последующего возврата в производственный оборот. К сорбентам предъявляются следующие требования: невысока стоимость; доступность; высокая сорбционная емкость по фосфатам (более 1 кгР/т [2]); малый риск вторичного загрязнения воды; возможность регенерации; возможность использования отработанного материала.

Фильтрационную загрузку однородным материалом с разной крупностью частиц либо несколькими (разнородными) материалами которые располагают в направлении убывающей крупности загрузки. Используют несколько вариантов организации контакта потока воды с загрузкой: вертикальные нисходящий и восходящий, редко горизонтальный поток. Использование фильтров с восходящим потоком и убывающей крупностью загрузки, как правило, характеризуется большим временем работы без забивания. Однако в настоящее время очистку сточных вод осуществляют на фильтрах нисходящей загрузки, более дешевых и обеспечивающих защиту дренажной системы от загрязнителей [3].

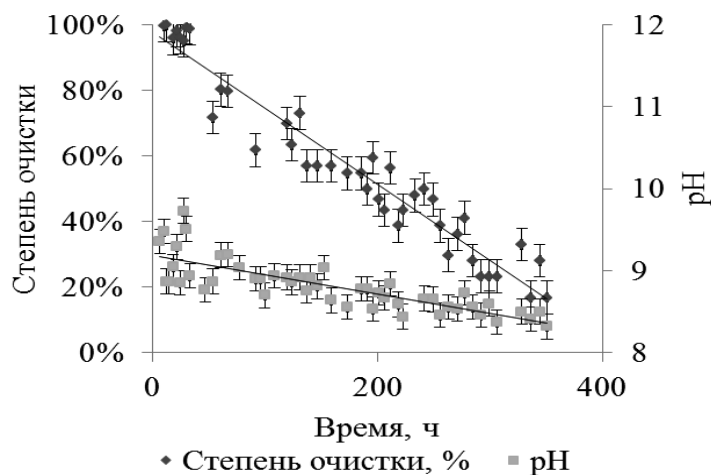
Эффективность применения сорбента определяется его сорбционной емкостью, которая зависит от химического состава и определяется содержанием в составе алюминия, железа, кальция и магния. На протекание процесса очистки также оказывает влияние гидравлическое время удержания (время контакта) и способ контакта, которые определяются размерами фракций загрузки и порозностью материала.

Целью работы было исследовать закономерности очистки сточных вод от фосфатов в режиме фильтрования электросталеплавильным шлаком (ЭШ) при различном времени контакта.

Объектом исследования была фракция 5–10 мм ЭШ, образующегося на Белорусском металлургическом заводе (г. Жлобин), которая выступала загрузкой лабораторных фильтров. Исследование изменения степени очистки от фосфатов и рН очищенной воды проводили на модельных сточных водах с концентрацией 8 мг Р/л. Гидравлическое время удержания (ГВУ) в фильтрах поддерживали 0,66 ч. и 1,33 ч. Объём фильтрующей загрузки составлял 0,4 дм<sup>3</sup>. Для обеспечения более равномерного контакта жидкости с загрузкой был выбран вертикально восходящий режим подачи воды. Продолжительность эксперимента составила 360 часов.



**Рисунок 1 – Зависимости изменение pH очищенной воды и степени очистки от фосфатов от времени фильтрования при гидравлическом времени удержания 1,33 ч**



**Рисунок 2 – Зависимости изменение pH очищенной воды и степени очистки от фосфатов от времени фильтрования при гидравлическом времени удержания 0,66 ч**

Результаты экспериментов представлены на рисунках 1 и 2 соответственно для ГВУ 0,66 и 1,33 ч. Высокие степень очистки от фосфатов и pH объясняется тем, что ЭШ содержит значительное количество кальция, в перчете на оксид до 30 масс. %, переходя в воду он образует гидроксид, который в свою очередь взаимодействует с фосфатами осаждая их в виде белого осадка на поверхности загрузки.

Как видно из представленных графических зависимостей степень очистки, при ГВУ 1,33 ч, коррелирует со значением pH. Тем не менее, сокращение времени контакта в два раза приводит к соответствующему увеличению скорости снижения степени очистки. Это объясняется сокращением количества кальция перешедшего в воду с поверхности ЭШ.

Полученные закономерности могут быть использованы для проектирования фильтрационного оборудования с загрузкой из ЭШ для сооружений малой и автономной канализации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Camargo, V. Enhanced phosphorus removal in a waste stabilization pond system with blast furnace slag filters / V. Camargo, M.A. Johnson, T. Mather and D.D. Mara // *Desalination and Water Treatment* – № 4, – P. 122–127.

2 Cucarella, V. Phosphorus sorption capacity of filter materials used for on-site wastewater treatment determined in batch experiments – A comparative study / V. Cucarella, G. Renman, // *Environ. Qual.* – 2009. – № 38, – P. 381–392.

3 Жуков Б.Д. Экологическое домостроение. Устройства и технологии децентрализованной очистки бытовых сточных вод / СО РАН. ГПНТБ. – Новосибирск, 1999. – 113 с.

4 Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Порядок установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод : ТКП 17.06-08-2012 (02120). – Введ. 01.01.2012. – Минск: Минприроды, – 73 с.

УДК 504.064.47:621.357.7

В.И. Чепрасова, асп.; О.С. Залыгина, доц., канд. техн. наук  
[zolha@tut.by](mailto:zolha@tut.by) (БГТУ, г. Минск)

### **ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Нанесение гальванических покрытий предполагает использование электролитов различного состава, основными компонентами которых являются соли тяжелых металлов. В процессе эксплуатации электролиты теряют свои рабочие свойства вследствие накопления в них загрязняющих веществ.

Опыт обследования гальванических производств предприятий оборонного комплекса, радиопромышленности и крупнейших машиностроительных заводов Республики Беларусь, Российской Федерации и Украины показал, что на большинстве предприятий осуществляется совместный сброс низкоконцентрированных промывных сточных вод и высококонцентрированных отработанных растворов электролитов [1]. Объемы сбрасываемых растворов электролитов невелики (от 2 до 5% от общего объема сточных вод), однако содержание в них загрязняющих веществ составляет от 40 до 70% от общего объема загрязнений. Залповый характер таких сбросов приводит к нарушению работы очистных сооружений, ухудшению качества очистки, а