

УДК 628.355

Р. М. Маркевич, кандидат химических наук, доцент БГТУ; **О. С. Дубовик**, магистрант БГТУ;
И. П. Ланько, заместитель начальника Минской очистной станции (УП «Минскводоканал»)

ДИНАМИКА ТРАНСФОРМАЦИИ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА И ФОСФОРА В СТОЧНЫХ ВОДАХ В ХОДЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ

В лабораторных условиях изучена динамика денитрификации, поглощения фосфатов из сточных вод активным илом при аэрации и обратного выделения фосфатов в жидкую среду при выдерживании иловой смеси без аэрации. Показано, что поглощение фосфора фосфатного активным илом интенсивно протекает в течение 0,5–1 ч аэрации. Степень денитрификации определяется концентрацией нитратов в иловой смеси и зависит от сложившихся условий: наличие растворенного кислорода, легкодоступных органических соединений и др.

The denitrification, phosphorylation and dephosphorylation dynamics in activated sludge systems was studied in the lab conditions. It was shown that the dephosphorylation took place mainly in between 30 min and 60 min of aeration time. The denitrification rate is defined by nitrates concentration in mixed liquor and depends on the current conditions – availability of dissolved oxygen, volatile organic compounds and others.

Введение. В настоящее время при проектировании и реконструкции городских очистных сооружений первостепенное внимание уделяется удалению биогенных элементов – азота и фосфора. Технологии биологической очистки городских сточных вод, специально предназначенные для удаления этих биогенных элементов, способны предотвратить эвтрофикацию водных объектов.

Биологическое удаление из сточных вод азота основано на протекании процессов нитрификации и денитрификации, биологическая очистка сточных вод от соединений фосфора происходит благодаря его удалению с биомассой избыточного активного ила, в составе которого присутствуют бактерии, способные накапливать фосфор в количестве, значительно превышающем потребности самих бактерий.

Процессы нитрификации, денитрификации и биологической дефосфотации в той или иной степени имеют место на сооружениях биологической очистки, однако каждая биологическая система имеет свои особенности, обусловленные составом сточных вод, условиями очистки и др. Поэтому изучение процессов биологического удаления азота и фосфора из сточных вод остается актуальным.

Цель нашей работы заключалась в изучении динамики денитрификации и биологической дефосфотации в ходе биологической очистки сточных вод. Протекание денитрификации контролировали по уменьшению концентрации нитратов в сточных водах в отсутствие аэрации, о биологической дефосфотации судили по снижению содержания фосфора фосфатного в жидкой фазе иловой смеси в условиях аэрации. Кроме того, оценивали высвобождение фосфора фосфатного из биомассы активного ила при выдерживании без аэрации предварительно ин-

кубированной в аэробных условиях иловой смеси.

Основная часть. Объектами исследования являлись иловая смесь, отобранная из последней четверти четвертого коридора аэротенка МОС-1, третьего нитрификатора и третьего денитрификатора МОС-2, и осветленные сточные воды, отобранные на выходе из первичного отстойника. На МОС-1 функционируют классические аэротенки, в биореакторах МОС-2 выделены анаэробная зона и по три чередующихся зон нитрификации и денитрификации.

Схемы изучения процессов биологической дефосфотации и денитрификации приведены на рис. 1, 2. В первом случае соотношение иловой смеси и осветленных сточных вод составило 1 : 1, во втором – к исходной иловой смеси добавляли осветленные сточные воды (в соотношении 3 : 1) как источник легкоокисляемых органических веществ для микроорганизмов-денитрификаторов. При изучении дефосфотации инкубирование проводили в шейкер-инкубаторе Environmental Shaker-Incubator ES-20, для денитрификации исследуемой иловой смесью заполняли весь объем колбы и инкубировали в термостате. Центрифугирование проводили на центрифуге ОПн-8УХЛ4.2 для полного осаждения организмов активного ила, концентрацию сухой биомассы устанавливали весовым методом. Концентрацию фосфора фосфатного определяли колориметрированием на ФЭК-М при длине волны 820 нм при добавлении смешанного реактива (10 см³ 2,5%-ного раствора молибдата аммония, 10 см³ 10%-ного раствора аскорбиновой кислоты и 30 см³ 2 н. серной кислоты). Определение концентрации нитратов проводили колориметрическим методом с салициловой кислотой на ФЭК-М при длине волны 410 нм.

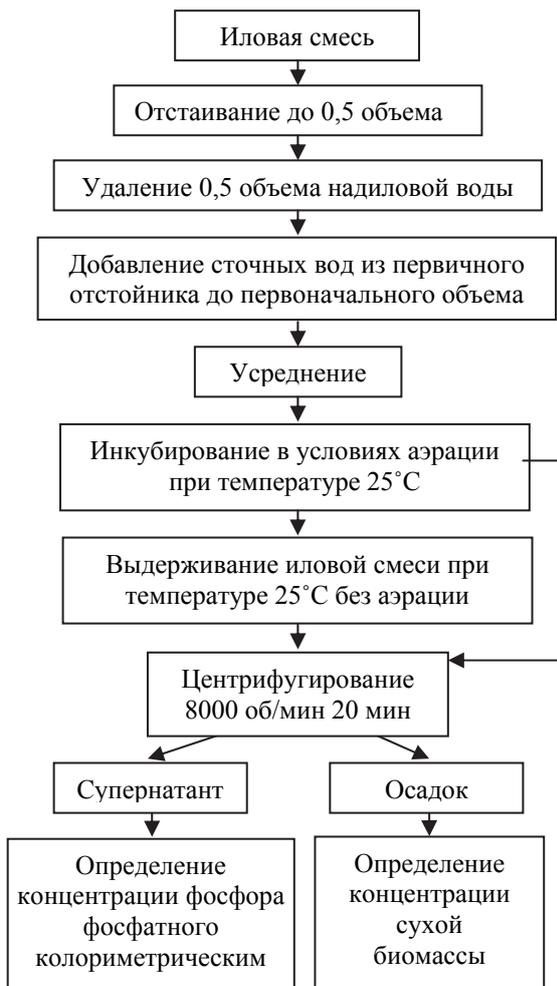


Рис. 1. Схема изучения процесса Биологической дефосфатации

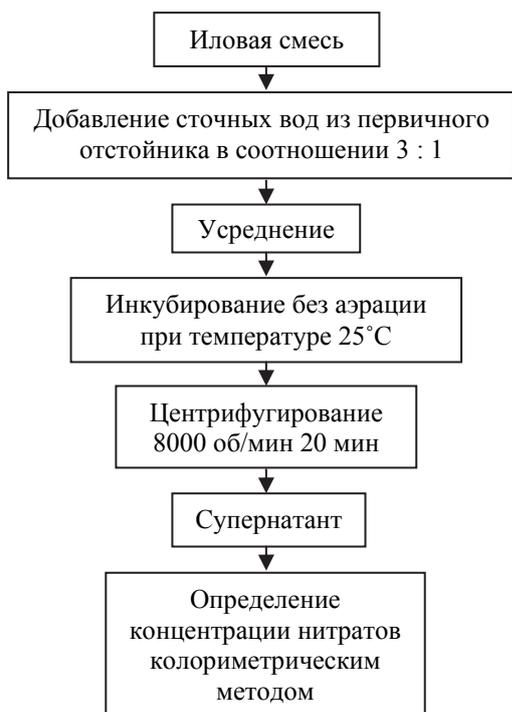


Рис. 2. Схема изучения процесса денитрификации

Поглощение фосфора фосфатного активным илом интенсивно протекает в течение 0,5–1 ч аэрации, после чего концентрация фосфора фосфатного в жидкой фазе практически не изменяется. Для отобранных в разное время проб активного ила МОС-1 это значение находилось в пределах от 0,2 до 0,7 мг/дм³ (рис. 3), для активного ила МОС-2 – от 0,2 до 1,8 мг/дм³ (рис. 4). Следует отметить, что исходное содержание фосфора фосфатного в пробах иловой смеси, отобранных на МОС-1, существенно выше, чем в пробах МОС-2, поскольку отбор проб производился из первой секции аэротенка, куда поступает иловая вода после стадии обезвоживания избыточного активного ила.

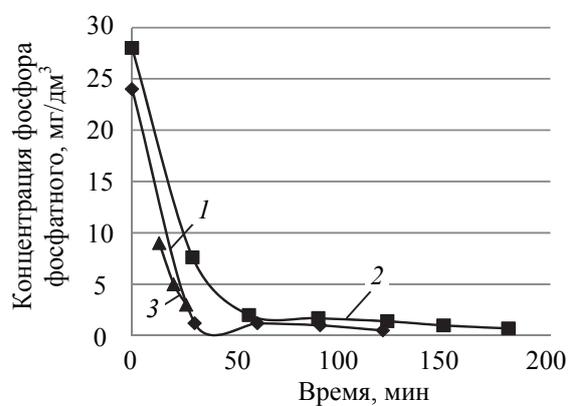


Рис. 3. Динамика биологической дефосфатации при инкубировании иловой смеси в условиях аэрации (МОС-1):
1 – проба от 25.03.13 г.; 2 – проба от 24.04.13 г.;
3 – проба от 18.03.13 г.

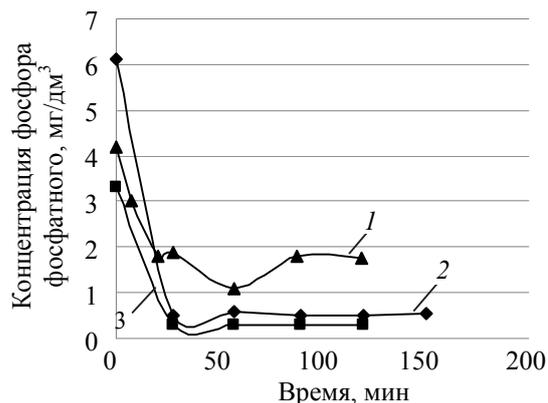


Рис. 4. Динамика биологической дефосфатации при инкубировании иловой смеси в условиях аэрации (МОС-2):
1 – проба от 15.04.13 г.; 2 – проба от 08.04.13 г.;
3 – проба от 26.04.13 г.

После предварительного аэробного инкубирования иловой смеси на протяжении 0,5 ч обратный процесс биологической дефосфатации,

т. е. выделение фосфора активным илом в сточные воды интенсивно протекал в период 1,5–2,5 ч после прекращения подачи воздуха (рис. 5). Следует отметить, что на начальном этапе инкубирования иловой смеси в отсутствие аэрации концентрация фосфора фосфатного в надильной воде иногда даже уменьшалась (проба от 18.03.13 г.). Это может быть связано с достаточным содержанием кислорода для протекания процесса дефосфотации.

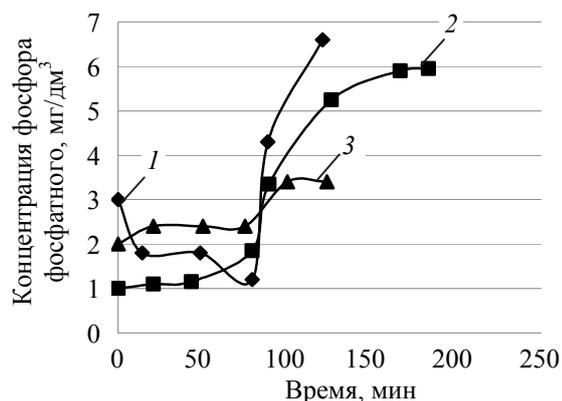


Рис. 5. Динамика выделения фосфора фосфатного при предварительном инкубировании иловой смеси в условиях аэрации в течение 0,5 ч: 1 – проба от 18.03.13 г.; 2 – проба от 01.04.13 г. (МОС-1); 3 – проба от 15.04.13 г. (МОС-2)

Если предварительное инкубирование иловой смеси в условиях аэрации проводилось в течение 1 или 2 ч, при дальнейшем выдерживании такой смеси без аэрации некоторое время фосфор еще поглощался активным илом, а затем зафиксировано лишь незначительное (на уровне 0,10–0,15 мг/дм³) выделение фосфора фосфатного в жидкую фазу.

Полученные результаты приводят к заключению, что резкое уменьшение концентрации фосфора фосфатного при инкубировании иловой смеси в течение 0,5–1 ч связано с его сорбцией на поверхности хлопьев. На этой стадии возможно изъятие его из сточных вод [1].

Выдерживание иловой смеси, которую предварительно аэрировали в течение получаса, без аэрации приводит к высвобождению фосфатов (десорбция) и увеличению концентрации фосфора фосфатного в жидкой фазе.

При более длительном предварительном инкубировании в условиях аэрации фосфаты используются микроорганизмами для синтеза фосфорсодержащих компонентов клеток либо запасаются клетками. При последующем выдерживании иловой смеси без аэрации может наблю-

даться десорбция в воду части фосфатов, не включенных в клетки.

На рис. 6 представлена динамика денитрификации проб иловых смесей, отобранных из зон нитрификации и денитрификации. Степень денитрификации составила от 30 до 60%, причем процессы нитрификации и денитрификации на МОС-2 более выражены, чем на МОС-1.

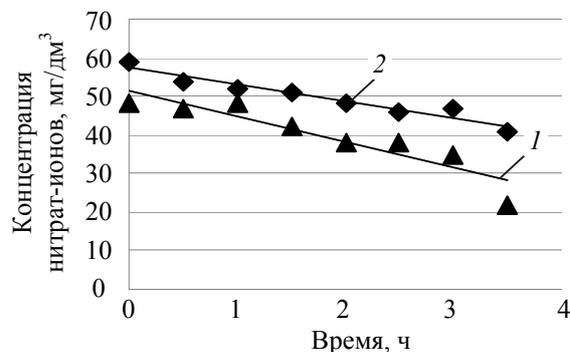


Рис. 6. Динамика денитрификации при инкубировании проб иловой смеси: 1 – проба от 18.04.13 г. (третий нитрификатор); 2 – проба от 26.04.13 г. (третий денитрификатор)

Существенной разницы в степени денитрификации активного ила, отобранного из зон нитрификации и денитрификации, не выявлено, вероятно, условия в этих зонах требуют корректировки.

Заключение. Интенсивное изъятие фосфора фосфатного происходит в течение 0,5–1 ч контакта активного ила и сточных вод в результате сорбционных процессов. Поглощенные таким образом фосфаты легко высвобождаются в жидкую фазу в отсутствие аэрации. При длительном аэрировании фосфаты используются микроорганизмами активного ила для синтеза фосфорсодержащих компонентов клеток либо запасаются клетками, их высвобождение происходит значительно медленнее.

Степень денитрификации определяется концентрацией нитратов в иловой смеси и зависит от сложившихся условий: наличие растворенного кислорода, легкодоступных органических соединений и др.

Полученные данные могут быть использованы для совершенствования процессов удаления азота и фосфора при биологической очистке сточных вод.

Литература

1. Степанов А. С. Удаление биогенных элементов из городских сточных вод // Водочистка. 2010. № 8. С. 46–56.

Поступила 24.02.2014