

УДК 628.3

*Е.С. Гогина, И.А. Гульшин***ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОЗОНА
ДЛЯ КОНТРОЛЯ НИТЧАТОГО
ВСПУХАНИЯ АКТИВНОГО ИЛА**

Нитчатое вспухание активного ила является одной из наиболее распространенных проблем в мировой практике биологической очистки сточных вод. Рассматривается один из нетрадиционных способов борьбы со вспуханием ила. В отличие от традиционных методов, данная технология предусматривает достижение положительного эффекта без изменения внешних факторов, приводящих к преобладанию нитчатых бактерий в видовом и количественном составе активного ила. Способ основывается на селективном окислительном воздействии озона на клетки нитчатых бактерий и подавлении их жизнедеятельности. В статье приведены экспериментальные данные, полученные в ходе исследований на базе Уппсальского университета.

Ключевые слова: биологическая очистка сточных вод, вспухание активного ила, нитчатые бактерии, озон.

Одним из важнейших этапов очистки сточных вод, на котором основывается практически любая технологическая схема очистки бытовых и схожих с ними по составу промышленных сточных вод, является процесс биологической очистки. Данный процесс основывается на применении активного ила — искусственно выращиваемого при аэрации загрязненных вод биоценоза, населенного гетеротрофными гелепродуцирующими бактериями, хемотрофами, простейшими и многоклеточными животными, которые участвуют в трансформации загрязняющих веществ и очистке сточных вод путем биохимического окисления, биосорбции, выедания бактерий и простейших [1].

В общем случае очистка сточных вод при помощи активного ила состоит из двух этапов: собственно биологической очистки и этапа отделения активного ила от биологически очищенных сточных вод [2]. Биологическая очистка производится в аэротенках, где благодаря аэрации, необходимой для жизнедеятельности микроорганизмов и биохимического окисления загрязнений, активный ил находится во взвешенном состоянии. Отделение биомассы активного ила от сточных вод осуществляют во вторичных отстойниках. Хорошо функционирующий активный ил состоит из отдельных крупных флокул, т.е. хлопьев, образованных различными микроорганизмами. Флокулы активного ила обычно имеют большую плотность, чем окружающая их жидкость, поэтому в спокойном состоянии они быстро оседают, кроме того, на них сорбируются те вещества, собственная плотность которых недостаточна для оседания. Поскольку активный ил состоит из живых микроорганизмов, находящихся в сложном взаимодействии друг с другом, в каждом конкретном случае его свойства, напрямую влияющие на ход процесса биологической очистки, сильно разнятся. Седиментационные свойства, т.е. способность флокул активного ила к оседанию за счет гравитации,

*E.S. Gogina, I.A. Gulshin***USE OF OZONE
FOR ACTIVATED SLUDGE
BULKING CONTROL**

Filamentous bulking of activated sludge is one of the most common problems in the world of biological wastewater treatment.

The authors examine one of innovative ways of suppressing the sludge bulking. Unlike conventional methods, this technology is aimed at the attainment of a positive effect without changing the external factors that lead to the dominance of filamentous bacteria species or the quantitative composition of the sludge. This method is based on the selective oxidative effects of ozone produced on the cells of filamentous bacteria.

The authors present the experimental data obtained in the studies performed at Uppsala University.

Key words: wastewater treatment, activated sludge bulking, filamentous bacteria, ozone.

являются наиболее критичными, поскольку при нарушении функционирования вторичных отстойников и недостаточно полном отделении активного ила от биологически очищенных сточных вод перестает работать вся система биологической очистки [3].

Седиментационные свойства активного ила могут быть нарушены, что обычно является результатом так называемого вспухания активного ила. По характеру изменений, происходящих в видовом составе и структуре активного ила, вспухание делят на два типа: гелевое и нитчатое [1]. Нитчатое вспухание происходит вследствие деградации видового состава активного ила. Это может произойти по многим причинам: увеличение объема сточных вод, поступающих на очистку, изменение их химического состава, изменение концентрации отдельных загрязняющих веществ, в т.ч. токсичных для активного ила, изменение удельной нагрузки на ил, понижение температуры сточных вод и так далее. В результате количественное преобладание получают нитчатые бактерии, как наиболее устойчивые к различным неблагоприятным факторам. Хотя нитчатые бактерии являются частью нормально функционирующего активного ила и необходимы в небольших количествах для правильного строения флокул (в качестве естественного армирования) [4], при их количестве и длине, превышающих допустимый уровень, возникает нитчатое вспухание [5]. В результате размеры флокул активного ила увеличиваются, но при этом значительно уменьшаются их плотность и, соответственно, способность к осаждению, что приводит к выносу активного ила из отстойников вместе с биологически очищенными сточными водами. Это сильно ухудшает качество очищенной воды, а также нарушает функционирование других сооружений системы очистки сточных вод [4]. Нитчатое вспухание ила является наиболее распространенной патологией в мировой практике биологической очистки сточных вод [6], при этом еще совсем недавно отсутствовала какая-либо общепринятая система мероприятий для его профилактики и подавления [1]. Из этого следует, что создание такой системы или хотя бы создание базы для развития различных методов подавления нитчатого вспухания и нахождение оптимального из них является одной из важнейших задач, поставленной перед учеными и инженерами, работающими в сфере очистки сточных вод.

В последние годы мировое научное сообщество несколько продвинулось в решении данной проблемы. Были предложены различные методы как для профилактики нитчатого вспухания активного ила, так и для его подавления и дальнейшей реабилитации биоценоза. Один из таких методов предполагает озонирование биомассы активного ила, он выделяется доступностью и эффективностью.

Интенсификация процессов биологической очистки путем подачи в систему озono-воздушной смеси уже давно стала предметом исследований ученых различных стран. Экспериментально доказано, что подача малых доз озона на первую стадию биологической ступени очистки положительно сказывается на происходящих в ней процессах. Это происходит, во-первых, из-за предварительного разрушения длинных молекулярных цепочек на более мелкие, что способствует их более полной деструкции на активном иле [7], а во-вторых, из-за стимулирующего влияния на сам активный ил, при котором ускоряются процессы окисления органических веществ, улучшаются показатели БПК и ХПК очищенной сточной воды.

Озонирование активного ила с целью контроля нитчатого вспухания было предложено учеными совсем недавно [8—12], в каждом из исследований, согласно отчетам, удалось достичь положительных результатов и уста-

новить положительное влияние озонирования активного ила на процессы подавления нитчатого вспухания.

С целью окончательного установления механизмов воздействия озона на вспухший активный ил, а так же для расчёта необходимых параметров, требуемых для обоснования и ввода в производство данной технологии, на базе научного центра Уппсальского университета (Швеция) и действующих очистных сооружений (Himmerfjarden sewage treatment plant) в 2007 г. были проведены масштабные исследования [2].

Предпосылкой работы являлось предположение о том, что нитчатые бактерии, обладая наибольшей удельной площадью поверхности среди других микроорганизмов активного ила, могут пропускать через клетки большее количество вещества, соответственно, они в большей степени страдают от озонирования, что может позволить обеспечить селективность воздействия озона на активный ил.

Под эксперимент были выделены две рабочие линии очистных сооружений, контрольная и экспериментальная. На экспериментальной линии озono-воздушная газовая смесь (относительное содержание озона в газе составляло 2 %, кислорода — 98 %) подавалась в трубопровод возвратного активного ила, контрольная линия осталась без изменений. Перед началом эксперимента обе линии подпитывались одним источником возвратного ила, затем, после старта, для экспериментальной линии подвод рециркулирующего ила осуществлялся отдельно (с подачей озона). Наблюдения за активным илом и качеством биологической очистки велись постоянно, на протяжении всего периода испытаний, который составил 5 месяцев. Постоянный контроль над протекающими процессами в течение столь длительного времени позволил в полной мере установить возникающие в ходе эксперимента процессы.

Положительные изменения в структуре обрабатываемого озонном ила стали заметны сразу после начала эксперимента. Уже через три недели клетки нитчатых бактерий в иле экспериментальной линии подвергались постоянному разрушению. Значительно сократился прирост нитчатых бактерий и их количественный состав, флокулы активного ила уменьшились в объеме и стали более плотными. Через четыре недели нитчатое вспухание активного ила на экспериментальной линии было полностью подавлено. Микроскопическое исследование показало, что количество нитчатых бактерий достигло требуемого минимума. Иловый индекс экспериментального активного ила составлял 90...100 мл/г, в то время как на контрольной линии он достигал 300 мл/г. Через несколько дней после прекращения эксперимента активный ил оставался в стабильном рабочем состоянии с показателями, удовлетворяющими все необходимые технологические требования.

В результате данного исследования было доказано, что воздействие малыми дозами озона на активный ил позволяет контролировать нитчатое вспухание и при оперативном реагировании подавлять его в довольно короткие сроки. Реабилитация активного ила после подавления вспухания также не представляет каких-либо проблем, за кратчайшее время ил восстанавливает все свои окислительные и седиментационные свойства. В то же время устройство необходимого оборудования при реконструкции действующих сооружений не требует значительных затрат (особенно, если технологическая схема очистки уже предполагает использование озона на станции, например, в целях дезинфекции) [7]. Все это делает метод озонирования активного ила приемлемым для борьбы с нитчатым вспуханием, а также перспективным для дальнейших исследований и доработок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. М. : Акварос, 2003. 506 с.
2. Wijnbladh E. Ozone Technology for Sludge Bulking Control. Uppsala universitet, 2007. 35 p.
3. Carlsson B., Hallin S. Automatic control and microbiology in wastewater treatment plants // VA-Forsk, rapport nr. Svenskt Vatten AB, 2003.
4. Seviour R.J., Blackall L.L. The microbiology of activated sludge. Kluwer academic publishers, 1999. 422 p.
5. Eckenfelder W.W., Grau P. Activated sludge process design and control: Theory and practice. Technomic Pub, 1992. 334 p.
6. Wanner J. Activated sludge bulking and foaming control. Technomic publishing, Lancaster, PA, 1993. 327 p.
7. Семёнов М.А., Кузьмикин А.Л. Применение озона для обработки воды. Передовые технологии безреагентной и экологически безопасной обработки питьевой воды и сточных вод // Вода в промышленности – 2010 : сб. докладов межотраслевой конф. Москва, 2010. С. 7—12.
8. Caravelli A., Giannuzzi L., Zaritzky N. Effect of Ozone on Filamentous Bulking in a Laboratory Scale Activated Sludge Reactor using Respirometry and INT-Dehydrogenase Activity // Journal of Environmental Engineering, Vol. 132, 2006, No. 9, pp. 1001—1010.
9. Boeler M., Siegrist H. Partial ozonation of activated sludge to reduce excess sludge, improve denitrification and control scumming and bulking // Proc. International Water Association (IWA) Specialist Conference. Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norway, 2003, pp. 41—49.
10. Van Leeuwen J. A review of the potential application of non-specific activated sludge bulking control // Water SA, 1992, 18(2), pp. 101—106.
11. Van Leeuwen J. Ozonation for non-filamentous bulking control in an activated sludge plant treating fuel synthesis waste water // Water SA, 1989, 15, pp. 127—132.
12. Van Leeuwen J. Bulking control with ozonation in a nutrient removal activated sludge system // Water SA, 1988, 14(3), pp. 119—124.

REFERENCES

1. Zhmur N.S. *Tekhnologicheskie i biokhimicheskie protsessy ochistki stochnykh vod na sooruzheniyakh s aerotenkami* [Technological and Biochemical Processes of Wastewater Treatment at Plants Equipped with Aerotanks]. Moscow, Akvaros Publ., 2003, 506 p.
2. Wijnbladh E. Ozone Technology for Sludge Bulking Control. Uppsala universitet, 2007, 35 p.
3. Carlsson B., Hallin S. Automatic Control and Microbiology in Wastewater Treatment Plants. VA-Forsk, rapport nr. Svenskt Vatten AB, 2003.
4. Seviour R.J., Blackall L.L. The Microbiology of Activated Sludge. Kluwer academic publishers, 1999, 422 p.
5. Eckenfelder W.W., Grau P. Activated Sludge Process Design and Control: Theory and Practice. Technomic Publ., 1992, 334 p.
6. Wanner J. Activated Sludge Bulking and Foaming Control. Technomic publ., Lancaster, PA, 1993, 327 p.
7. Semenov M.A., Kuz'mikin A.L. *Primenenie ozona dlya obrabotki vody. Peredovye tekhnologii bezreagentnoy i ekologicheski bezopasnoy obrabotki pi'evoy vody i stochnykh vod* [Use of Ozone in Water Treatment. Advanced Technologies of Nonchemical and Environmentally Friendly Treatment of Drinking Water and Waste Water]. Voda v promyshlennosti – 2010 [Water in the Industry – 2010]. Collected works of an intra-disciplinary conference. Moscow, 2010, pp. 7—12.
8. Caravelli A., Giannuzzi L., Zaritzky N. Effect of Ozone on Filamentous Bulking in a Laboratory Scale Activated Sludge Reactor using Respirometry and INT-Dehydrogenase Activity. Journal of Environmental Engineering, vol. 132, 2006, no. 9, pp. 1001—1010.
9. Boeler M., Siegrist H. Partial Ozonation of Activated Sludge to Reduce Excess Sludge, Improve Denitrification and Control Scumming and Bulking. Proc. International Water Association (IWA) Specialist Conference, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norway, 2003, pp. 41—49.
10. Van Leeuwen J. A Review of the Potential Application of Non-specific Activated Sludge Bulking Control. Water SA, 1992, no. 18(2), pp. 101—106.
11. Van Leeuwen J. Ozonation for Non-filamentous Bulking Control in an Activated Sludge Plant Treating Fuel Synthesis Waste Water. Water SA, 1989, no. 15, pp. 127—132.
12. Van Leeuwen J. Bulking Control with Ozonation in a Nutrient Removal Activated Sludge System. Water SA, 1988, no. 14(3), pp. 119—124.

Поступила в редакцию в ноябре 2012 г.

Об авторах: **Гогина Елена Сергеевна**, кандидат технических наук, профессор кафедры водоотведения и водной экологии, **ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет» (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, GoginaES@mgsu.ru;

Гульшин Игорь Алексеевич, студент 4 курса **ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет» (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, gulshin-dii@yandex.ru

About the authors: **Gogina Elena Sergeevna**, Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Wastewater and Aquatic Ecology, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoye shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; GoginaES@mgsu.ru;

Gulshin Igor Alekseevich, 4th year student, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoye shosse, Moscow, 129337, Russian Federation, gulshin-dii@yandex.ru

Для цитирования:

Гогина Е.С., Гульшин И.А. Использование озона для контроля нитчатого вспухания активного ила [Электронный ресурс] // Строительство: наука и образование. 2012. Вып. 3. Ст. 5. Режим доступа: <http://www.nso-journal.ru>.

For citation:

Gogina E.S., Gulshin I.A. Ispol"zovanie ozona dlya kontrolya nitchatogo vspukhaniya aktivnogo ila [Use of Ozone for Activated Sludge Bulking Control] // *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie* [Construction: Science and Education], 2012, no. 3, paper 5. Available at: <http://www.nso-journal.ru>.