

تأثیر پارامترهای مهم بر فرآیندهای آناموکس و شارون در تصفیه پساب نیتروژنی

سید محمد علی مسعودی، جواد سرگلزایی و سید اردوان حسینی

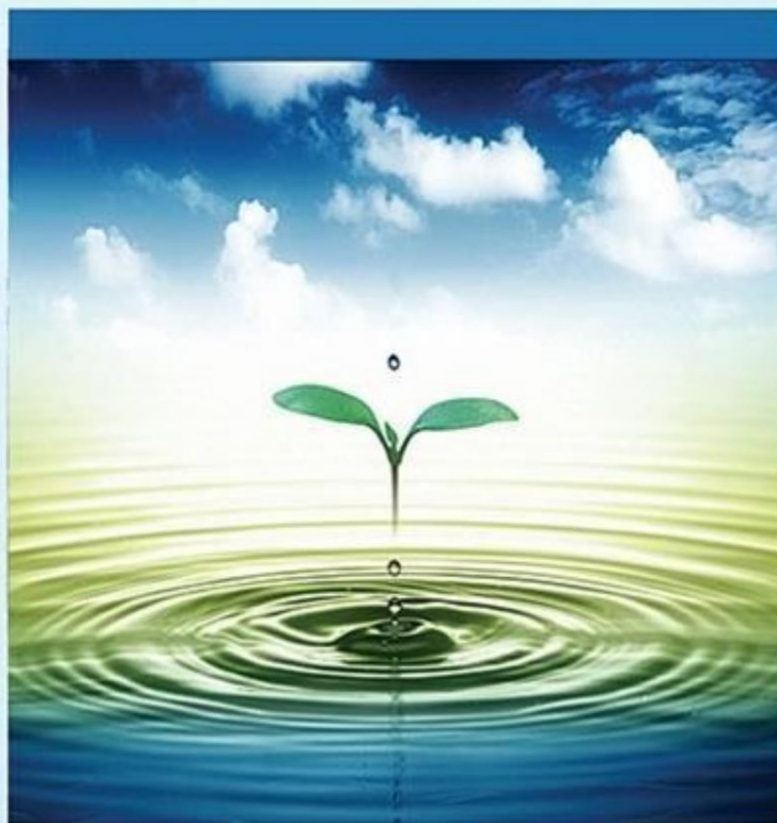
دوره ۴، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، صفحات ۱۷۷-۱۵۸

Vol. 4(2), Summer 2018, 158 – 177

DOI: 10.22034/jewe.2018.105077.1199

**Impact of Key Factors on ANNAMOX and SHARON Processes in Nitrogenous Wastewater Treatment**

Masoudi S. M. A., Sargolzaei J. and Hosseini S.A.



[www.jewe.ir](http://www.jewe.ir)

OPEN ACCESS

ارجاع به این مقاله: مسعودی س. م. ع.، سرگلزایی ج. و حسینی س. ا. (۱۳۹۷). تأثیر پارامترهای مهم بر فرآیندهای آناموکس و شارون در تصفیه پساب نیتروژنی. محیط زیست و مهندسی آب، دوره ۴، شماره ۲، صفحات: ۱۷۷-۱۵۸.

**Citing this paper:** Masoudi S. M. A., Sargolzaei J., and Hosseini S A. (2018). Impact of key factors on ANNAMOX and SHARON processes in nitrogenous effluent treatment. J. Environ. Water Eng., 4(2), 158 – 177. DOI: 10.22034/jewe.2018.105077.1199

## تأثیر پارامترهای مهم بر فرآیندهای آناموکس و شارون در تصفیه پساب نیتروژنی

سید محمدعلی مسعودی<sup>۱\*</sup>، جواد سرگلزایی<sup>۲</sup> و سید اردوان حسینی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد، گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

<sup>۲</sup> استاد، گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

<sup>۳</sup> کارشناسی، گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی شیمی - نفت و گاز، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

\* نویسنده مسئول: a.masoudi2010@stu.um.ac.ir

### مقاله مروری

تاریخ دریافت: [۱۳۹۶/۰۸/۲۲]

تاریخ بازنگری: [۱۳۹۶/۱۲/۱۶]

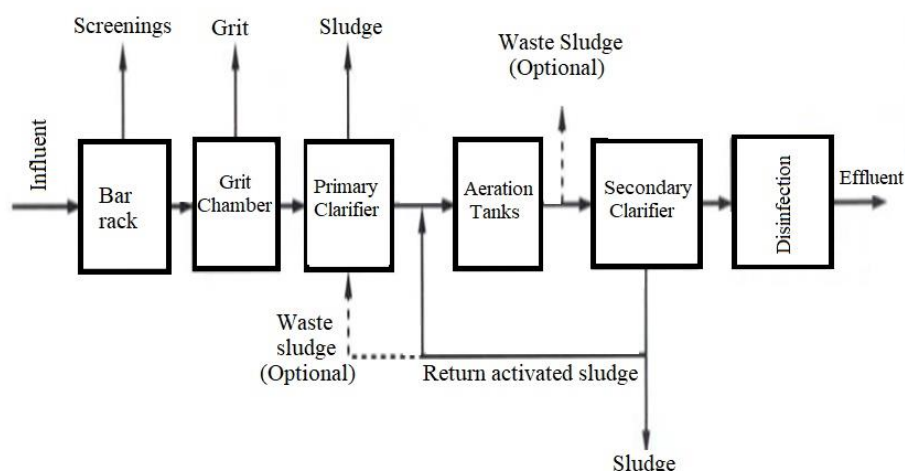
تاریخ پذیرش: [۱۳۹۷/۰۶/۱۸]

### چکیده

به دلیل مخاطرات زیست محیطی، تصفیه پساب‌های نیتروژنی امری ضروری و مهم می‌باشد. طی دهه‌های اخیر، فناوری‌های جدید بیولوژیکی نظیر آناموکس و شارون توسعه یافتند که نسبت به فرآیندهای مرسوم، ارزان‌تر و مؤثرترند. در این تحقیق، تعدادی از پارامترهای زیست‌محیطی تأثیرگذار بر این فرآیندها نظیر دما، pH، اکسیژن محلول، کربن آلی، غلظت نمک، غلظت نیتريت و زمان ماند لجن (SRT) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تحقیقات نشان داد که فرآیند شارون نیاز به منبع کربنی را کاهش می‌دهد؛ درحالی‌که فرآیند آناموکس بدون نیاز به منبع کربنی، تحت شرایط بی‌هوازی انجام می‌شود. مقدار بهینه pH برای فرآیند آناموکس ۶/۸-۷/۳ گزارش شده بود. غلظت نیتريت و نمک پارامترهای کنترلی مهمی در جلوگیری از فعالیت باکتری‌های آناموکس هستند. دمای مطلوب برای رشد باکتری‌های آناموکس ۳۰-۴۰ °C و برای فرآیند شارون بیشتر از ۲۵ °C می‌باشد. راندمان فرآیندها به صورت خطی با SRT متناسب نبودند. به‌طور کلی، فرآیندهای جدید بیولوژیکی حذف نیتروژن با کاهش نیاز به هوادهی و منابع کربنی امیدبخش توصیف شدند و جایگزین مناسبی برای فرآیندهای مرسوم می‌باشند.

**واژگان کلیدی:** تصفیه پساب؛ بی‌هوازی؛ شارون؛ آناموکس.

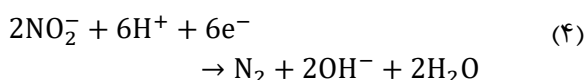
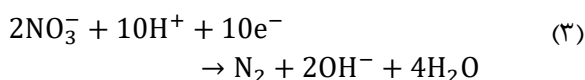




شکل ۱- دیاگرام فرآیند بیولوژیکی لجن فعال در تصفیه فاضلاب (Metcalf and Eddy, 2003)

Fig. 1 Flowdiagram of activated sludge biological process in waetwater treatment

برای بیشتر آن‌ها تقریباً ۱۵ تا ۳۰ دقیقه است (Paredes et al. 2007).

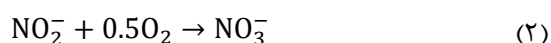
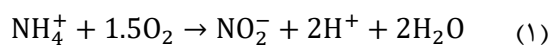


سرعت کلی و گسترش فرآیند شوره‌زدایی عمدتاً به مشخصه‌هایی چون قابلیت تجزیه بیولوژیکی الکترون دهنده‌های مورد استفاده و نسبت نیتروژن به کربن آلی در بیوراکتورها بستگی دارد. به این دلایل، فرآیند شوره‌زدایی می‌تواند به راحتی توسط اضافه کردن منابع کربنی-مانند متانول و اسید استیک-یا منابع کربن موجود در فاضلاب با نسبت کربن به نیتروژن (COD/N) بالا افزایش یابد. با این حال، افزودن این منابع کربنی گران قیمت، هزینه تصفیه پساب را افزایش می‌دهد. به طور کلی، این فناوری مقدار قابل توجهی از منابع را مصرف می‌کند: ۴/۵۷ کیلوگرم اکسیژن و ۲-۴ کیلوگرم COD برای هر کیلوگرم نیتروژن آمونیومی مورد نیاز است. این بدان معناست که برای شوره‌سازی به هوادهی و برای شوره‌زدایی یک منبع کربن آلی خارجی نیاز است. از آنجاکه هر دو مرحله باید در راکتورهای مختلف انجام گیرد منجر، به هزینه بالای ساخت، بهره‌برداری و نگهداری

## ۲- سیستم‌های مرسوم شوره‌سازی -

### شوره‌زدایی

فرآیند بیولوژیکی مرسوم مورد استفاده در تصفیه پساب به منظور دستیابی به حذف نیتروژن شامل مراحل جداگانه هوازی و بی‌هوازی می‌باشند. در این فرآیند، نیتروژن آمونیومی طی مرحله اول (شوره‌سازی) از طریق نیتريت به نیترات تبدیل می‌شود (معادله‌های ۱ و ۲). متداول‌ترین جنس باکتری شناخته شده که مرحله اول را انجام می‌دهد نیتروزوموناس و نیتروباکتر می‌باشد (Paredes et al. 2007; Achlesh et al. 2012).



در مرحله دوم (شوره‌زدایی) که نیترات توسط تعداد زیادی باکتری هتروتروف به نیتروژن ( $\text{N}_2$ ) تبدیل می‌شود، مواد موجود در فاضلاب به عنوان دهنده‌گان الکترون استفاده می‌شوند. این مراحل عبارت‌اند از کاهش نیترات به نیتريت، منوکسید نیتروژن، دی اکسید نیتروژن و نهایتاً نیز به گاز نیتروژن کاهش می‌یابد (معادله‌های ۳ و ۴). باکتری‌های عامل شوره‌زدایی سریعاً تکثیر می‌شوند. زمان تولید نسل











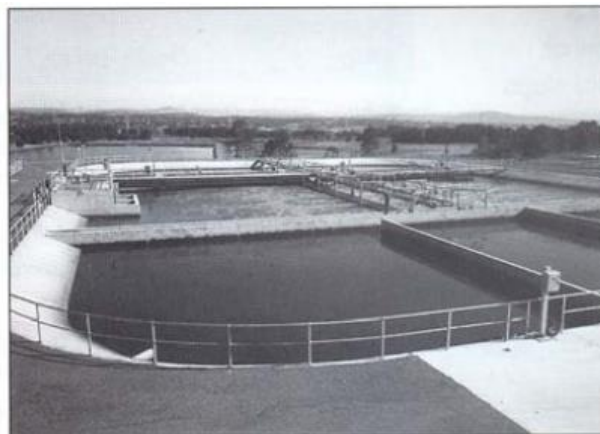






طراحی فرآیند راکتور ناپیوسته متوالی عبارت‌اند از: (۱) نسبت محتویات تانک که در مرحله تخلیه حذف می‌شود و (۲) زمان هوادهی، ته‌نشیننی و تخلیه (Metcalf and Eddy, 2003).

امکان پذیر می‌باشد. چرخه راکتور بر اساس خوراک‌دهی مرحله‌ای بود که پس‌آبی با حدود  $\frac{mg\ NH_4^+-N}{L}$  ۱۵۰۰-۲۰۰۰ و  $\frac{mg\ NO_2^- -N}{L}$  ۲۰۰۰-۳۰۰۰ به دست آمد. شرایط مهم



شکل ۴- نمایی از راکتور ناپیوسته متوالی (Metcalf and Eddy, 2003)

Fig. 4 A view of sequence batch reactor (SBR)

آلی و نیتروژن از شیرابه با استفاده از راکتور ناپیوسته متوالی - راکتور بی‌هوازی جریان بالا رو بررسی شد. غلظت‌های ابتدایی  $NH_4^+ - N$ ، TN و COD به ترتیب ۲۰۱۲، ۲۴۴۴ و ۶۵۳۷ میلی‌گرم بر لیتر بودند و به ترتیب به کمتر از ۵، ۲۰ و ۳۵۴ میلی‌گرم بر لیتر رسیدند. در راکتور ناپیوسته متوالی درحالی‌که فرآیند شوره‌سازی جزئی برقرار بود، Ganigue et al. (2012) نشان دادند که در پساب باید نسبت مولی نیتروژن کل آمونیاکی به کربن غیر آلی کل، برابر ۱ باشد. به‌طور کلی فرآیند شارون به سرمایه‌گذاری ابتدایی نسبتاً کمی نیاز دارد، زیرا یک راکتور مخزنی همزن دار ساده با ابعاد نسبتاً کوچک بدون ماند لجن، برای این فرآیند کافی است (Hellings et al. 1998). در جدول (۲)، خلاصه‌ای از چندین مطالعه پیرامون استفاده از راکتور مخزنی همزن دار جریان پیوسته در فرآیند شارون آورده شده‌است.

اگرچه راکتور مخزنی همزن دار جریان پیوسته، مدت کوتاه‌تری را برای شروع فرآیند شارون زمان می‌برد، اما راکتور ناپیوسته متوالی عملکرد بهتری برای نسبت C/N کمتر از ۰/۳۴ داشت (Yan and Hu, 2009). (Vilar et al. 2010). در راکتور مخزنی همزن دار ۱/۹ لیتری، خوراک‌دهی با بار آمونومی  $\frac{Kg\ N}{m^3.d}$  ۱/۱ و تحت شرایط دمایی ۳۶ °C، pH حدود ۷ و میزان اکسیژن محلول ۲ mg/l به بررسی فرآیند شارون پرداختند. تحت این شرایط، متوسط غلظت آمونیوم و نیتريت در پساب کاهش یافت و به ترتیب ۷۷۵ mg N/l و ۱۲۲۵ mg N/l بود. حذف مواد آلی به آهستگی صورت می‌گرفت، زیرا اغلب مواد آلی در پیش تصفیه بی‌هوازی حذف شده بودند، درحالی‌که بدون پیش تصفیه پساب، بازده نیترات زایی جزئی کاهش یافت و میزان حذف مواد آلی به حدود ۲۸ درصد رسید. در مطالعات Wei et al. (2010) حذف هم‌زمان مواد

جدول ۲- استفاده از راکتور CSTR در فرآیند شارون

Table 2 Application of CSTR in SHARON process

مرجع	نیترات در فاضلاب خروجی (%)	بارگذاری N ( $\frac{kg\ N}{m^3.d}$ )	DO ( $\frac{mg}{L}$ )	SRT (d)	دما (°C)	pH	حجم راکتور (L)
(Fux et al. 2002)	ناچیز	0.56	2.7	1.1-5.18	29	6.2-6.7	2100
(Van Hulle et al. 2005)	-	1.5	-	1-1.5	35	7.1	2
(Udelt et al. 2003)	ناچیز	1.58	2.4-5	4.8	30	9.2	2.8
(Mosquera et al. 2005)	بدون نیترات	0.1	>2	1	35	7.5	3.2



آمونیم است (Hellings et al. 1998; Mulder et al. 2006). Paredes et al. (2007) در تحقیقات خود به این نتیجه رسید که در دمای بالای  $15^{\circ}\text{C}$ ، AOB سریع‌تر از NOB رشد می‌کند و در  $25^{\circ}\text{C}$ ، AOB پیروز رقابت است. Hellings et al. (1998) حداکثر نرخ رشد AOB را در محدوده دمایی  $15-55^{\circ}\text{C}$  و pH برابر ۷ ارزیابی کردند. آن‌ها دریافتند که در دمای کمتر از  $40^{\circ}\text{C}$  فعالیت زیست توده با افزایش دما افزایش، و در دمای بالای  $40^{\circ}\text{C}$  این فعالیت به سرعت کاهش می‌یابد. دلیل این امر کاهش فعالیت آنزیم مربوطه می‌باشد. باید بدانیم که دمای بالا فقط رشد AOB را بالا نمی‌برد بلکه می‌تواند اختلاف سرعت رشد بین AOB و NOB را گسترش دهد (Hellings et al. 1998; mulder et al. 2006).

#### ۴- نتیجه‌گیری

با توجه به مطالب ارائه‌شده، فرآیندهای جدید بیولوژیکی حذف نیتروژن نسبت به فرآیند مرسوم از مزایای مهمی برخوردارند. فرآیند مرسوم جهت انجام شوره‌سازی کامل به غلظت بالایی از اکسیژن نیاز دارد، درحالی‌که فناوری‌های جدید در شرایط بی‌هوازی یا اکسیژن محدود انجام‌پذیرند. لذا مصرف انرژی کاهش یافته و اقتصادی‌ترند. در فناوری‌های جدید نیاز به منابع کربنی به‌طور فراوانی کاهش یافته و میزان لجن تولیدی هم به دلیل سرعت رشد سلولی پایین، کمتر است. با شناسایی و بهینه‌سازی پارامترهای تأثیرگذار فرآیندهای حذف نیتروژن می‌توان به راندمان بالایی در حذف ترکیبات نیتروژنی از فاضلاب دست یافت. مقایسه‌ای از فرآیندهای حذف نیتروژن نیز ارائه شد.

#### Reference

- Achlesh D., Pang C. C., Kasturi D. and Jih L. (2015). Statistical analysis to evaluate the effects of temperature and pH on anammox activity. *Int. Biodeterior. Biodegrad.*, 102, 89-93.
- Achlesh D., Sin S., Yu H. and Jih L. (2012). Nitrogen removal from opto-electronic wastewater using the simultaneous partial nitrification, anaerobic ammonium oxidation and denitrification (SNAD)

pH اثر بگذارد، به همین خاطر بی‌کربنات ماده‌ای کلیدی جهت کنترل تبدیل آمونیم به نیتريت است (Ganigue et al. 2012). اکسیداسیون آمونیم به نیتريت، فرآیندی اسیدی است که با حضور بی‌کربنات در فاضلاب غنی از آمونیم، محیط به سمت خنثی شدن می‌گراید. در فرآیند شوره‌سازی، اکسایش آمونیم به نیتريت به ازای هر مول آمونیم، ۲ مول بی‌کربنات نیاز دارد (Hellings et al. 2003b; Paredes et al. 2007; Schmidt et al. 2003b). توجه به این مطلب ضروری است، زیرا اندکی تغییر در قلیائیت روی pH اثر می‌گذارد و حتی می‌تواند موجب توقف واکنش شود. اگر نسبت بی‌کربنات به آمونیم کنترل شود، آنگاه می‌توان غلظت نیتريت را تحت کنترل درآورد (Zhang Paredes et al. 2007; Van Dongen et al. 2001). (2008) جهت دستیابی به شوره‌سازی جزئی، یک مول بی‌کربنات را به ازای هر مول آمونیم بکار گرفتند و درواقع نسبت مولی یک‌به‌یک بین این دو ماده برقرار نمودند که منجر به تبدیل تقریبی ۵۰ درصدی آمونیم به نیتريت شد. بنابراین حفظ نسبت یک‌به‌یک آمونیم به نیتريت در پساب، می‌تواند به‌عنوان یک پیش‌تصفیه برای فرآیند تصفیه بی‌هوازی اکسیداسیون آمونیم مورد استفاده قرار گیرد (Giusti et al. 2011).

#### ۳-۲-۵- دما

دما به‌عنوان پارامتری مهم در فرآیند شارون مطرح است، زیرا بر سرعت رشد AOB و NOB تأثیر می‌گذارد. در دمای بالای  $15^{\circ}\text{C}$ ، AOB نسبت به NOB سرعت رشد ویژه بالاتری دارد، درحالی‌که در  $15^{\circ}\text{C}$ ، روند برعکس می‌باشد. در دماهای بالا ( $35^{\circ}\text{C}$ ) ماکزیمم آهنگ رشد ویژه اکسیدکننده‌های نیتريت تقریباً نصف اکسیدکننده‌های process in sequencing batch reactor. *Bioresour. Technol.*, 113, 225-231.

- Ahn Y. H., Hwang I. S. and Min K. S. (2004). Anammox and partial denitrification in anaerobic nitrogen removal from piggery waste. *Water Sci. Technol.*, 49, 145-153.
- Anjali G. and Sabumon P.C. (2014). Unprecedented development of anammox in presence of organic carbon using seed biomass from a tannery Common Effluent Treatment Plant (CETP). *Bioresour. Technol.*, 153, 30-38.

- Bagchi S., Biswas R. and Nandy T. (2010). Start-up and stabilization of an Anammox process from a non-acclimatized sludge in CSTR. *J. Indus. Microbiol. Biotechnol.*, 37, 943–952.
- Bernet N., Dangcong P., Delgenes J.P. and Moletta, R. (2001). Nitrification under low dissolved oxygen concentration in a biofilm reactor. *J. Environ. Eng.*, 127, 266–271.
- Cema G., Wiszniowski J., Zabczynski S., Zablocka E., Raszka A. and Surmacz J. (2007). Biological nitrogen removal from landfill leachate by deammonification assisted by heterotrophic denitrification in a rotating biological contactor (RBC). *Water Sci. Technol.*, 55, 35–41.
- Chamchoi N., Nitisorvut S. and Schmidt J. E. (2008). Inactivation of ANAMMOX communities under concurrent operation of anaerobic ammonium oxidation (ANAMMOX) and denitrification. *Bioresour. Technol.*, 99, 3331–3336.
- Chang H. Q., Yang X. E., Fang Y. Y., Pu P. M., Li Z. K. and Rengel Z. (2006). In-situ nitrogen removal from the eutrophic water by microbial-plant intergrated system. *J. of Zhejiang Univ. Sci. B.*, 7, 521–531.
- Cho S., Takahashi Y., Fujii N., Yamada Y., Satoh H. and Okabe S. (2010). Nitrogen removal performance and microbial community analysis of an anaerobic up-flow granular bed Anammox reactor. *Chemosphere.*, 78, 1129–1135.
- Ciudad G., Rubilar O., Munoz P., Ruiz G., Chamy R. and Vergara C. (2005). Partial nitrification of high ammonia concentration as a part of a shortcut biological nitrogen removal process. *Process Biochem.*, 40, 1715–1719.
- Dalsgaard T. and Thamdrup B. (2002). Factors controlling anaerobic ammonium oxidation with nitrite in marine sediments. *Appl. Environ. Microbiol.*, 68, 3802–3808.
- Dapena-Mora A., Fernandez I., Campos J.L., Mosquera-Corral A., Mendez R. and Jetten M.S.M. (2007). Evaluation of activity and inhibition effects on Anammox process by batch tests based on the nitrogen gas production. *Enzyme Microb. Technol.*, 40, 859–865.
- Dapena A., Vazquez J.R., Campos J.L., Mosquera A., Jetten M.S.M. and Mendez R. (2010). Monitoring the stability of an Anammox reactor under high salinity conditions. *J. Biochem. Eng.*, 51, 167–171.
- Diana Catalina R., Omaira R. and Gustavo Penuela M. (2011). Behavior of nitrifying and denitrifying bacteria in a sequencing batch reactor for the removal of ammoniacal nitrogen and organic matter. *Desal.*, 273, 447–452.
- Dosta J., Fernandez I., Vazquez-Padin J. R., Mosquera-Corral A., Campos J. L., Mata-Alvarez J. and Mendez R. (2008). Short- and long-term effects of temperature on the Anammox process. *J. Hazard. Mater.*, 154, 688–693.
- Egli K., Fanger U., Alvarez P. J., Siegrist H., Van Der Meer J. R. and Zehnder A. J. B. (2001). Enrichment and characterization of an anammox bacterium from a rotating biological contactor treating ammonium-rich leachate. *Arch. Microbiol.*, 175, 198–207.
- Fux C., Bohler M., Huber P., Brunner I. and Siegrist H. (2002). Biological treatment of ammonium-rich wastewater by partial nitrification and subsequent anaerobic ammonium oxidation (anammox) in a pilot plant. *J. Biotechnol.*, 99, 295–306.
- Fux C. and Siegrist H. (2004). Nitrogen removal from sludge digester liquids by nitrification/denitrification or partial nitritation/anammox: environmental and economic considerations. *Water Sci. Technol.*, 50, 19–26.
- Ganigue R., Lopez H., Balaguer M.D. and Colprim J. (2007). Partial ammonium oxidation to nitrite of high ammonium content urban landfill leachates. *Water Resour.*, 41, 3317–3326.

- Ganigue R., Gabarro J., Sanchez-Melsio A., Rusalleda M., Lopez H. and Vila X. (2009). Long term operation of a partial pilot plant treating leachate with extremel high ammonium concentration prior to an anammox process. *Bioresour. Technol.*, 100, 5624–5632.
- Ganigue R., Volcke E.I.P., Puig S., Balaguer M. D. and Colprim J. (2012). Impact of influent characteristics on a partial nitrification SBR treating high nitrogen loaded wastewater. *Bioresour. Technol.*, 111, 62–69.
- Gao D. W. and Tao Y. (2011). Versatility and application of anaerobic ammonium-oxidizing bacteria. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 91, 887–894.
- Garrido J.M., Van Benthum W.A.J., Van Loosdrecht M.C.M. and Heijnen J.J. (1997). Influence of dissolved oxygen concentration on nitrite accumulation in a biofilm airlift suspension reactor. *Biotechnol. Bioeng.*, 53, 168–178.
- Ghafari Sh., Hasan M. and Aroua M.K. (2008). Bio-electrochemical removal of nitrate from water and wastewater: A review. *Bioresour. Technol.*, 99, 3965–3974.
- Giusti E., Marsili-Libelli S. and Spagni A. (2011). Modelling microbial population dynamics in nitrification processes. *Environ. Model. Soft.*, 26, 938–949.
- Guibing Z., Yongzhen P., Baikun L., Jianhua G., Qing Y. and Shuying W. (2008). Biological Removal of Nitrogen from Wastewater. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.*, 192, 159–195.
- Guo Q., Xing B. - S., Li P., Xu J.L., Yang C.C. and Jin R.-C. (2015). Anaerobic ammonium oxidation (anammox) under realistic seasonal temperature variations: characteristics of biogranules and process performance. *Bioresour. Technol.*, 192, 765–773.
- Güven D., Dapena A., Kartal B., Schmid M.C., Maas B., Van de Pas-Schoonen K., Sozen S., Mendez R., Op den Camp H.J.M., Jetten M.S.M., Strous M. and Schmidt I. (2005). Propionate oxidation by and methanol inhibition of anaerobic ammonium-oxidizing bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.*, 71, 1066–1071.
- Hanaki K., Wantawin C. and Ohgaki S., (1990). Nitrification at low levels of dissolved oxygen with and without organic loading in a suspended-growth reactor. *Water Res.*, 24, 297–302.
- Hao X. D. and Heijnen J. (2002). Model-based evaluation of temperature and inflow variations on a partial nitrification–anammox biofilm process. *Water Res.*, 36, 4839–4849.
- Hellinga C., Schellen A.A.J.C., Mulder J.W., Van Loosdrecht M.C.M. and Heijnen J.J. (1998). The Sharon process: an innovative method for nitrogen removal from ammonium-rich wastewater. *Water Sci. Technol.*, 34, 135–142.
- Huosheng L., Shaoqi Z., Weihao M.G.H. and Bin X. (2012). Fast start-up of ANAMMOX reactor: Operational strategy and some characteristics as indicators of reactor performance. *Desal.*, 286, 436–441.
- Isaka K., Sumino T. and Tsuneda S. (2007). High nitrogen removal performance at moderately low temperature utilizing anaerobic ammonium oxidation reactions. *J. Biosci. Bioeng.*, 103, 486–490.
- Jenni S., Vlaeminck S. E., Morgenroth E. and Udert K.M. (2014). Successful application of nitrification/anammox to wastewater with elevated organic carbon to ammonia ratio. *Water Res.*, 49, 316–326.
- Jetten M. S. M., Wagner M., Fuerst J., Van Loosdrecht M., Kuenen G. and Strous M. (2001). Microbiology and application of the anaerobic ammonium oxidation (ANAMMOX) process. *Curr. Opin. Biotechnol.*, 12, 283–288.
- Jin R.C., Yang G.F., Yu J.J. and Zheng P. (2012). The inhibition of the Anammox process: A review. *Chem. Eng. J.*, 197, 67–79.



- Jin R. C., Zheng P., Mahmood Q. and Hu B.L. (2007). Osmotic stress on nitrification in an airliftbioreactor. *J. Hazard. Mater.*, 146, 148–154.
- Jin R.C., Zheng P., Hu A. H., Mahmood Q., Hu B. L. and Jilani G. (2008). Performance comparison of two anammox reactors: SBR and UBF. *Chem. Eng. J.*, 138, 224–230.
- Jin R. C., Xing B.S., Guo Q., Yang G.F., Zhang Z.Z., Li P. and Guo L.X. (2015). The properties of anaerobic ammonium oxidation (anammox) granules: roles of ambient temperature, salinity and calcium concentration. *Sep. Purif. Technol.*, 147, 311-318.
- Joo S. H., Kim D. J., Yoo I. K., Park K. and Cha G. C. (2000). Partial nitrification in an upflow biological aerated filter by  $O_2$  limitation. *Biotechnol. Lett.*, 22, 937–940.
- Kartal B., Koleva M., Arsov R., Van Der Star W. R. L., Jetten M. S. M. and Strous M. (2006). Adaptation of a freshwater Anammox population to high salinity wastewater. *J. Biotechnol.*, 126, 546–553.
- Kim J.D., Chang J.S., Lee D. I., Han D. W., Yoo I. K. and Cha G.C. (2003). Nitrification of high strength ammonia wastewater and nitrite accumulation characteristics. *Water Sci. Technol.*, 47, 45–51.
- Kuypers M.M.M., Slikers A.O., Lavik G., Schmid M., Jorgensen B. B., Kuenen J.G., Damste J.S.S., Strous M. and Jetten M.S.M. (2003). Anaerobic ammonium oxidation by anammox bacteria in the Black Sea. *Nature*, 422, 608-611.
- Liang Z. and Liu J.X. (2007). Control factors of partial nitritation for landfill leachate treatment. *J. Environ. Sci. (China)*, 19, 523–529.
- Liang Z. and Liu J. (2008). Landfill leachate treatment with a novel process: Anaerobic ammonium oxidation (Anammox) combined with soil infiltration system. *J. Hazard. Mater.*, 151, 202–212.
- Liao D., Li X., Yang Q., Zeng G., Guo L. and Yue X. (2008). Effect of inorganic carbon on anaerobic ammonium oxidation enriched in sequencing batch reactor. *J. Environ. Sci.*, 20, 940-944.
- Liu C.L., Yamamoto T., Nishiyama T., Fujii T. and Furukawa K. (2009). Effect of salt concentration in Anammox treatment using non woven biomass carrier. *J. Biosci. Bioeng.*, 107, 519–523.
- Liu S., Yang F., Xue Y., Gong, Z., Chen H., Wang T. and Su Z. (2008). Evaluation of oxygen adaptation and identification of functional bacteria composition for anammox consortium in non-woven biological rotating contactor. *Bioresour. Technol.*, 99, 8273-8279.
- Lotti T., Van Der Star W. R. L., Kleerebezem R., Lubello C. and Van Loosdrecht M. C. M. (2012). The effect of nitrite inhibition on the anammox process. *Water Res.*, 46, 2559-2569.
- Ma B., Peng Y., Zhang S., Wang J., Gan Y., Chang J., Wang S., Wang S. and Zhu G. (2013). Performance of anammox UASB reactor treating low strength wastewater under moderate and low temperatures. *Bioresour. Technol.*, 129, 606-611.
- Metcalf and Eddy. (2003). *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse*, Fourth Edition, McGraw-Hill Companies, New York, 1846 pp.
- Mook W., Chakrabarti M., Aroua M., Khan G., Ali B., Islam M. and Abu Hassan M. (2012). Removal of total ammonia nitrogen (TAN), nitrate and total organic carbon (TOC) from aquaculture wastewater using electrochemical technology: A review. *Desal.*, 285, 1-13.
- Mosquera-Corral A., Gonzalez F., Campos J. L. and Méndez R. (2005). Partial nitrification in a SHARON reactor in the presence of salts and organic carbon compounds. *Process Biochem.*, 40, 3109–3118.
- Muhammad A. and Satoshi O. (2015). Anammox-based technologies for

- nitrogen removal: Advances in process start-up and remaining issues. *Chemosphere*, 141, 144-153.
- Mulder J. W., Duin J. O. J., Goverde J., Poiesz W. G., van Veldhuizen H. M. and Van Kempen R. (2006). Full-scale experience with the sharon process through the eyes of the operators. *Water Environ. Found.*, 5256-5270.
- Ni S., GAO B. Y., Wang C. C., Lin J. G. and Sung S. (2011). Fast start-up, performance and microbial community in a pilot-scale anammox reactor seeded with exotic mature granules. *Bioresour. Technol.*, 102, 2448-2454.
- Ni S., Sung S., Yue Q. and Gao B. (2012). Substrate removal evaluation of granular anammox process in a pilot-scale upflow anaerobic sludge blanket reactor. *Ecol. Eng.*, 38, 30-36.
- Paredes D., Kuschik P., Mbwette T. S. A., Stange F., Muller R. A. and Koser H. (2007). New aspects of microbial nitrogen transformations in the context of wastewater treatment – A review. *Eng. Life Sci.*, 7(1), 13-25.
- Peng B. and Zhu G. (2006). Biological nitrogen removal with nitrification and denitrification via nitrite pathway. *Appl. Microbiol. iotechnol.*, 73, 15-26.
- Qiao S., Yamamoto T., Misaka M., Isaka K., Sumino T., Bhatti Z. and Furukawa K. (2010). High-rate nitrogen removal from livestock manure digester liquor by combined partial nitritation-anammox process. *Biodegradation.*, 21, 11-20.
- Ruiz G., Jeison D. and Chamy R. (2003). Nitrification with high nitrite accumulation for the treatment of wastewater with high ammonia concentration. *Water Res.*, 37, 1371-1377.
- Rysgaard S., Glud R. N., Risgaard-Petersen N. and Dalsgaard D. (2004). Denitrification and anammox activity in arctic marine sediments. *Limnol. Oceanogr.*, 49, 1493-1502.
- Sabumon P. C. (2007). Anaerobic ammonia removal in presence of organic matter: a novel route. *J. Hazard. Mater.*, 149, 49-59.
- Schmidt I., Sliemers O., Schmid M., Cirpus I., Strous M., Bock E., Kuenen J. G. and Jetten M. S. M. (2002). Aerobic and anaerobic ammonia oxidizing bacteria: competitors or natural partners. *FEMS Microbiol. Ecol.*, 39, 175-181.
- Schmidt I., Sliemers O., Schmid M., Bock E., Fuerst J., Kuenen J. G., Jetten M. S. M. and Strous M. (2003a). New concepts of microbial treatment processes for the nitrogen removal in wastewater. *FEMS Microbiol. lett.*, 27, 481-492.
- Schmid M., Walsh K., Webb R., Rijpstra I., Pas-Schoonen K.V.D., Verbruggen M. J., Hill T., Moffett B., Fuerst J., Schouten S., Damste J., Harris J., Shaw P., Jetten M. and Strous M. (2003b). Candidatus "Scalindua brodae" sp. nov., Candidatus "Scalindua wagneri" sp. nov., two new species of anaerobic ammonium oxidizing bacteria. *Syst. Appl. Microbiol.*, 26, 529-538.
- Schramm A., De Beer D., Gieseke A. and Amann R. (2000). Microenvironments and distribution of nitrifying bacteria in a membrane-bound biofilm. *Environ. Microbiol.*, 2, 680-686.
- Strous M., Van Gerven E., Kuenen J.G. and Jetten M.S.M. (1997). Effects of aerobic and microaerobic conditions on anaerobic ammonium-oxidating (Anammox) sludge. *Appl. Environ. Microbiol.*, 63, 2446-2448.
- Strous M., Heijnen J. J., Kuenen J.G. and Jetten M.S.M., (1998). The sequencing batch reactor as a powerful tool for the study of slowly growing anaerobic ammonium-oxidizing microorganisms. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 50, 589-96.
- Strous M., Kuenen J.G. and Jetten M.S.M. (1999a). Key physiology of anaerobic ammonium oxidation. *Appl. Environ. Microbiol.*, 65, 3248-3250.

- Strous M., Fuerst J.A., Kramer E.H.M., Logemann S., Muyze G., Van De Pas-Schoonen K.T., Webb R., Kuenen J.G. and Jetten M.S.M. (1999b). Missing litotroph identified as new plantomycete. *Nature.*, 400, 446–449.
- Szatkowska B. and Plaza, E. (2006). Temperature as a factor influencing the Anammox process performance. *Water Environ. Manag. Series.*, 12, 51–58.
- Terada A., Zhou S. and Hosomi M. (2011). Presence and detection of anaerobic ammonium oxidizing (anammox) bacteria and appraisal of anammox process for high strength nitrogenous wastewater treatment: a review. *Clean Technol. Environ. Policy.*, 13, 759–781.
- Trigo C., Campos J.M., Garrido J.M. and Mendez R. (2006). Start-up of the Anammox process in a membrane bioreactor. *J. Biotechnol.*, 126, 475–487.
- Udelt K. M., Fux C., Munster M., Larsen T. A., Siegrist H. and Gujer W. (2003). Nitrification and autotrophic denitrification of source-separated urine. *Water Sci. Technol.*, 48, 119–130.
- Van de graaf A. A., De bruijn P., Robertson L. A., Jetten M. S. M. and Kuenen J. G. (1996). Autotrophic growth of anaerobic ammonium-oxidizing micro-organisms in a fluidized bed reactor. *Microbiol.*, 142, 2187–2196.
- Van Dongen U., Jetten M.S.M., van Loosdrecht M.C.M. (2001). The Sharon–Anammox process for treatment of ammonium rich wastewater. *Water Sci. Technol.*, 44, 153–160.
- Van Hulle S.W.H., Van Den Broeck S., Maertens J., Villez K., Donckels B. M. R., Schelstraete G., Volcke E. I. P. and Vanrolleghem P. A. (2005). start-up and operation of a continuously aerated laboratory-scale SHARON reactor in view of coupling with an Anammox reactor. *Water SA.*, 31, 327–334.
- Van Hulle S. W. H., Volcke E. I. P., Teruel J. L., Donckels B., Van Loosdrecht M. C. M. and Vanrolleghem P. A. (2007). Influence of temperature and pH on the kinetics of the Sharon nitritation process. *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 82, 471–480.
- Van-Kempen R., Mulder J. W., Uijterlinde C. A. and Loosdrecht M.C.M. (2001). Overview: full scale experience of the SHARON process for treatment of rejection water of digested sludge dewatering. *Water Sci. Technol.*, 44, 145–152.
- Vazquez-Padin J. R., Figueroa I., Mosquera-Corral A., Campos J. L. and Méndez R. (2009). Post-treatment of effluents from anaerobic digesters by the Anammox process. *Water Sci. Technol.*, 60, 1135–1143.
- Vilar A., Eiroa M., Kennes C. and Veiga M.C. (2010). The SHARON process in the treatment of landfill leachate. *Water Sci. Technol.*, 61, 47–52.
- Wang T., Zhang H. M., Yang F. L., Fu S. T. Z. M. and Chen H. H. (2009). Start-up of the Anammox process from the conventional activated sludge in a membrane bioreactor. *Bioresour. Technol.*, 100, 2501–2506.
- Wang T., Zhang H.M., Gao D.W., Yang F.L., Yang S.A., Jiang T. and Zhang G.Y. (2011). Enrichment of Anammox bacteria in seed sludges from different wastewater treating processes and start-up of Anammox process. *Desal.*, 271, 193–198.
- Wang S., Peng Y., Ma B., Wang S., Zhu G. (2015). Anaerobic ammonium oxidation in traditional municipal wastewater treatment plants with low-strength ammonium loading: Widespread but overlooked. *Water Res.*, 84, 66–75.
- Wei S. H., Qing Y., GuoRi D., HongXun H., ShuJun Z., Ying Y.Y. and Yong P.Z. (2010). Achieving the nitrite pathway using FA inhibition and process control in UASB–SBR system removing nitrogen from landfill leachate. *Sci. China Chem.*, 53, 1210–1216.

- Wett B. (2007). Development and implementation of a robust deammonification process. *Water Sci. Technol.*, 56, 81-88.
- Yamamoto T., Takaki K., Koyama T. and Furukawa K. (2006). Novel partial nitrification treatment for anaerobic digestion liquor of swine wastewater using swim-bed technology. *J. Biosci. Bioeng.*, 102, 497-503.
- Yan J. and Hu Y.Y. (2009). Comparison of partial nitrification to nitrite for ammoniumrich organic wastewater in sequencing batch reactors and continuous stirredtank reactor at laboratory-scale. *Water Sci. Technol.*, 60, 2861-2868.
- Zhang L., Zheng P., Tang C. and Jin R. (2008). Anaerobic ammonium oxidation for treatment of ammonium-rich wastewaters. *J. Zhejiang Univ. Sci. B.*, 9, 416-426.
- Zhu G., Peng Y., Li B., Guo J., Yang Q. and Wang S. (2008). Biological Removal of Nitrogen from Wastewater. *Rev. Environ. Contam.*, 192, 159-195.

## Impact of Key Factors on ANNAMOX and SHARON Processes in Nitrogenous Wastewater Treatment

Seyed Mohammad Ali Masoudi<sup>1\*</sup>, Javad Sargolzaei<sup>2</sup> and Seyed Ardavan Hosseini<sup>3</sup>

<sup>1</sup>M.Sc., Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

<sup>2</sup>Professor, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

<sup>3</sup>B.Sc., Department of Chemical Engineering, School of Chemical, Petroleum & Gas Engineering, Shiraz University, Shiraz, Iran

\*Corresponding author: a.masoudi2010@stu.um.ac.ir

### Review Paper

Received: November 13, 2018

Revised: March 07, 2018

Accepted: September 09, 2018

### Abstract

Due to the environmental hazards, nitrogenous wastewater treatment is essential and important. In recent decades, novel biological processes such as Annamox and SHARON have developed which are cheaper and more effective compared to conventional processes. In the present study, several significant biological parameters such as temperature, pH, dissolved oxygen, organic carbon, salt concentration, nitrite concentration and sludge retention time (SRT) were investigated. The results showed that SHARON process lowered the need for carbon source while Annamox process without carbon source requirement, was implemented in anaerobic condition. The optimum pH for Annamox process was reported 6.7-8.3. Nitrite and salt concentrations were important control parameters to prevent Annamox bacterial activity. Desired temperature for the bacterial growth was 30-40 °C for Annamox and higher than 25 °C for SHARON, and process efficiencies were not directly related to SRT. Overall, the new biological processes of nitrogen removal were described promising due to the decrease in need for aeration and carbon source and are suitable alternatives for conventional processes.

**Keywords:** Wastewater treatment; Anaerobic; SHARON; ANNAMOX.