УДК 628.316.13

В.В. Маркин

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ВОЗМОЖНОСТИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОЧИСТКИ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД С ПОМОЩЬЮ ПРОБИОТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Пробиотические микроорганизмы потенциально перспективны в области очистки сточных вод для устранения неприятных запахов, снижения выделения токсичных газов, уменьшения бактериальной загрязненности сточных вод, интенсификации процессов очистки, сокращения объемов избыточного активного ила. Для определения эффективности пробиотиков в указанных целях, оптимальных доз и схем обработки пробиотиками сточных вод необходимы комплексные лабораторные и промышленные исследования.

Ключевые слова: очистка, сточные воды, пробиотики, микроорганизмы

Постановка проблемы. Очистка сточных вод является важнейшей задачей, выполнение которой позволяет уберечь окружающую природную среду от негативного техногенного воздействия и обеспечить благоприятную экологическую обстановку в местах проживания людей для их жизнедеятельности, сохранить водные, земные и воздушные ресурсы.

Основы очистки сточных вод были заложены еще в первой половине XX в. и с тех пор принципиально не изменились, лишь модернизировались и дополнялись. Однако, уровень развития различных отраслей промышленности (например, пищевой, химической, фармацевтической и др.) значительно возрос. В результате на канализационные очистные сооружения (КОС) городов и поселков вместе со сточными водами попадают ксенобиотики и органические вещества искусственного происхождения, стойкие к биоразложению, большие количества синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), тяжелые металлы. Определить присутствие трудноразлагаемых и не разлагаемых органических и минеральных загрязнений в сточных водах иной раз не представляется возможным, используя традиционные методы анализа (БПК, ХПК). Кроме того, в связи с уменьшением потребления воды населением наблюдается повышение концентрированности сточных вод по основным показателям (БПК, взвешенным веществам, аммонийному азоту). Увеличенная загрязненность, а в некоторых случаях и токсичность, приводит к недостаточной степени очистки сточных вод, сбоям в работе очистных сооружений. Особенно это касается Украины, где большая часть эксплуатируемых КОС построена 30-40 лет назад и в принципе не рассчитана на глубокую очистку сточных вод (например, по аммонийному азоту), тем более сточных вод с увеличенными количественными и качественными характеристиками загрязненности. При этом правилами охраны поверхностных вод и санитарными органами установлены достаточно "высокие" требования к качеству сбрасываемых сточных вод.

В данной ситуации актуальным является поиск решений, способных без значительных эксплуатационных и капитальных затрат на строительство новых или реконструкцию имеющихся КОС увеличить эффективность и стабильность очистки сточных вод. Одним из таких решений может быть использование пробиотических средств.

Целью данной работы является изучение возможности интенсификации процессов очистки сточных вод с помощью пробиотических средств.

Основной материал. Термин «пробиотик» (пер. с лат. pro bio — «для жизни») предложен Lilly D. M. и Stilwell R. H. в 1965 году в противоположность термину «антибиотик», что означает «против жизни» [1].

ВОЗ в 2002 году дала следующее определение пробиотикам: «Пробиотики — это живые микроорганизмы, которые при применении в адекватных количествах вызывают улучшение здоровья организма-хозяина» [2;3].

Начало эре пробиотиков положил И. И. Мечников, предложивший в 1907 году употребление молочнокислых продуктов, содержащих лактобациллы, для профилактики и лечения различных заболеваний желудочно-кишечного тракта, а также для предотвращения преждевременного старения и самоотравления организма.

В настоящее время пробиотические средства наиболее широко применяются в медицине и ветеринарии, благодаря обширному диапазону лечебно-профилактического действия и экологической безопасности. Условно влияния пробиотических бактерий можно разделить на три группы: 1) антимикробная активность (бактерицидное воздействие); 2) улучшение барьерной функции слизистой оболочки кишечника животного и человека; 3) иммуномодуляция [4].

Основными пробиотиками являются микроорганизмы, продуцирующие молочную кислоту (наиболее типичные представители нормальной микрофлоры человека) - бактерии родов Bifidobacterium, Lactobacillus, а также Escherichia, Enterococcus, Aerococcus или непатогенные спорообразующие микроорганизмы и сахаромицеты [5].

Пробиотики обладают высокой антагонистической активностью против большого спектра патогенных и условно-патогенных бактерий, способностью быстро нормализировать микрофлору кишечного и урогенитального трактов, благоприятно влиять на физиологические, биохимические и иммунные реакции организма человека [6-10].

Высокую эффективность пробиотических препаратов в медицине показывают многочисленные исследования в области гастроэнтерологии, дерматологии, акушерстве, гинекологии, стоматологии, при лечении заболеваний опорно-двигательного аппарата, ревматизма, туберкулеза, сахарного диабета и другой патологии [6;10;12-14].

Использование пробиотических средств для очистки сточных вод, наоборот, является сравнительно молодым направлением и не имеет ни широкого применения, ни значительной изученности.

В настоящее время существует несколько наиболее известных фирм–производителей, выпускающих пробиотические средства для очистки сточных или природных вод от загрязнений, есть также описания результатов их применения.

Так, например, на Бортнической станции аэрации г. Киева с июля по ноябрь 2011 года изучалось влияние пробиотического средства PIP WATER PLUS, производства бельгийской компании Chrisal, на процессы биологической очистки сточных вод [15].

Указанный препарат представляет собой жидкость, содержащую большое количество (6,36 млн на 1 мл) бактерий рода Bacillus: Bacillus subtilis, Bacillus subtilis var. amyloliquefaciens, Bacillus licheniformis, Bacillus pumilus, Bacillus megaterium, и ферментов.

Бактерии рода Bacillus вырабатывают антибактериальные вещества и являються антагонистами в отношении болезнетворных патогенов, способны производить широкий спектр ферментов, расщепляющих жиры, углеводы и клетчатку. При попадании в питательную среду они поглощают субстрат, не оставляя патогенным микроорганизмам возможности для развития.

Лабораторные и полупроизводственные испытания пробиотического средства PIP WATER PLUS осуществлялись на установках, моделирующих процессы движения сточных вод в канализационных коллекторах, первичного отстаивания и биологической очистки в аэротенках. На начальном этапе сточные воды предварительно обрабатывались пробиотиками дозой 40 мл на 1 м^3. Далее в течение 10 - 15 дней доза была снижена до 3-4 мл/м^3.

В результате испытаний получены следующие благоприятные эффекты пробиотиков на процессы очистки сточных вод:

- значительное снижение фекального запаха после 1 часа контакта сточных вод с пробиотиками и практически полное устранение запаха после 10-12 часов контакта;
- снижение ХПК после первичного отстаивания в среднем на 65 % (снятие ХПК в первичных отстойниках на Бортнических КОС по среднегодовым данным составляет 24 %);
- улучшение осаждаемости осадков: взвешенных веществ в осветленной воде становится меньше в среднем на 80 % (на существующих КОС - около 50 %);
- резкое снижение содержания азота аммонийного в биологически очищенной воде (до концентраций в десятые доли мг/дм^3);
- уменьшение общего микробного числа (МАФАМ) на 2 порядка, количества кишечной палочки на 1 порядок;
- снижение концентрации сероводорода при добавлении пробиотических микроорганизмов после прохождения сточных вод в коллекторе составило в среднем 60 % (что подтверждает способность пробиотиков снижать выделение дурно пахнущих, токсичных газов).

Гидробиологический контроль в процессе экспериментов отрицательного влияния пробиотического средства на микроорганизмы активного ила не выявил.

Один литр PIP WATER PLUS стоит около 150 грн. Соответственно, стоимость обработки 1 м^3 сточных вод при дозе пробиотика 3-4 мл/м^3 составляет приблизительно 0,5 грн.

Еще одним пробиотическим средством для очистки сточных вод является препарат «Оксидол», разработанный компанией Agranco Corp. (США).

Указанный препарат представляет собой высушенную смесь пробиотиков и ферментов, предназначенных для быстрого разрушения органических веществ в сточных водах, что позволяет ускорить процессы их разложения и существенно снизить обычные анаэробные процессы, которые сопровождаются выделением неприятных запахов и токсичных газов (аммиака, сероводорода, метана). Кроме того, по утверждению производителя «Оксидол» способствует выработке в очищаемой воде кислорода и тем самым создает возможность для частичного сокращения подачи воздуха в аэротенк и экономии электроэнергии.

В состав «Оксидола» входят бактерии родов: Bifidobacterium Longum, Bifidobacterium Thermophilum, Bacillus Subtilus, Lactobacillus Acidofillus, а также ферменты: целлюлаза, протеаза, амилаза, пектиназа и фитаза. В 1 кг препарата содержится 90000 млн КОЕ каждого из четырех видов микроорганизмов.

В 2011 году на КОС г. Череповца были осуществлены опытно-промышленные исследования по использованию «Оксидола» на стадиях механической и биологической очистки сточных вод [16;17]. Рабочий раствор препарата подавался в канал перед первичными отстойниками. Испытания продолжались в течение 292 дней. Доза пробиотического средства составила 0,25 мг на дм^3 сточной жидкости на начальном этапе и далее была поэтапно снижена до 0,02 мг/дм^3. Параллельно уменьшалось количество воздуха, подаваемого в аэротенки. За время исследования наблюдалась высокая эффективность снятия загрязнений по ХПК, БПК, аммонийному азоту, фосфору, взвешенным веществам. Кроме того, применение пробиотического средства позволило снизить расход воздуха, подаваемого в аэротенки, и уменьшить затраты на электроэнергию на 50% при более высокой эффективности очистки сточных вод. Стоимость 1 кг «Оксидола» составляет около 3 тыс. грн. Обработка 1 м^3 сточной жидкости дозой 20 мг/м^3 обойдется примерно в 0,06 грн.

Американская фирма SCD Probiotics производит пробиотический препарат SCD Odor Away, предназначенный для снижения уровня запахов и интенсификации процессов очистки сточных вод в анаэробных и аэробных условиях, сокращения количества патогенов, а также уменьшения объемов и улучшения структуры образующихся осадков.

Пробиотик SCD Odor Away применялся для очистки сточных вод сыромолочного производства ОАО «Шилутес рамбинас» в 2009 году [18]. Очистке подвергалась смесь промывных вод и молочной сыворотки в емкостях без перемешивания в анаэробных условиях при температуре около 17 ^{0}С. В начале процесса загрязнение сточных вод по взвешенным веществам достигало 2,6 г/дм^3, по БПК$_7$ - 6,3 г/дм^3, по ХПК – 12 г/дм^3, по общему азоту – 228 мг/дм^3. После 5 дней применения пробиотиков концентрации загрязнений снизились соответственно до 172 мг/дм^3, 2,1 г/дм^3, 4,1 г/дм^3, 113 мг/дм^3. Доза жидкого пробиотического средства составляла 1 л на 10 м^3 сточных вод.

SCD Odor Away применялся также для обезвреживания концентрированных биоразлагаемых сточных вод промышленного производства [18]. За 2 дня анаэробной обработки концентрации загрязнений в сточных водах снизились: БПК$_7$ - с 4,7 до 0,3 г/дм^3, ХПК - с 12,7 г/дм^3 до 0,8 г/дм^3. Доза пробиотика составляла 1 дм^3 на 20 м^3 стоков. Стоимость 1 дм^3 SCD Odor Away – 75 грн.

Другое пробиотическое средство SCD Bio Klean было применено на очистных сооружениях г. Лович (Польша) в 2006 году для уменьшения объемов образующихся осадков и повышения эффективности очистки сточных вод [19]. Пробиотик смешивался с активным илом, отделенным после вторичного отстаивания. В результате использования пробиотика количество образующихся осадков сократилось на 25 %. Также наблюдалось улучшение качества очистки стоков по основным показателям (БПК очищенной воды снизилось с 13,2 до 7,37 мг/дм^3, ХПК – с 76,6 до 64,5 мг/дм^3, содержание взвешенных веществ – с 52 до 15 мг/дм^3).

Обработка возвратного и избыточного активного ила этим же пробиотическим препаратом на КОС г. Турек (Польша) позволила получать очистку сточных вод с показателями, сниженными на 40-65% от первоначальных. Кроме того, значительно уменьшился уровень неприятных запахов на очистных сооружениях и появилась возможность отказаться от используемого ранее известкования избыточного активного ила, так как он содержал меньше патогенных микроорганизмов и имел более стабилизированную структуру [20].

SCD Bio Klean применялся на очистной станции в Мохали (Индия) для экономии расхода электроэнергии на аэрацию сточных вод [21]. В результате применения пробиотиков потребление электроэнергии удалось снизить в среднем на 54%. Показатели очистки при этом остались на прежнем уровне, однако неприятные запахи на площадке КОС были практически полностью устранены, а также снизилось количество избыточного ила. Стоимость обработки 1 м^3 сточных вод составила 0,013 дол. США.

С 2011 года на очистной станции в г. Канзас (США) применялся пробиотический препарат SCD Odor Away, который вводился после первичного отстаивания сточной жидкости [22]. Суточная производительность очистных сооружений – около 500 м^3/сут. В результате использования пробиотика объем образующихся осадков уменьшился на 68%. Стоимость обработки составляла 1 дол. США на 1 м^3 сточных вод в первые 30 дней, далее доза пробиотика была снижена и стоимость обработки составила 0,24 дол. США на 1 м^3.

Выводы. Таким образом, на сегодняшний день пробиотические бактерии широко используются в лечебных и профилактических целях в медицине и ветеринарии. Наработана и продолжает нарабатываться большая база научных данных об их применении, клинических испытаниях. В то же время использование пробиотиков в процессах очистки сточных вод малоизученное направление, которое только начинает развиваться.

Перспективными являются исследования пробиотических препаратов на предмет достижения следующих целей:

- снижения образования токсичных, дурно пахнущих газов и уменьшения бактериальной загрязненности сточных вод (улучшение экологической ситуации на очистных сооружениях и канализационных насосных станциях, а также прилегающих к ним территориях);

- интенсификации очистки сточных вод без необходимости реконструкции очистных сооружений и значительных капитальных затрат;

- уменьшения количества избыточного активного ила за счет снижения его влажности;

- улучшения структуры и уменьшения бактериальной загрязненности сырых осадков и избыточного активного ила (такие осадки более привлекательны как потенциальные органоминеральные удобрения);

- устранения из схемы очистки обеззараживания очищенных стоков хлорреагентами (защита окружающей природной среды от образования труднорастворимых канцерогенных хлорорганических веществ).

Для определения наиболее эффективных схем обработки сточных вод пробиотиками и доз различных пробиотических препаратов, которые, имея общую основу, все же отличаются по составу, необходимы комплексные лабораторные и промышленные исследования.

Литература

1. Lilly D. M. Probiotics: growth-promoting factors produced by microorganisms [Text] / D. M. Lilly, R. H. Stillwell // Science. — 1965. — Т. 147. – №. 3659. – С. 747-748.

2. Ладодо К. С. Использование продуктов про- и пребиотического действия в детском питании [Текст] / Ладодо К. С, Боровик Т. Э, Скворцова В. А. // Вопросы современной педиатрии. - 2006 – Т. 5. – №. 6. – С. 64-70.

3. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation on Evaluation of Health and Nutritional Properties of Probiotics in Food Including Powder Milk with Live Lactic Acid Bacteria (October 2001).

4. Ng S. C. Mechanisms of action of probiotics: recent advances [Text] / S. C. Ng, A. L. Hart, M. A. Kamm, A. J. Stagg, S. C. Knight // Inflammatory bowel diseases. – 2009. – Т. 15. – №. 2. – С. 300-310.

5. Бондаренко В. М. Пробиотики, пребиотики и синбиотики в терапии и профилактике кишечных дисбактериозов [Текст] / Бондаренко В. М., Грачева Н. М. // Фарматека. – 2003. – Т. 7. – С. 56-63.

6. Алешкин В. А. Становление пробиотикотерапии в России [Текст] / Алешкин В. А., Афанасьев С. С., Поспелова В. В. и др. // Вестник РАМН. – 2005. – № 12. – С. 3 – 13.

7. Bermudez-Brito M. Probiotic mechanisms of action [Text] / M. Bermudez-Brito, J. Plaza-Diaz, S. Munoz-Quezada et. al. // Annals of Nutrition and Metabolism. – 2012. – Т. 61. – №. 2. – С. 160-174.

8. Hoffmann D. E. Science and regulation. Probiotics: finding the right regulatory balance [Text] / D. E. Hoffmann, C. M. Fraser, F. B. Palumbo et. al. // Science. — 2013, Oct 18. — 342(6156). — 314-5; doi: 10.1126/science.1244656.

9. Dongarra M. L. Mucosal immunology and probiotics [Text] / M.L. Dongarra, V. Rizzello, L. Muccio et. al. // Current allergy and asthma reports. – 2013. – Т. 13. – №. 1. – С. 19-26.

10. Landy J. Commentary: the effects of probiotics on barrier function and mucosal pouch microbiota during maintenance treatment for severe pouchitis in patients with ulcerative colitis [Text] / J. Landy, A. Hart // Alimentary pharmacology & therapeutics. – 2013. – Т. 38. – №. 11-12. – С. 1405-1406.

11. Гришель А. И. Пробиотики и их роль в современной медицине [Текст] / Гришель А. И., Кишкурно Е. П. // Вестник фармации. — 2009. — № 1 (43). — С. 90 - 93.

12. Воробьев А. А. Микроэкологические нарушения при клинической патологии и их коррекция бифидосодержащими пробиотиками [Текст] / Воробьев А. А, Бондаренко В. М, Лыкова Е. А. и др // Вестник РАМН. - 2004 а. - №2. - С.13 - 17.

13. Klaenhammer T. R. Probiotic bacteria: today and tomorrow [Text] / Klaenhammer T. R. // The Journal of nutrition. – 2000. – Т. 130. – №. 2. – С. 415S-416S.

14. Drisko J. A. Probiotics in health maintenance and disease prevention [Text] / Drisko J. A., Giles Ch. K., Bischoff B. J. // Alternative Medicine Review. – 2003. – Т. 8. – №. 2. - P. 143 - 155.

15. Протокол проведения научно-практических исследований «Изучение влияния пробиотических микроорганизмов на процессы биологической очистки сточных вод г. Киева и прилегающих городов и поселков Киевской области на сооружениях ПАО «АК «Киевводоканал» [Электронный ресурс] / ПАО «АК «Киевводоканал»;

рук. Кислый Н. И. – Киев, 2011. - 6 с. – Режим доступа: http://www.altehcom.com/upload/files/Otcet%20ocistki%20stocnih%20vod%20Kievvodocanal.pdf

16. Отчет о применении биорегенератора «Оксидол» на очистных сооружениях канализации МУП «Водоканал» (г. Череповец) [Электронный ресурс] / МУП «Водоканал»; рук. Прошин Э. А. – Череповец, 2011. – Режим доступа: http://wodoswet.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=37:per&catid= 19:pers&Itemid=43

17. Ильин С. Н. Наша миссия - сделать жизнь горожан качественной, а услуги доступными [Электронный ресурс] / Ильин С. Н. // Вода Magazine. – 2011. №2 (54). – Режим доступа: http://www.watermagazine.ru/journal/izdanie/4247-2011-11-30-13-33-17?Itemid=54&option=comcontent&id =4247:2011-11-30-13-33-17&view=article &layout=default&month=10& year=2011

18. Применение пробиотиков для очистки сточных вод [Электронный ресурс] : сайт компании «AVAI». - Режим доступа: http://www.avai.lt/index.php/ru/---/nuotek-valymas.html

19. Case Study Summary – Lowicz, Poland 2006 [Electronic resource] / Site company SCDprobiotics. – Режим доступа: http://www.scdprobioticstech.com/environmental/case-studies/2006-case-study-summary-lowicz-poland-52

20. Case Study Summary – Turek, Poland 2005 [Electronic resource] / Site company SCDprobiotics. – Режим доступа: http://www.scdprobioticstech.com/environmental /case-studies/2005-case-study-summary-turek-poland-51

21. Case Study Summary – Saving Energy in WWTP, India ECOSYSTEM TECHNOLOGY 2007 [Electronic resource] / Site company SCD probiotics. – Режим доступа: http://www.scdprobioticstech.com/environmental/case-studies/2007-case-study-summary-saving-energy-in-wwtp-india-ecosystem-technology-250

22. Case Study Summary – Rocky Branch – Kansas City, MO, USA 2011 [Electronic resource] / Site company SCD probiotics. – Режим доступа: http://www.scdprobioticstech.com/environmental/case-studies/2011-rocky-branch-case-study-summary-55/

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. кафедры городского строительства и хозяйства А. Я. Найманов, Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, Макеевка

Автор: МАРКИН Вячеслав Владимирович
Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, аспирант
Email - v.markin1987@gmail.com

МОЖЛИВОСТІ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ОЧИСТКИ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОБІОТИЧНИХ ЗАСОБІВ

В. В. Маркін

Пробіотичні мікроорганізми потенційно перспективні в галузі очистки стічних вод для усунення неприємних запахів, зниження виділення токсичних газів, зменшення бактеріальної забрудненості стічних вод, інтенсифікації процесів очищення, скорочення обсягів надлишкового активного мулу. Для визначення ефективності пробіотиків у зазначених цілях, оптимальних доз і схем обробки пробіотиками стічних вод необхідні комплексні лабораторні та промислові дослідження.

Ключові слова: *очистка, стічні води, пробіотики, мікроорганізми*.

POSSIBILITIES OF INTENSIFYING OF URBAN WASTEWATER TREATMENT USING PROBIOTIC AGENTS

V. Markin

Probiotic agents are widely used in the medicine and the veterinary, due to an extensive range of therapeutic and prophylactic action and environmental safety. At the same time the use of probiotic agents for wastewater treatment, in contrast, is a relatively new trend and has neither a wide application, nor a significant study. Nevertheless, probiotic microorganisms potentially are perspective in the field of wastewater treatment to eliminate odors, decrease excretion of toxic gases, reduce bacterial contamination of wastewater, for intensification of treatment processes, reduction of volumes activated sludge. To determine the effectiveness of probiotics for the specified purposes, the optimum dose and schemes probiotic treatment wastewater requires comprehensive laboratory and industrial research.

Keywords: *treatment, wastewater, probiotics, microorganisms*