

А.М. Марченко, Г.Н. Пшинко, В.Я. Демченко, В.В. Гончарук

## ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД БАКТЕРИЯМИ, ОКИСЛЯЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТНУЮ СЕРУ

Институт коллоидной химии и химии воды  
им. А.В. Думанского НАН Украины, г. Киев  
marchenkoolm@gmail.com

*Проведены эксперименты по бактериальному выщелачиванию тяжелых металлов из аэробно стабилизированного избыточного активного ила Бортнической станции аэрации г. Киева при добавлении элементной серы как стимулятора активности тионовых ацидофильных бактерий. Показано, что снижение pH осадков в течение процесса является определяющим фактором эффективности выщелачивания тяжелых металлов.*

**Ключевые слова:** бактериальное выщелачивание, осадок сточных вод, тионовые ацидофильные бактерии, тяжелые металлы, элементная сера.

**Введение.** Реагентные методы выщелачивания тяжелых металлов (ТМ) из осадков сточных вод (ОСВ) гарантированно результативны, но сопровождаются значительной потерей питательных веществ (N, P, K) и достаточно затратны [1, 2]. Бактериальное выщелачивание (био-выщелачивание) ТМ из ОСВ характеризуется гораздо меньшей потерей питательных веществ [2 – 6], однако его до сих пор не удалось выполнить без использования каких-либо реагентов [2, 7]. В работах данного направления обрабатывают аэробно или анаэробно стабилизированный избыточный активный ил, имеющий высокое содержание ТМ, которые необходимо извлекать из твердой фазы ОСВ для его безопасного использования в качестве сельскохозяйственного удобрения [2, 7 – 9].

Принцип извлечения ТМ из ОСВ с помощью бактерий *Acidithiobacillus thiooxidans* [10] аналогичен бактериальному выщелачиванию металлов из руд [11]. Из-за малых концентраций общей серы в анаэробно и аэробно стабилизированных ОСВ [3] необходимо добав-

© А.М. Марченко, Г.Н. Пшинко, В.Я. Демченко, В.В. Гончарук, 2015

этого снижается рН осадков, что является определяющим фактором для эффективности выщелачивания ТМ.

**Резюме.** Проведено експерименти з бактеріального вилуговування важких металів з аеробно стабілізованого надлишкового активного мулу Бортницької станції аерації м. Києва при додаванні елементної сірки як стимулятора активності тіонових ацидофільних бактерій. Показано, що зниження рН осадів впродовж процесу визначає ефективність вилуговування важких металів.

*A.M. Marchenko, G.N. Pshinko, V.Ja. Demchenko, V.V. Goncharuk*

## **BIOLEACHING OF HEAVY METALS FROM SEWAGE SLUDGE BY SULFUR-OXIDIZING BACTERIA**

### Summary

Experiments on bioleaching of heavy metals from aerobically digested secondary sludge, produced in Bortnytska sewage treatment plant (Kiev), with addition of elemental sulfur as growth stimulant for acidophilic thiobacilli, were done. It is shown, that lowering of sludge pH during this process determines leaching effect for heavy metals.

### Список использованной литературы

- [1] *Ito A., Umita T., Aizawa J., Takachi T., Morinaga K.* // *Water Res.* – 2000. – **34**. – P. 751 – 758.
- [2] *Babel S., del Mundo Dacera D.* // *Waste Management.* – 2006. – **26**. – P. 988 – 1004.
- [3] *Tyagi R.D., Couillard D., Tran F.* // *Environ. Pollut.* – 1988. – **50**. – P. 295 – 316.
- [4] *Benmoussa H., Tyagi R.D., Campbell P.G.C.* // *Water Res.* – 1997. – **31**. – P. 2638 – 2654.
- [5] *Tyagi R.D., Blais J.F., Meunier N., Benmoussa H.* // *Ibid.* – 1997. – **31**. – P. 105 – 118.
- [6] *Zhang P., Zhu Y., Zhang G., Zou S., Zeng G., Wu Z.* // *Biores. Technol.* – 2009. – **100**. – P. 1394 – 1398.
- [7] *Pathak A., Dastidar M.G., Sreekrishnan T.R.* // *J. Environ. Manag.* – 2009. – **90**. – P. 2343 – 2353.

- [8] *Wong L., Henry J.H.* // *Water Sci. and Technol.* – 1984. – **17**. – P. 575 – 586.
- [9] *Marchenko O.M., Pshinko G.N., Demchenko V.Ja.* // *J. Water Chem. and Technol.* – **37**, N4. – С. 375 – 383.
- [10] *Waksman S.A., Joffe J.S.* // *J. Bacteriol.* – 1922. – **7**. – P. 239 – 256.
- [11] *Krebs W., Brombacher C., Bosshard P.P., Bachofen R., Brandl H.* // *FEMS Microbiol. Rev.* – 1997. – **20**. – P. 605 – 617.
- [12] *Blais J.F., Tyagi R.D., Auclair J.C.* // *Water Res.* – 1993. – **27**. – P. 101 – 110.
- [13] *Blais J.F., Tyagi R.D., Auclair J.C.* // *Ibid.* – 1993. – **27**. – P. 110 – 120.
- [14] *Tyagi R.D., Sreekrishnan T.R., Blais J.F., Campbell P.G.C.* // *Ibid.* – 1994. – **28**. – P. 2367 – 2375.
- [15] *Blais J.F., Tyagi R.D., Auclair J.C., Lavoie M.C.* // *Ibid.* – 1992. – **26**. – P. 487 – 495.
- [16] *Jain D.K., Tyagi R.D.* // *Biores. Technol.* – 1993. – **45**. – P. 33 – 41.
- [17] *Blais J., Meunier N., Mercier G., Drogui P., Tyagi R.* // *J. Environ. Eng.* – 2004. – **130**. – P. 516 – 525.
- [18] *Sreekrishnan T.R., Tyagi R.D.* // *Proc. Biochem.* – 1996. – **31**. – P. 31 – 41.
- [19] *Sreekrishnan T.R., Tyagi R.D., Blais J.F., Campbell P.G.C.* // *Water Res.* – 1993. – **27**. – P. 1641 – 1651.
- [20] *Кумок В.Н., Кулешова О.М., Карабин Л.А.* Произведения растворимости. – Новосибирск: Наука, 1983. – 266 с.
- [21] *Лурье Ю.Ю.* Аналитическая химия промышленных сточных вод. – М.: Химия, 1984. – 448 с.
- [22] *Kingsbury J.M., Barghoorn E.S.* // *Appl. Microbiol.* – 1954. – **2**. – P. 5 – 8.
- [23] *Atlas R.M.* Handbook of media for environmental microbiology. – [2<sup>nd</sup> ed.] – Boca Raton: CRC Press, 2005. – 664 p.
- [24] *The Prokaryotes.* – [3<sup>rd</sup> ed.] / Ed. M. Dworkin. – Singapore: Springer, 2006. – Vol. 5. – 919 p.
- [25] *Leathen W.W., Kinsel N.A., Braley S.A.* // *J. Bacteriol.* – 1956. – **72**. – P. 700 – 704.
- [26] *Егоров Н.С.* Руководство к практическим занятиям по микробиологии: Учеб. пособ. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 224 с.
- [27] *Waksman S.A.* // *J. Bacteriol.* – 1922. – **7**. – P. 605 – 608.
- [28] *Определитель бактерий Берджи: В 2-х т. / Под ред. Дж Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С. Уильямса.* – М.: Мир, 1997. – Т. 2. – 368 с.

Поступила в редакцию 06.08.2014 г.