

Пречистване на води от тежки метали посредством микробно генериран сероводород

Елица Бабанова

Abstract: Feasibility study for treatment of acidic water contaminated with heavy metals by microbial sulfide produced by immobilized sulfate-reducing bacteria in an anaerobic bioreactor.

Key words: filtration, sour water, heavy metals, sulfide, Sulfate-reducing bacteria, bioreactor

ВЪВЕДЕНИЕ

Един от най-тежките екологични проблеми е генерирането на кисели руднични води от находища на сулфидни минерали, насипища от рудна маса и отпадъкохранилища [3].

Утаяването на метали чрез микробно продуциран сероводород е алтернатива, която все по-често намира приложение при пречистване на води от тежки метали [1,2]. Микробно генерирания сероводород е продукт на процеса микробна сулфат-редукция, при който бактерии в анаеробни условия окисляват органични вещества до въглероден диоксид за сметка на редукцията на сулфати до сероводород [2].

Целта на настоящата работа е да се проучат възможностите за пречистване на кисели води от тежки метали посредством микробно генериран сероводород. За изпълнението ѝ е необходимо да се решат следните основни задачи:

- Да се извърши анализ на основните механизми и съоръжения, включени в пречистването на води, замърсени с тежки метали
- Да се конструира лабораторна инсталация за пречистване на води от тежки метали.
- Да се избере подходящ носител за имобилизиране на сулфат-редуциращи бактерии.
- Да се изследва влиянието на съотношението $\text{org.C}/\text{SO}_4^{2-}$ в хранителната среда и обемното натоварване на биореактора със сулфати върху скоростта на процеса сулфат-редукция, както и ефективността на отстраняване на йони на тежки метали от кисели синтетични разтвори при различни режими на работа на лабораторната инсталация.

ИЗЛОЖЕНИЕ

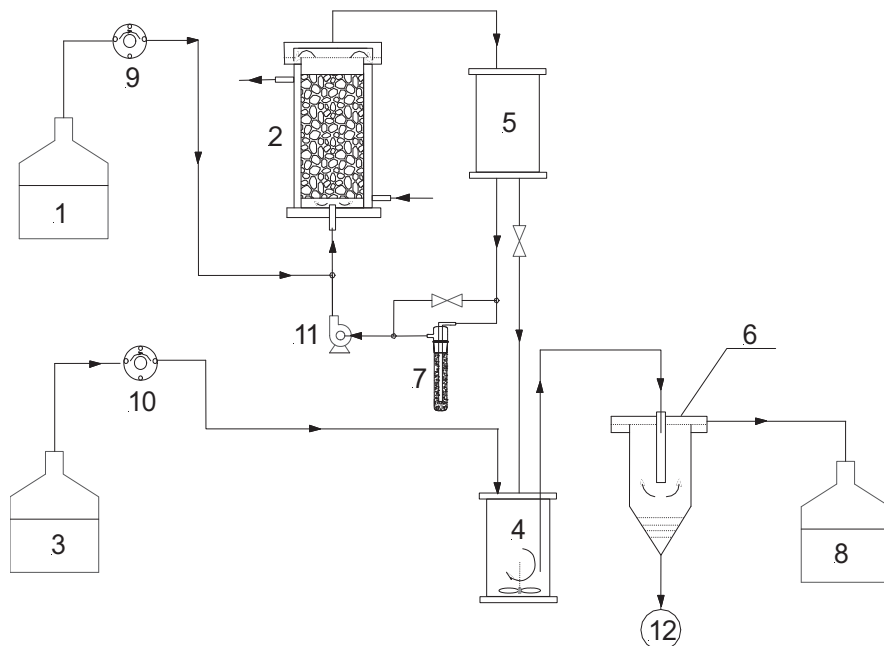
При определяне на оптималния носител за имобилизиране на биомаса от СРБ в серия лабораторни изследвания са тествани 3 варианта носители – стъклени перли, натрошен варовик и зеолит.

Таблица 1. Количество и характеристика на различните варианти инертни носители

Носител	Тегло, g	Плътност, g/dm ³	Специфична повърхност, m ² /g	Работен обем, cm ³	Геометричен обем, cm ³
стъклени перли	341.5	1605	0.001+	100	213
варовик	210	1300	0.022-0.031	100	161
зеолит	162	940	0.085-0.105	100	172

Най-добри резултати бяха получени при използването на зеолит като носител. Това е свързано с предоставянето на по-голяма специфична повърхност в сравнение с останалите 2 тествани материала.

Лабораторната инсталация за пречистване на води от тежки метали е представена на фиг.1. Анаеробният реактор (2) е запълнен с природен зеолит. Модифицирана хр. среда на Постгейт е добавена до пълното покриване на повърхността на зеолита. Инокулацията на анаеробния реактор е осъществена с 40 ml смесена култура на сулфат-редуциращи бактерии. След формиране на активен биофилм от СРБ започва подаване на хранителна среда в режим на непрекъснато култивиране на бактериите. Хранителната среда от резервоар (1) постъпва в биореактора с регулиран дебит посредством перисталтична помпа (9). Хомогенизирането в биореактора е осъществено посредством рециркуляционна помпа (11). Контактът между H_2S и разтворът на тежките метали се осъществява в химичния реактор (4). Разтворът на тежките метали се подава към химичния реактор чрез перисталтична помпа (10) от резервоар (3). Формираните неразтворими сулфиди на тежките метали се утаяват във вертикален утайтел (6), а изходящите от утайтеля води се събират в колекторен резервоар (8).



Фиг.1. Схема на лабораторна инсталация за активно третиране на води, замърсени с тежки метали

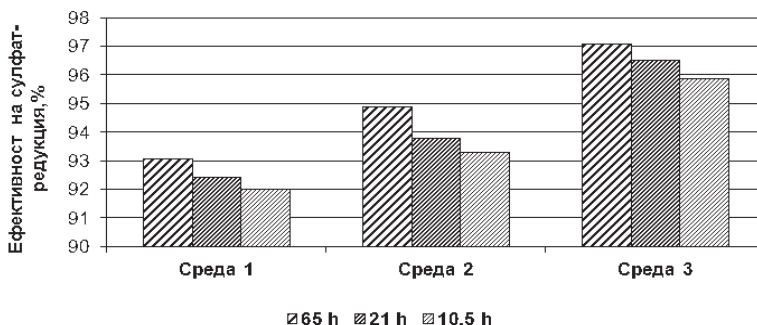
След подаването на хранителни среди към биореактора с различен химически състав е изследвано влиянието на съотношението между органичния въглерод и сулфатите, а именно - 0.46, 0.56 и 0.67 върху скоростта на процеса микробна сулфат-редукция. С нарастване на съотношението $org.C/SO_4^{2-}$ скоростта на процеса се увеличава. Най-висока ефективност на редукция на сулфат е установена при използване на хранителна среда вариант 3 или при съотношението $org.C:SO_4^{2-} - 0.67$.

При осигуряване на контактно време в интервал 10.5 - 194 h концентрацията на сулфатите в изходящия разтвор се поддържа ниска. По-нататъшното намаляване на контактното време на 6.9 и 5.3 h води до рязко повишаване на концентрацията на

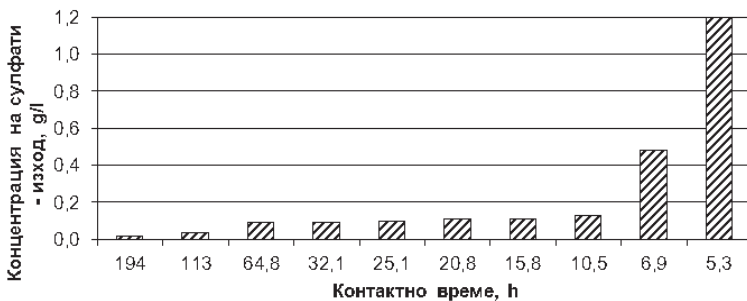
сулфати.

Максимална скорост на процеса сулфат-редукция е установена при поддържане на контактното време 6.9 h

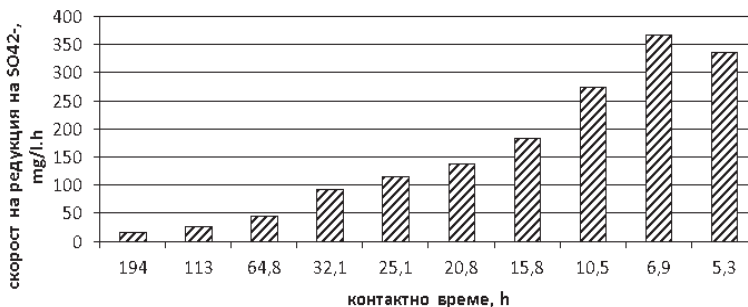
На фиг. 5 е представено влиянието на обемното натоварване на биореактора със сулфати върху скоростта на микробната сулфат-редукция. От графиката се вижда, че при повишаване на обемното натоварване на биореактора се достига до максимум в скоростта на процеса - 365 mg SO₄²⁻/l.h, след което се наблюдава спад.



Фиг. 2. Ефективност на процеса сулфат-редукция, в % при използване на три вида хранителни среди и различно контактното време



Фиг. 3. Влияние на контактното време върху остатъчната концентрация на сулфати



Фиг. 4. Влияние на контактното време върху скоростта на сулфат-редукция, mg/l.h

При установяване на обемното натоварване на химичния реактор с медни йони

върху степента на пречистване на водите от тежкия метал са изследвани три технологични режима, при които е променен дебита на захранване на химичния реактор с разтвор на купри йони и са поддържани константни концентрации постъпващ H_2S . При най-високото изследвано обемно натоварване на химичния реактор с куприйони – 0.214 g/l.h се постига едва 77 - 78 % пречистване на водите от тежкия метал. При намаляване на обемното натоварване на химичния реактор с куприйони на 0.180 g/l.h степента на пречистване нараства около 99%, но въпреки това, изходящите от инсталацията води съдържат мед (8 – 12 mg/l) значително над ПДК за води, използвани в промишлеността и селското стопанство. При обемно натоварване на химичния реактор с мед 0.146 g/l.h се постига пълно отстраняване на замърсителя от водите (99.99 %).



Фиг. 5. Влияние на обемното натоварване на биореактора със сулфати върху скоростта на процеса

Влиянието на обемното натоварване на химичния реактор с тежките метали Cu, Fe, Ni и Zn в концентрация всеки по 15 mM върху степента на отстраняване на замърсителите е установено чрез работа на инсталацията при четири технологични режима. При тях отново е променен дебита на захранване на химичния реактор с разтвора на метали и са поддържани константни концентрации постъпващ H_2S . При най-високото изследвано обемно натоварване на химичния реактор с тежки метали се постига едва 65 % отстраняване на замърсителите от водите. Намаляването на обемното натоварване на химичния реактор с тежки метали на 1.97 mM/l.h води до 71- 72% отстраняване на замърсителите от разтвора. Третият технологичен режим- обемно натоварване на химичния реактор 1.67 mM/l.h има за резултат 92- 93% отстраняване на замърсителите. При най- ниското изследвано обемно натоварване на химичния реактор 1.0 mM/l.h се постига пълно отстраняване на йоните на тежките метали.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- От изследваните материали (стъклени перли, варовик и зеолит) най-перспективен се оказа зеолитът.
- Конструирана е лабораторна инсталация за пречистване на води от тежки метали посредством микробно генериран сероводород.
- От изследваните хранителни среди с най-висока скорост процесът протича при съотношение орг.C/SO₄²⁻- 0.67.
- Максимална скорост на процеса сулфат-редукция – 365 mg SO₄²⁻/l.h е установена при поддържане на контактно време 6.9 h.
- Пречистени са и води, съдържащи тежките метали Cu, Fe, Ni и Zn с общо

съдържание 60 mM.

- За ефективно пречистване на води от тежки метали е необходимо в химичния реактор да се поддържа оптимално съотношение между концентрацията на тежките метали и тази на сероводорода, или след утаителя в инсталацията да се предвиди окислително стъпало, целящо отстраняване на излишния сероводород чрез окислението му до елементарна сяра.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Groudev, S.N., Georgiev, P.S., Spasova, I.I., Nicolova, M.V. Bioremediation of acid mine drainage in a uranium deposit. Hydrometallurgy 94 , 2008.
- [2]. L. L. Barton, W. A. Hamilton, Sulphate-reducing bacteria , 2007.
- [3]. Y. Gao, C.P. Feng, C. Liu, Municipal waste water treatment using sequencing batch biofilm reactor (SBBR), 2008.

За контакти:

маг. инж. Елица Бабанова, редовен докторант към катедра „Европеистика“, Русенски университет „Ангел Кънчев“, e-mail: ebabanova@uni-ruse.bg

Научни ръководители:

доц. д.н. Любомир Владимиров, катедра „ Екология и опазване на околната среда“, Русенски университет „Ангел Кънчев“ и гл. ас. д-р Мими Корнажева, катедра „Европеистика“, Русенски университет „Ангел Кънчев“.

Докладът е рецензиран.