

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ БИОСОРБЕНТА ИЗ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД В ЦЕЛЯХ РЕМЕДИАЦИИ ПОЧВ

О.Е. Хронюк, Т.В. Бауэр, В.Э. Болдырева

Южный Федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

Быстрое развитие промышленности и увеличение сельскохозяйственной, химической и энергетической продукции приводят к серьёзному загрязнению вод и почв, особенно тяжёлыми металлами, которые наносят вред окружающей среде и здоровью людей. Остро встает потребность развития устойчивых технологий. Адсорбция и иммобилизация являются перспективными методами ремедиации. Биоуголь – эффективный адсорбент с высоким содержанием углерода и большой удельной поверхностью, который производится из сельскохозяйственных и отходов. Одним из потенциальных источников для биоугля являются осадки сточных вод (ОСВ), однако высокое содержание влаги и тяжелых металлов (ТМ) снижает качество полученного биоугля и делает процесс энергоёмким. Смешивание отходов биомассы с ОСВ для совместного пиролиза может решить эту проблему. Добавление сельскохозяйственных и пищевых отходов снижает содержание влаги и ТМ, увеличивая углеродное содержание и улучшая пористую структуру биочара.

В данном исследовании был создан биосорбент из осадка сточных вод и соломы пшеницы, и его эффективность была проверена для ремедиации почв от ТМ, такого как Рb.

Сырьем служили частично обезвоженные и уплотненные после обработки на центрифуге иловые ОСВ городских канализационных очистных сооружений. Для получения биоугля (БОСВ) осадки сточных вод высушивали, после чего измельчали в фарфоровой ступке. Пиролиз проводили в высокотемпературной трубчатой печи с системой подачи газов. Осадки сточных вод загружали в цилиндрический реактор. Выдерживали при температуре 700 °С, скорость нагрева 10 °С/мин в течение 60 мин. После завершения процесса пиролиза реактор охлаждали, извлекали и взвешивали полученные образцы биоугля и определяли их физико-химические характеристики. Для выявления роли синергетического эффекта сопиролиза на качество продукта были получены образцы биосорбентов из осадков сточных вод и соломы пшеницы (БОСВ-СП), смешанных в соотношении 1:1 по массе.

Выявлено, что добавление лигнинсодержащей биомассы к ОСВ увеличивает площадь удельной поверхности $S_{\text{вет}}$ с 14,02 м²/г (БОСВ) до 25,31 м²/г (БОСВ-СП), уменьшает средний диаметр пор с 14,27 нм (БОСВ) до 11,72 нм (БОСВ-СП). При этом снижается соотношение Н/С и О/С, что повышает ароматичность и устойчивость к окислению образцов биоугля: 0,50 и 0,22 соответственно (БОСВ) против 0,38 и 0,17 соответственно (БОСВ-СП).

Сорбционную способность биосорбента по отношению к ТМ на примере Рb изучали в условиях лабораторного модельного эксперимента. Рабочие растворы готовили из нитратных солей металлов квалификации «ч.д.а.» в концентрациях 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 10 мМ/л. Массовое соотношение твердой и жидкой фаз составляло 1:10. Суспензии взбалтывали в течение часа и оставляли на сутки при температуре 298 ± 1 К. Затем суспензию фильтровали через фильтр «синяя лента». Концентрацию ионов ТМ в водном растворе определяли с использованием атомно-абсорбционного спектрометра «Квант-2». Из эмпирических данных были построены изотермы адсорбции и аппроксимированы уравнением Ленгмюра, при этом коэффициент детерминации имеют высокие значения ($R^2 = 0,972–0,979$). Установлено, что по максимальному количеству адсорбированных ионов (C_{∞} , мМ/кг), полученное из уравнения Ленгмюра, сорбенты расположены в ряду: БОСВ-СП (193,1) > БОСВ (126,3). Параметр, который указывает на степень закрепления ионов на поверхности углеродистой матрицы (Кл, л/мМ) имеет идентичные тенденции: БОСВ-СП (249,9) > БОСВ (110,5).

Таким образом, проведены сорбционные исследования поглощения ТМ синтезированным биосорбентом на основе осадков сточных вод с добавлением соломы пшеницы. Обнаружено, что сорбент, полученный в ходе сопиролиза обладает более высокими сорбционными характеристиками. Параметры уравнения Ленгмюра подтверждают эффективность применения биочара из осадка сточных вод с добавлением соломы пшеницы в целях поглощения ТМ на примере Рb.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 22-76-10054) в Южном федеральном университете