

УДК 502

ШАЙХИЕВ И.Г., профессор кафедры Инженерная экология (КНИТУ-КХТИ)
ДРЯХЛОВ В.О., доцент той же кафедры
г. Казань

**РАЗРАБОТКИ КАФЕДРЫ ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ В ОБЛАСТИ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

Все большие города сталкиваются с проблемой утилизации осадков сточных вод (ОСВ). В Российской Федерации за год образуется порядка 2 млн т осадков сточных вод по сухому веществу. В настоящее время в РФ до 99% ОСВ размещаются на иловых полях. Несмотря на то, что осадки сточных вод относят к малоопасным отходам (IV класс), последствия их хранения в местах удаления отходов создают экологические, экономические и социальные проблемы.

На основании вышеизложенного проведена нижеследующая работа с осадком сточных вод ООО «Водоканал» г. Альметьевска (Россия):

1-ый этап заключается в проведении агрохимического и микробиологического анализов;

2-ой этап — обеззараживание осадка биологически активным препаратом *Bacillus subtilis* 26Д;

3-ий этап — обезвреживание осадка негашеной известью. Проведение повторного агрохимического анализа;

4-ый этап — подготовка субстрата к высадке растений — смешение субстрата с цеолитом и почвогрунтом — получение компоста;

5-ый этап — высадка сидератов.

Проведённое исследование наглядно продемонстрировало возможность утилизации осадков городских очистных сооружений г. Альметьевска в компост и дальнейшего его использования для выращивания растений.

Одним из главных преимуществ предложенной методики является ее экологическая безопасность, поскольку она позволяет снизить уровень загрязнения окружающей среды за счет утилизации осадков сточных вод. Кроме того, использование компоста в качестве удобрения способствует улучшению состава почвы, обогащению ее питательными веществами и микроэлементами.

Не менее важной проблемой для больших городов является скопление большого количества листового опада. В этой связи проведены исследования по теме «Применение листового опада в качестве основы сорбционного материала при ликвидации аварийных разливов нефти с поверхности воды», целью которой обозначена минимизация негативного воздействия нефти на окружающую среду при ликвидации аварийных разливов на водной поверхности с помощью сорбционного материала на основе листового опада.

Проведённые изыскания основных параметров березового, тополиного, дубового и смешанного листовых опадов показали возможность их использования как сорбционного материала (СМ). Определено оптимальное время адсорбции нефти (5 минут); степень очистки поверхности воды составляет 91,4-98,9 %. В

зависимости от исходной концентрации нефти на поверхности воды изотермы адсорбции описываются уравнениями Лэнгмюра и Фрэндлиха (коэффициент корреляции 0,972-0,999). Кинетические зависимости соответствуют реакции первого порядка, при этом имеет место адгезия и физическая. Себестоимость листового опада как сорбционного материала составила 8600 рублей за тонну. Размер вреда, причинённый водному объекту в результате разлива нефти, составляет 3025 тыс. рублей; при этом укрупненная эколого-экономическая оценка ущерба, предотвращаемого в результате разлива 2 тонн нефти в акватории реки Волга на территории Республики Татарстан, составляет 1510 тыс. рублей.

Помимо листового опада, в настоящее время в сфере очистки сточных вод (СВ) представляют интерес отходы сельского хозяйства, так как они имеют ряд преимуществ: неограниченная сырьевая база, несложные способы получения и обезвреживания, дешевизна. Данное сырьё (рисовая, гречневая, ячменная шелуха, камышовая сечка, солома, соцветия тростника, скорлупа фруктовых косточек, кокосовых и миндальных орехов, шелуха лука, фруктовые корки, кукурузные початки (отходы), опавшая листва и т.д.) содержит в своем составе биологически активные вещества природного происхождения. По сравнению с химическим синтезом метод выделения активных веществ из сельскохозяйственного сырья выгоднее в большинстве случаев. Одновременно решается проблема обезвреживания отходов производства.

Сорбент на основе рисовой шелухи обеспечивает высокую эффективность процесса очистки СВ. СМ имеет разветвленное строение SiO_2 , что придает ему термическую устойчивость и прочность. По своему строению шелуха схожа с активированным углём (АУ), практически не содержит примесей, имеет большое содержание углерода. Следовательно, высокие сорбционные свойства, не уступающие показателям АУ, обеспечивают высокую эффективность глубокой очистки СВ от минеральных масел.

Кремнеуглеродсодержащий сорбент предложен в качестве СМ с высокой сорбционной емкостью. Получают его из лузги зерен риса; он представляет собой органическую матрицу многомерной пористой кремнеоксидной структуры с минеральной составляющей при весовом соотношении кремния к углероду, равном 1:4 – 5, и размером пор от 5 до 30 мкм. Новый сорбент характеризуется высокой сорбционной емкостью, что достигается за счет образования органоминерального продукта, в котором в качестве минеральной составляющей выступает кремнеоксидная составляющая.

Лузга гречихи может применяться для удаления тяжелых металлов из СВ, сбора технических масел с поверхности воды и т.д. Шелуха гречихи может являться ресурсообразующим компонентом как с экологической, так и с экономической точки зрения.

Также для очистки СВ от минеральных масел могут использоваться отходы производства соломы и других видов злаковых культур.

Шелуха, образующаяся при переработке овса — лёгкий материал с формой скорлупы, его сорбционная емкость составляет 5,1 кг/кг.

Так как в настоящее время сельская промышленность в разных регионах как Татарстана, так и России в целом достаточно развита, наиболее целесообразным

и рациональным является использование в качестве сорбента отходов сельскохозяйственных производств и отходов животноводческих производств и птицефабрик. Такие сорбенты доступны, эффективны и безопасны с точки зрения экологии. Также названные материалы не требуют особой подготовки перед использованием, что значительно снижает уровень затрат на процесс очистки СВ от нефти и нефтепродуктов (НП).

Помимо исследования сорбционных материалов, на кафедре Инженерная экология также активно развивается очистка сточных вод озоном. В процессе производственной деятельности предприятий химической и нефтехимической промышленности также образуются сернисто-щелочные сточные воды (СЩСВ), содержащие в своем составе высокие концентрации токсичных углеводородов (УВ), сульфид-ионы, карбонатные и сульфатные соли натрия, гидроксид натрия в различных концентрациях, обуславливающие высокие значения ХПК и щелочности.

Локальная очистка СЩСВ часто ограничивается ее нейтрализацией серной кислотой с последующим многократным разбавлением, что приводит к выделению сероводорода в атмосферу, вторичному загрязнению воды сульфат-ионами выше регламентируемых норм, а также увеличению объемов сточных вод.

Данная ситуация обуславливает необходимость внедрения стадии предварительной локальной очистки с целью удаления сульфидов, эмульгированных и растворенных углеводородов, снижения значения ХПК и щелочности, что при использовании традиционных технологий водоочистки требует больших финансовых затрат, которые могут себе позволить не все предприятия.

Особую актуальность приобретают исследования в области применения в качестве реагентов ионов переменной валентности, являющихся отходами гальванического производства, что не только имеет большое экономическое значение, но и приводит к решению проблемы минимизации образования сточных вод, содержащих токсичные соединения. В связи с этим целесообразно рассмотрение альтернативных методов решения проблемы очистки сточных вод от сульфидов, ионов тяжелых металлов (ИТМ) и углеводородов. Одним из наиболее рациональных направлений решения указанной проблемы является совместная очистка сульфидсодержащих сточных вод и гальванических стоков, содержащих в своем составе различные ИТМ, что приводит к их совместному осаждению с последующей доочисткой методом окисления озоно-воздушной смесью, где ИТМ могут выступать в качестве катализатора процесса.

В целом применение энергоресурсосберегающих технологий для снижения эмиссии отходов в окружающую среду с возможностью их частичного возврата в технологический цикл является оптимальным решением для предотвращения загрязнения и рационального использования ресурсов. Названным требованиям соответствуют и мембранные технологии, также исследуемые в рамках научно-исследовательской деятельности кафедры.

Искусственная мембрана, подобно клеточной, представляет собой барьер для нежелательных компонентов — загрязняющих веществ, задерживаемых в виде концентрата, выводимого из системы на дальнейшую утилизацию или ре-

куперацию; прошедший через поры очищенный фильтрат поступает на следующую стадию. Для изготовления мембранного фильтра используются различные полимеры (ацетат целлюлозы, полиэфирсульфон, полипропилен и т.д.), керамика, реже — металл и стекло. В качестве движущей силы чаще используется давление в ходе баромембранного разделения, в связи с чем по размеру пор и отделяемых частиц выделяют процессы микрофльтрации (размер пор более 100 нм), ультрафльтрации (2-100 нм) и обратного осмоса (менее 2 нм). Соответственно, с уменьшением размера пор увеличивается значение необходимого прикладываемого давления. Сами мембраны монтируются определенным образом в мембранный модуль рулонного, трубчатого, полволоконного или плоскопараллельного типа. Таким образом, ввиду многообразия форм исполнения мембранные технологии являются универсальным решением для очистки любого загрязняющего вещества с возможностью его рекуперации. Кроме того, эффективность процессов может превышать 99%, при этом оборудование занимает меньше площади и использует минимальное количество реагентов по сравнению с другими аппаратами.

Повсеместному внедрению рассматриваемых процессов препятствует их высокая стоимость, а также забиваемость фильтров в виде концентрационной поляризации поллютантов у поверхности мембран в ходе разделения. История исследований мембранных технологий основана на изучении борьбы с закупоркой пор. В качестве решения применяются:

1. предварительная очистка методами седиментации, фильтрования, сорбции, флотации, деэмульгирования;
2. корректировка параметров процесса — изменение pH, температуры, давления, режима потока (например, с тупикового на тангенциальный);
3. очистка мембран с помощью промывки водой или реагентов.

Альтернативным вариантом является предварительная модификация фильтров для придания им необходимых характеристик. Наиболее приемлемыми способами являются использование химических реагентов, применение радиации высоких энергий, плазмы, теплового воздействия, лазеров. Среди названных в экологии наибольшее распространение получили плазменные технологии, применяемые для утилизации отходов и получения семян повышенной урожайности за счет их обработки азотсодержащей плазмой. Плазменное воздействие заряженных частиц на поверхность обрабатываемого материала позволяет изменять его контактные свойства, что актуально и для полимерных мембран, повышение олеофобности для которых будет способствовать отталкиванию углеводородной фазы от поверхности фильтра в процессе его эксплуатации.

В рамках работ по исследованию плазмообработки мембран [1-5] проведены эксперименты по повышению устойчивости к замасливанию полисульфнамидных (ПСА) мембранных фильтров путем их предварительной модификации плазмой коронного и тлеющего разряда. В результате показано повышение эффективности полисульфнамидных мембран при разделении водомасляной эмульсии с 80,8 до 99,0%, а также увеличение производительности \approx в 10 раз в результате плазменной обработки. Выявленный эффект объясняется изменением

шероховатости фильтров, увеличением их смачиваемости и химической модификацией с образованием кислородсодержащих функциональных групп при воздействии плазмы как тлеющего разряда, так и коронного.

На основании представленных направлений научной деятельности кафедры Инженерная экология Казанского национального исследовательского технологического университета продемонстрировано стремление к решению природоохранных задач, в том числе в области городского хозяйства, что обуславливает возможность эффективного взаимодействия для обеспечения устойчивого развития.

Список литературы:

1. Дряхлов В.О. Модификация полимерных мембран коронным разрядом // Мембраны и мембранные технологии. - 2020. - № 3. - С. 205-214.
2. Шайхиев И.Г. Интенсификация разделения водомасляных эмульсий полисульфоамидными мембранами, обработанными в поле униполярного коронного разряда // Вестник Технологического университета. - 2015. - № 17. - С. 217-220.
3. Bonev B.S. Применение мембран для обработки флуидов (поток) 1. Морфология полимерных мембран // Вестник Казанского технологического университета. - 2013. - № 8. С. 181-185.
4. Fazullin D.D. Sewage treatment from heavy metal ions by the method of deposition, using sulfur-alkaline wastewater as a reagent // International Journal of Green Pharmacy. - 2017. - № 4. - С. S831-S835.
5. Shaikhiev I. G. Membrane treatment of water containing spent cooling fluids //Черные металлы. - 2020. - № 7. - С. 46-50.