

ПРИМЕНЕНИЕ ОТХОДОВ ЛЕСОПИЛЕНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОКОВ НА ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Т.А. Гаврилов, В.Д. Евстигнеев, М.И. Зайцева, Г.Н. Колесников, Ю.В. Никонова

Петрозаводский государственный университет (ФГБОУ ВО «ПетрГУ»), 185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, пр-т. Ленина, д. 33

gavrilov@petsu.ru

Совершенствование технологий лесопиления позволяет уменьшить количество отходов, однако полностью избавиться от них невозможно. От 11 до 19 % объема пиловочного сырья, в зависимости от способа пиления, превращается в опилки. Проблема рационального использования отходов лесопиления становится все более актуальной, поскольку в современных условиях возрастают требования к экономической эффективности и экологической безопасности производства. Опилки используют как топливо, в том числе как сырье для выпуска пеллет и топливных брикетов, а также в производстве строительных материалов, в гидролизной промышленности. Однако до 40 % опилок остаются бесхозными, создают опасность возникновения пожаров и, подвергаясь воздействию атмосферного воздуха, влаги, бактерий, грибов, насекомых и т. д., являются опасными с экологической точки зрения. Поэтому необходимо расширение спектра использования отходов лесопиления. Цель работы — повышение эффективности использования отходов лесопиления в качестве сорбентов в цилиндрических фильтрах поверхностных стоков на объектах транспортной инфраструктуры. Методология исследования базируется на подходах системного анализа, реализованных на общенаучном, конкретно-научном и технологическом уровнях с учетом как известных по литературе данных, так и разработок авторов. Приведен краткий обзор известных по литературе экспериментальных и теоретических исследований, результаты которых необходимы для достижения цели работы. Обоснована целесообразность использования отходов лесопиления в устройствах для очистки и фильтрации поверхностных стоков дорог. Предложено техническое решение радиального фильтра поверхностных стоков дорог, которое позволяет повысить эффективность очистки загрязненной воды. Новизна технического решения подтверждена результатами патентного поиска.

Ключевые слова: отходы лесопиления, опилки как сорбент, поверхностные стоки

Ссылка для цитирования: Гаврилов Т.А., Евстигнеев В.Д., Зайцева М.И., Колесников Г.Н., Никонова Ю.В. Применение отходов лесопиления для очистки поверхностных стоков на объектах транспортной инфраструктуры // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2018. Т. 22. № 2. С. 87–94.
DOI: 10.18698/2542-1468-2018-2-87-94

Совершенствование технологий лесопиления позволяет уменьшить количество отходов, однако полностью избавиться от них невозможно [1, 2]. Поскольку выпуск пиломатериалов неизбежно сопровождается появлением отходов, в современных условиях, характеризующихся возрастанием требований к экономической эффективности и экологической безопасности производства, становится все более актуальной проблема рационального использования отходов лесопиления. На актуальность проблемы указывает также рост числа публикаций по затронутой теме. Известен и продолжает развиваться ряд технологий использования отходов лесопиления [3, 4]. В данной статье рассматриваются вопросы, относящиеся к использованию отходов лесопиления как сорбентов в фильтрах для очистки поверхностных стоков от техногенных загрязнителей на объектах транспортной инфраструктуры. На таких объектах загрязнителями являются преимущественно нефтепродукты и вещества, образующиеся при их использовании в качестве источника энергии транспортных средств.

Для очистки поверхностных стоков от загрязнений нефтепродуктами применяются различные методы: механические, физико-химические, биохимические. В качестве сорбентов используются опилки, торф и другие, в том числе синтетические, материалы. Однако высокая стоимость синтетических сорбентов сдерживает их применение для извлечения загрязняющих веществ из водных сред, поэтому актуальной становится задача поиска альтернативных сорбционных материалов, в качестве которых в ряде работ рассматриваются отходы лесопиления [5–7].

Цель работы

Цель работы — повышение эффективности использования отходов лесопиления в качестве фильтрующего материала для очистки поверхностных стоков дорог от остатков использованных транспортными средствами горюче-смазочных материалов, которые могут включать в себя ионы тяжелых металлов. Методология исследования базируется на подходах системного анализа, реализованных на общенаучном, конкретно-на-

учном и технологическом уровнях с учетом как известных по литературе данных, так и разработок авторов.

Приведем краткий обзор известных по литературе экспериментальных и теоретических исследований, результаты которых необходимы для достижения декларированной выше цели работы.

Известно [5], что нефтеемкость опилок сосны обыкновенной составляет от 2,3 до 5,33 г/г. Известны способы модификации опилок (например, [8, 9]), которые позволяют улучшить их сорбционные характеристики, что, однако, повышает стоимость получаемого фильтрующего материала. Количество нефтепродуктов, задерживаемых опилками, зависит от продолжительности фильтрования. По экспериментальным данным [10], нефтеемкость опилок при 20 °С через 5 и 60 мин после начала эксперимента составила соответственно 2,52 и 2,58 г/г.

В работе [11] описано экспериментальное исследование поглощения нефтепродуктов с использованием в качестве сорбента воздушно-сухих опилок хвойных пород без их предварительной подготовки; при 20 °С через 5 минут были получены значения нефтеемкости 2,5 г/г, почти совпадающие с приведенными выше [10]: 2,52 г/г. Тем самым подтверждается адекватность результатов опытов. В то же время при сравнении этих данных с нефтеемкостью опилок ясеня [8] (4,14...4,9 г/г) заметно существенное влияние породы древесины в данном исследовании и, возможно, при очистке сточных вод от других поллютантов. Изучению этих возможностей посвящены, например, работы [12–14], в которых представлены способы использования опилок бука и других пород как сорбентов тяжелых металлов.

Сорбция фенола на осиновых опилках исследована в работе [15], в которой экспериментально определено, что максимальная сорбционная емкость нативных осиновых опилок по фенолу составляет 12,9 мг/г; модификация путем обработки опилок 5%-ным раствором серной кислоты увеличивает этот параметр до 43 мг/г. Способы использования опилок для очистки от фенола описаны также в статьях [16–18].

Комплекс других вопросов, относящихся к особенностям использования необработанных и модифицированных опилок как сорбентов для очистки сточных вод от различных загрязнений, рассмотрен в работах [16–19].

Таким образом, базируясь на представленных в литературе данных, можно констатировать, что отходы лесопиления могут быть использованы как достаточно эффективный сорбент для очистки сточных вод от загрязнений. Необходимо, однако, отметить, что существенное значение для повы-

шения эффективности извлечения поллютантов имеют не только способы модификации опилок и порода древесины, но и конструктивные особенности устройств, предназначенных для очистки стоков. В этой связи правомерно предположение, что совершенствование технических решений для очистки стоков позволит в определенной мере компенсировать не всегда достаточную сорбционную способность отходов лесопиления, а также повысить эффективность использования как нативных, так и модифицированных отходов, образующихся на лесопильных предприятиях.

Реализация процесса совершенствования технических решений предполагает необходимость анализа уровня техники, тенденций ее развития и конкурентоспособности, что наиболее эффективно осуществляется при исследовании патентной и другой информации. Рассмотрим в качестве примера анализ и генерацию на его основе нового предложения по совершенствованию устройства для очистки поверхностных стоков дорог с применением отходов лесопиления как фильтрующего материала.

По международной патентной классификации, данное техническое решение относится к устройствам для разделения фильтруемой среды и загрязняющих веществ фильтрующими элементами (МПК В01D 29/11), в том числе с использованием патронных фильтров съемного типа (МПК В01D 27/00). Область применения: безнапорная очистка поверхностных стоков дорог, образующихся при выпадении осадков и таянии снега. Поверхностные стоки дорог обозначены как фильтруемая среда, очистка которой от загрязнений выполняется с применением фильтрующей среды. Загрязнениями являются дисперсные минеральные и органические частицы и вещества, в том числе остатки использованных транспортными средствами горюче-смазочных материалов, ионы тяжелых металлов.

Материалы и методы

Известен фильтрующий патрон по патенту RU 157102 [20] для очистки сточной воды, представляющий собой цилиндрический корпус с непроницаемой боковой поверхностью и проницаемыми верхним и нижним концами, заполненный поглощающим материалом, который распределен по всему сечению фильтрующего патрона. Однако в данном патроне неэффективно используется поглощающий материал вследствие нерационального распределения в его объеме удерживаемых поглощающим материалом загрязнителей, содержащихся в поступающей на очистку воде, которая в процессе фильтрования под действием силы тяжести перемещается в направлении, параллельном продольной оси вертикально установленного фильтрующего патрона.

Существует фильтрующий патрон для очистки ливневых стоков по патенту RU 138579 [21], включающий фильтрующий материал в корпусе с опорным фланцем — кольцом из полиэтилена низкого давления, причем в корпус фильтрующего патрона встроена сквозная труба, на вершину которой установлен отвод на 180°. Но в данном фильтрующем патроне встроена сквозная труба имеет водонепроницаемую боковую поверхность и используется только для сброса избыточно большого объема поступающей в патрон воды. Кроме того, неэффективно используется фильтрующий материал вследствие нерационального распределения в его объеме удерживаемых фильтрующим материалом загрязнителей, содержащихся в поступающей на очистку воде, которая в процессе фильтрования под действием силы тяжести перемещается в аксиальном направлении, параллельном продольной оси вертикально установленного фильтрующего патрона.

Известен фильтрующий патрон по патенту RU 149627 [22], содержащий корпус и размещенный в корпусе сорбент. В корпусе предусмотрен байпас в виде трубы, через которую стоки, превышающие расчетные, а также стоки при засорении фильтрующего патрона отправляются на сброс по отводной трубе. В качестве байпаса используется корпус фильтра, изготовленный из полый спиральновитой трубы с водонепроницаемыми стенками.

Недостатком данного устройства является неэффективное использование фильтрующего материала по критерию грязеемкости вследствие неравномерного распределения загрязняющих веществ в процессе фильтрования, поскольку фильтруемая вода перемещается в аксиальном направлении, параллельном продольной оси вертикально установленного фильтрующего патрона, и по этой причине увеличение площади сечения, через которое проходит фильтруемая вода, возможно только за счет увеличения диаметра поперечного сечения корпуса фильтрующего патрона. Кроме того, увеличиваются габаритные размеры устройства.

Наиболее близким аналогом предлагаемого устройства для очистки поверхностных стоков дорог, выбранным в качестве прототипа, является устройство для очистки ливневых стоков по патенту US 5707527 [23], содержащее корзину, которая имеет наружную цилиндрическую водонепроницаемую стенку и внутреннюю водонепроницаемую стенку меньшего диаметра. Слой фильтрующего материала, способного поглощать загрязняющие вещества, расположен в пространстве между внешней и внутренней стенками. Внутреннее дренажное пространство определяется внутренней стенкой и сообщается по текучей

среде с фильтрующим материалом. Во время работы фильтруемая вода перемещается через наружную проницаемую стенку в радиальном направлении, в слой фильтрующего материала. Профильтрованная вода течет из слоя через внутреннюю стенку во внутреннее дренажное пространство. Обработанная вода затем вытекает из дренажного пространства. Фильтрующим материалом может быть активированный уголь, торф в форме гранул или более мелких частиц.

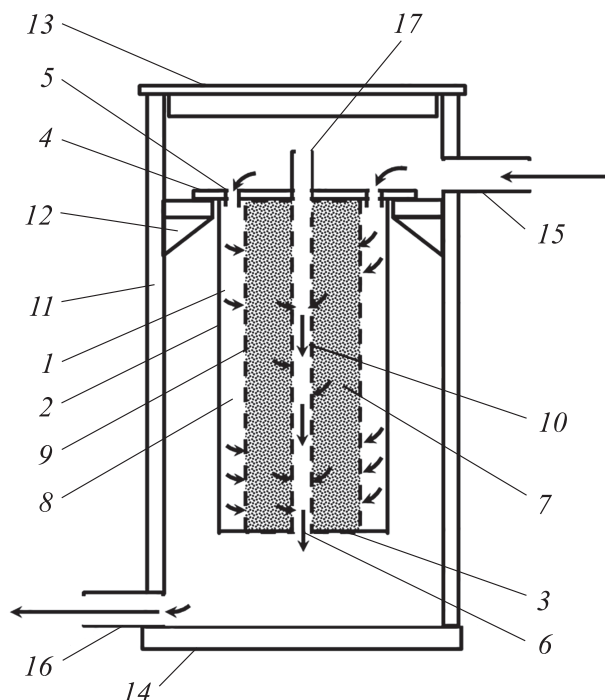
Однако данное устройство является недостаточно эффективным, поскольку наружная боковая поверхность устройства выполнена водонепроницаемой по всей ее площади, что требует подачи воды из резервуара, внешнего по отношению к устройству [23]. Необходимость такого резервуара усложняет конструкцию и эксплуатацию устройства.

Результаты и обсуждение

Предлагается устройство для очистки поверхностных стоков дорог [24], преимущества которого заключаются в повышении эффективности очистки и фильтрования стоков. Данные преимущества достигаются за счет того, что устройство содержит корзину в форме полого цилиндра с вертикально ориентированной продольной осью и водонепроницаемыми внешней и внутренней стенками, в котором кольцевой зазор между водонепроницаемыми стенками заполнен фильтрующим материалом, способным поглощать загрязняющие вещества сточных вод. При этом внутренняя водонепроницаемая стенка ограничивает дренажное пространство в форме цилиндра, в нижней части которого имеется отверстие для выхода профильтрованных стоков. Устройство снабжено корпусом в форме цилиндрической оболочки с водонепроницаемыми стенками, крышкой и днищем, между водонепроницаемой внешней стенкой корзины и водонепроницаемой стенкой корпуса выполнен кольцевой зазор, который сверху ограничен крышкой, причем в крышке выполнены входные отверстия, расположенные по окружности над кольцевым зазором, а снизу кольцевой зазор ограничен водонепроницаемым днищем. На рисунке приведена схема данного устройства.

Устройство для очистки поверхностных стоков дорог содержит вертикально установленный цилиндрический корпус 1 с водонепроницаемой стенкой 2, днищем 3 и крышкой 4. В крышке 4 выполнены входные отверстия 5 для фильтруемой среды. В днище 3 выполнено выходное отверстие 6 для фильтруемой среды.

Фильтруемая среда под действием силы тяжести от входных отверстий 5 в верхней части фильтра поступает в кольцевой зазор 8 и проходит через водонепроницаемую оболочку 9 в фильтру-



Фильтр для очистки поверхностных стоков дорог
The filter scheme

ющую среду, размещенную в кольцевом зазоре между водонепроницаемыми оболочками 9 и 10, к выходному отверстию 6. При этом движение фильтруемой среды ориентировано от водонепроницаемой коаксиально расположенной цилиндрической оболочки 9 большего диаметра к водонепроницаемой цилиндрической оболочке 10 меньшего диаметра. Прошедшая через фильтрующую среду 7 профильтрованная среда поступает к выходному отверстию 6, которое расположено в нижней части корпуса фильтра, при этом пространство движения фильтруемой среды ограничено водонепроницаемым цилиндрическим корпусом фильтра с дном 3 и крышкой 4. Фильтр устанавливают в колодце 11, который снабжен кольцевой опорой 12, крышкой 13 и дном 14, входным отверстием 15 и выходным отверстием 16. Для защиты от переполнения воду сбрасывают через постоянно открытый верхний торец трубы 17. С этой целью верхняя часть трубы, выступающая над крышкой 4, выполнена водонепроницаемыми стенками и с водонепроницаемым соединением крышки 4 по периметру трубы. Соединение по периметру нижнего торца трубы с крышкой 4 выполнено водонепроницаемым.

Все детали корпуса и водонепроницаемые оболочки могут быть изготовлены из полиэтилена низкого давления по стандартным технологиям. Фильтрующая среда может состоять, например, из торфа, опилок [25–27], нефтепоглощающего сорбента, активированного угля, нетканых синтетических материалов [28]. Число слоев филь-

трующей среды может быть от одного до трех. Водонепроницаемые стенки оболочек функционируют и как фильтрующие элементы. Колодец и его дно могут быть выполнены из железобетона или полимеров, крышка колодца — из полимеров или металла.

В процессе фильтрации с течением времени происходит накопление загрязнителей в фильтрующей среде, объем которой ограничен цилиндрическими оболочками 9 и 10. Радиус и высота оболочки 9 равны соответственно R и H , радиус и высота оболочки 10 — r и R . В предлагаемом устройстве фильтрующая среда находится в объеме полого цилиндра с внешним радиусом R , внутренним радиусом r и высотой H . Загрязнения накапливаются в фильтрующей среде постепенно и, как показывают опыты, послойно. По мере пропускания фильтруемой среды через фильтр концентрация загрязнений, удерживаемых фильтрующей средой, послойно уменьшается в радиальном направлении от периметра к центру. Поэтому именно на начальной стадии фильтрации необходим наибольший объем слоя фильтрующего материала. Данное требование выполняется, если фильтруемую среду направляют по радиусу от периметра фильтра к центру. На начальной стадии эксплуатации устройства загрязнения накапливаются в слое толщиной ΔR , т. е. загрязняется слой в форме полого цилиндра с внешним радиусом R , внутренним радиусом $(R - \Delta R)$ и высотой H . Это означает, что объем слоя при рассматриваемом радиальном фильтровании $V_1 = 2\pi R \Delta R H$. Поскольку объем слоя V_1 зависит от трех параметров — радиуса фильтра R , его высоты H и толщины слоя ΔR , то на стадии проектирования управлять геометрическими характеристиками фильтра, объемом V_1 и, следовательно, грязеемкостью слоя при постоянной его толщине можно, подбирая R и H . Тем самым устраняется недостаток известных фильтров, например, устройства [3], в котором слои фильтрующего материала располагают горизонтально, а фильтруемую среду направляют по вертикали вдоль продольной оси кассет с сорбентом. При такой конструкции повысить производительность фильтрующей установки можно за счет либо увеличения поперечных размеров кассет, либо уменьшения толщины слоев фильтрующего материала, что приведет к снижению качества очистки. Этот недостаток устранен в предлагаемом устройстве, в котором при прочих равных условиях производительность и другие характеристики фильтра могут быть улучшены за счет подбора высоты H фильтра или рационального соотношения R и H .

Если используется устройство [22], которое в отличие от радиального фильтра можно назвать

аксиальным и в котором толщина слоя равна ΔH , а объем слоя $V_0 = \pi R^2 \Delta H$, то при одной и той же толщине слоя $\Delta H = \Delta R$ соотношение объемов слоев, а значит, и соотношение значений их грязеемкости будет равно $V_1/V_0 = (2\pi R \Delta R H) / (\pi R^2 \Delta H) = 2H/R$. Данное соотношение показывает, что фильтрование в предлагаемом устройстве будет более эффективным при $V_1 > V_0$, т. е. если $2H > R$ или $H > 0,25D$, где D — диаметр фильтра; H — высота фильтра.

Таким образом, в предлагаемом устройстве с увеличением высоты фильтра его эффективность по критерию грязеемкости возрастает. Рациональной является форма фильтра в виде цилиндра с высотой, равной диаметру. С учетом ограничений, определяемых рельефом местности, архитектурно-конструктивными особенностями и другими факторами, возможна высота фильтра $H > D$, что повысит его производительность.

Выводы

Результаты исследований по использованию отходов лесопиления как сорбента вносят вклад в решение двух задач — рационального использования этих отходов и повышения эффективности очистки поверхностных стоков на объектах дорожной инфраструктуры.

Предложено техническое решение радиального фильтра поверхностных стоков дорог, которое позволяет повысить эффективность очистки и фильтрования загрязненной воды. Новизна данного решения подтверждена результатами патентного поиска [24].

Анализ литературы показал, что комплексная проблема использования отходов лесопиления как сорбента актуальна для предприятий лесопромышленного комплекса [2, 30]. Это объясняется увеличением выбросов загрязняющих веществ, образующихся при использовании нефтепродуктов в качестве источника энергии всё более мощных лесных машин и автомобильного транспорта [31, 32], а также необходимостью уменьшения техногенного воздействия на окружающую среду. Перспективы работы определяются необходимостью развития транспортной инфраструктуры лесопромышленного комплекса, повышения эффективности использования отходов переработки древесины с учетом требований экономической целесообразности и экологической безопасности [31].

Список литературы

- [1] Падерин В. Рентабельность лесопиления и проблемы развития лесопиления в России // ЛесПромИнформ, 2014. № 1 (99). URL: www.lesprominform.ru/jarchive/articles/itemshow/3572 (дата обращения 05.12.2017).
- [2] Сердитова Н.Е., Осетрова М.Л. Эколого-экономический анализ устойчивого лесопользования и развития предприятий целлюлозно-бумажной промышленности // Вестник Тверского гос. ун-та. Сер. География и геоэкология, 2016. № 1. С. 12–17.
- [3] Андреев А.А., Зайцева М.И., Колесников Г.Н., Чалкин А.А. Технологии использования отходов лесопиления для устойчивого развития приграничных регионов на севере России // Классический университет в пространстве трансграничности на Севере Европы: стратегия инновационного развития: Сб. матер. Междунар. форума. Петрозаводск, Петрозаводский гос. ун-т, 9–13 декабря 2014 г. Петрозаводск: ПетрГУ, 2014. С. 3–6.
- [4] Сафин Р.Г., Саттарова З.Г., Хабибуллин И.Г., Зиятдинов Р.Р., Степанова Т.О. Современные направления переработки лесных ресурсов // Вестник Казанского технологического ун-та, 2015. Т. 18. № 21. С. 90–93.
- [5] Шайхiev И.Г., Шайхиева К.И. Использование компонентов хвойных деревьев для удаления поллютантов из водных сред. Ч. 1: Сосновые // Вестник Казанского технологического ун-та, 2016. Т. 19. № 4. С. 127–141.
- [6] Шайхiev И.Г., Шайхиева К.И. Использование компонентов хвойных деревьев для удаления поллютантов из водных сред. Ч. 2: Еловые // Вестник Казанского технологического ун-та, 2016. Т. 19. № 5. С. 161–165.
- [7] Dakhil I.H. Removal of phenol from industrial wastewater using sawdust // Int. J. Engineering and Science, 2013, v. 3, no. 1, pp. 25–31.
- [8] Денисова Т.Р., Шайхiev И.Г., Сиппель И.Я. Увеличение нефтеемкости опилок ясеня обработкой растворами кислот // Вестник Казанского технологического ун-та, 2015. Т. 18. № 17. С. 233–236.
- [9] Дейнеко И.П., Симонова А.Н. Сорбционные свойства катионитов, полученных обработкой еловых опилок растворами серной кислоты // Химия растительного сырья, 2015. № 3. С. 35–42.
- [10] Цомбуева Б.В. Применение природных материалов в качестве сорбентов для очистки почв от нефтяного загрязнения // Современные проблемы науки и образования, 2014. № 6. С. 1800.
- [11] Евстигнеев В.Д. Технология подготовки, использования и утилизации отходов лесопиления как сорбента в технических средствах обеспечения экологической безопасности // StudArctic forum, 2016. № 1 (1). С. 14–17. DOI: 10.15393/j102.art.2016.102
- [12] Witek-Krowiak A. Application of beech sawdust for removal of heavy metals from water: biosorption and desorption studies // European J. Wood and Wood Products, 2013, V. 71, no. 2, pp. 227–236. DOI: 10.1007/s00107-013-0673-8
- [13] Putra W.P., Kamari A., Yusoff S.N.M., Ishak C.F., Mohamed A., Hashim N., Isa I.M. Biosorption of Cu (II), Pb (II) and Zn (II) ions from aqueous solutions using selected waste materials: Adsorption and characterisation studies // J. Encapsulation and Adsorption Sciences, 2014, v. 4, no. 1, pp. 25–35.
- [14] Singh R., Kaur R., Lal K., Rosin K. G., Srivastava M., Shukla A. Optimization of Chromium (VI) and Copper (II) Adsorption on Chemically Treated Sawdust Using Response Surface Methodology // Asian J. Chemistry, 2017, v. 29, no. 4, p. 728.
- [15] Галимова Р.З., Шайхiev И.Г., Алмазова Г.А. Изучение термодинамики сорбции фенола на осиновых опилках // Вестник Казанского технологического ун-та, 2016. Т. 19. № 1. С. 60–63.
- [16] Ingole R.S., Lataye D.H. Adsorptive removal of phenol from aqueous solution using activated carbon prepared from babul sawdust // J. Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste, 2015, v. 19, no. 4, pp. 04015002. DOI: 10.1061/(ASCE)HZ.2153-5515.0000271
- [17] Sahu O., Rao D. G., Gabbiye N., Engidayehu A., Teshale F. Sorption of phenol from synthetic aqueous solution by activated saw dust: Optimizing parameters with response

- surface methodology // *Biochemistry and Biophysics Reports*, 2017, v. 12, pp. 46–53.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.bbrep.2017.08.007>
- [18] Larous S., Meniai A.-H. The use of sawdust as by product adsorbent of organic pollutant from wastewater: adsorption of phenol // *Energy Procedia*, 2012, no. 18, pp. 905–914.
- [19] Сироткина Е.Е., Новоселова Л.Ю. Материалы для адсорбционной очистки воды от нефти и нефтепродуктов // *Химия в интересах устойчивого развития*, 2005. Т. 13. № 3. С. 359–377.
- [20] Фильтрующий патрон. Пат. RU 157102. МПК В01D 27/02. Оpubл. 20.11.2015, бюл. № 32.
- [21] Фильтрующий патрон для очистки ливневых стоков. Пат. RU 138579. МПК В01D 27/02; С02F 1/00; Е03F 5/14. Оpubл. 20.03.2014, бюл. № 8.
- [22] Фильтрующий патрон. Пат. RU 149627. МПК В01D27/02, С02F1/28. Оpubл. 10.01.2015. бюл. № 1.
- [23] Apparatus and method for treating storm water runoff. Pat. US 5707527. МПК В01D29/15, С02F1/28, Е03F5/16, Е03F5/14, С02F1/42, F16K31/20; В01D25/02. Оpubл. 13.01.1998.
- [24] Гаврилов Т.А., Колесников Г.Н., Евстигнеев В.Д. Устройство для очистки поверхностных стоков дорог. Заявка на полезную модель № 2017133321 от 25.09.2017. RU (51) МПК С02F1/28, Е03F5/14, В01D27/00, В01D29/11.
- [25] Зайцев В.И., Карпиков А.В. Средства борьбы с нефтяными загрязнениями на шельфе северных морей // *Вестник Иркутского гос. техн. ун-та*, 2015. № 6 (101). С. 48–52.
- [26] Фогель А.А., Сомин В.А., Комарова Л.Ф., Шимонова Д.Г. Применение сорбента на основе отходов деревообрабатывающих производств для очистки гальванических стоков // *Ползуновский вестник*, 2010. № 3. С. 290–293.
- [27] Itankar N., Patil Y. Management of hexavalent chromium from industrial waste using low-cost waste biomass // *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2014, v. 133, pp. 219–224.
- [28] Raghuvanshi S.P., Singh R., Kaushik C.P., Raghav A.K. Removal of textile basic dye from aqueous solutions using sawdust as bioadsorbent // *Int. J. Environmental Studies*, 2005, v. 62, no. 3, pp. 329–339.
URL: <http://doi.org/10.1080/0020723042000275150>
- [29] Aljeboree A.M., Radi N., Ahmed Z., Alkaim A.F. The use of sawdust as by product adsorbent of organic pollutant from wastewater: adsorption of maxilon blue dye // *Int. J. Chemical Sciences*, 2014, V. 12, no. 4, pp. 1239–1252.
- [30] Ксавье Д. «Экологический менеджмент» лесов и изделий из древесины // *Лесной вестник / Forestry Bulletin*, 2017. Т. 21. № 4. С. 6–9.
- [31] Щетнева Я.А. Влияние на окружающую среду разливов горюче-смазочных материалов при лесозаготовительных работах // *StudArctic Forum*, 2016. № 1 (1). С. 28–33. DOI: 10.15393/j102.art.2016.121
- [32] Запруднов В.И., Пинягина Н.Б., Горшенина Н.С. Современное состояние лесного сектора Российской Федерации, задачи и перспективы развития лесозаготовительной промышленности // *Вестник МГУЛ — Лесной вестник*, 2014. Т. 18. № 3 (103). С. 81–102.

Сведения об авторах

Гаврилов Тиммо Александрович — канд. техн. наук, доцент кафедры общетехнических дисциплин Института лесных, горных и строительных наук Петрозаводского государственного университета (ФГБОУ ВО «ПетрГУ»), gavrilov@petsru.ru

Евстигнеев Владимир Дмитриевич — аспирант Института лесных, горных и строительных наук, Петрозаводского государственного университета (ФГБОУ ВО «ПетрГУ») gavrilov@petsru.ru

Зайцева Мария Игоревна — канд. техн. наук, доцент кафедры технологии и организации строительства Института лесных, горных и строительных наук Петрозаводского государственного университета (ФГБОУ ВО «ПетрГУ»), 2003bk@bk.ru

Колесников Геннадий Николаевич — д-р техн. наук, профессор кафедры общетехнических дисциплин Института лесных, горных и строительных наук Петрозаводского государственного университета (ФГБОУ ВО «ПетрГУ»), kgn@petsru.ru

Никонова Юлия Васильевна — канд. техн. наук, начальник Информационно-технологического центра Института лесных, горных и строительных наук Петрозаводского государственного университета (ФГБОУ ВО «ПетрГУ»), juli4455@mail.ru

Поступила в редакцию 24.01.2018.

Принята к публикации 28.02.2018.

THE USE OF WOOD SAWDUST FOR TREATMENT OF SURFACE RUNOFF ON THE TRANSPORT INFRASTRUCTURE

T.A. Gavrilov, V.D. Evstigneev, M.I. Zaytseva, G.N. Kolesnikov, Yu.V. Nikonova

Petrozavodsk State University, 33, Lenina pr., 185910, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia

gavrilov@petsu.ru

The improvement of sawmilling technologies allows reducing the amount of waste, but it is impossible to completely get rid of them. From 11 to 19 % of the volume of round wood is turned into sawdust depending on the method of sawing. The problem of rational use of lumber waste becomes increasingly important, because in modern conditions the demands on economic efficiency and ecological safety of production are increasing. Sawdust is used as a fuel, including use as a feedstock for production of fuel briquettes and pellets, as well as in the production of building materials in the hydrolysis industry. However, up to 40 % of sawdust is left abandoned, creating a risk of fires and being exposed to atmospheric air, moisture, bacteria, fungi, insects, etc., being dangerous from an environmental point of view. Therefore, it is necessary to expand the range of waste lumber. The purpose of this work is improving the use of lumber waste as sorbents in cylindrical filters of surface runoff on the transport infrastructure. The methodology is based on the approaches of system analysis, implemented on General scientific, and specifically scientific and technological levels, taking into account as known from the literature data, and development authors. A quick overview of the experimental and theoretical research literature, the results of which are necessary to achieve the purpose of the work, is given. Results are the feasibility of using waste lumber in devices for cleaning and filtering runoff roads. The proposed technical solution of the radial filter runoff of the roads, which allows increase the efficiency of cleaning the contaminated water. The novelty of technical solutions is confirmed by the results of a patent search. The article is in the form of overview.

Keywords: sawmill waste, sawdust as a sorbent, wastewater treatment

Suggested citation: Gavrilov T.A., Evstigneev V.D., Zaytseva M.I., Kolesnikov G.N., Nikonova Yu.V. *Primenenie otkhodov lesopileniya dlya ochistki poverkhnostnykh stokov na ob'ektakh transportnoy infrastruktury* [The use of wood sawdust for treatment of surface runoff on the transport infrastructure]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2018, vol. 22, no. 2, pp. 87–94. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-2-87-94

References

- [1] Paderin V. *Rentabel'nost' lesopileniya i problemy razvitiya lesopileniya v Rossii* [The profitability of the sawmill and the sawmill in Russia]. *LesPromInform*, 2014, no. 1(99). Available at: www.lesprominform.ru/jarchive/articles/itemshow/3572 (accessed 05.12.2017).
- [2] Serditova N.E., Osetrova M.L. *Ekologo-ekonomicheskiy analiz ustoychivogo lesopol'zovaniya i razvitiya predpriyatiy tsellyulozno-bumazhnoy promyshlennosti* [Eco-economic analysis of sustainable forest management and pulp and paper industry enterprise development]. [Herald of Tver State University. Ser. Geography and Geoecology], 2016, no. 1, pp. 12–17.
- [3] Andreev A.A., Zaytseva M.I., Kolesnikov G.N., Chalkin A.A. *Tekhnologii ispol'zovaniya otkhodov lesopileniya dlya ustoychivogo razvitiya prigranichnykh regionov na severe Rossii* [Technology of using lumber waste for the sustainable development of border regions in the North of Russia]. In the book: [Classical university in the space of a transborder nature in Northern Europe: The strategy of innovative development proceedings of the International forum]. Petrozavodsk State University, 2014, pp. 3–6.
- [4] Safin R.G., Sattarova Z.G., Khabibullin I.G., Ziatdinov R.R., Stepanova T.O. *Sovremennyye napravleniya pererabotki lesnykh resursov* [Modern trends processing of forest resources]. [Herald of Kazan Technological University], 2015, v. 18, no. 21, pp. 90–93.
- [5] Shaykhiev I.G., Shaykhiya K.I. *Ispol'zovanie komponentov khvoynykh derev'ev dlya udaleniya pollyutantov iz vodnykh sred. Ch. 1: Sosnovye* [The use of components of coniferous trees to remove pollutants from aqueous media. P. 1: Pine]. [Herald of Kazan Technological University], 2016, v. 19, no. 4, pp. 127–141.
- [6] Shaykhiev I.G., Shaykhiya K.I. *Ispol'zovanie komponentov khvoynykh derev'ev dlya udaleniya pollyutantov iz vodnykh sred. Ch. 2: Elovyye* [The use of components of coniferous trees to remove pollutants from aqueous media. P. 2: Spruce]. [Herald of Kazan Technological University], 2016, v. 19, no. 5, pp. 161–165.
- [7] Dakhil I. H. *Removal of phenol from industrial wastewater using sawdust* [Removal of phenol from industrial wastewater using sawdust]. *Int. J. Engineering and Science*, 2013, v. 3, no.1, pp 25–31.
- [8] Denisova T.R., Shaykhiev I.G., Sippel' I.Ya. *Uvelichenie nefteemkosti opilok yaseniya obrabotkoy rastvorami kislot* [Increase the oil capacity of sawdust ash treatment by the acid solutions]. [Herald of Kazan Technological University], 2015, v. 18, no. 17, pp. 233–236.
- [9] Deyneko I.P., Simonova A.N. *Sorbtsionnyye svoystva kationitov, poluchennykh obrabotkoy elovykh opilok rastvorami sernoy kisloty* [Sorption properties of cationites obtained by treatment of spruce sawdust with sulphuric acid solutions]. *Chemistry of Vegetable Raw Materials*, 2015, no. 3, pp. 35–42.
- [10] Tsombueva B.V. *Primenenie prirodnykh materialov v kachestve sorbentov dlya ochistki pochv ot neftyanogo zagryazneniya* [The use of natural materials as sorbents for clean up of soils from oil pollution]. *Modern Problems of Science and Education*, 2014, no. 6, p. 1800.
- [11] Evstigneev V.D. *Tekhnologiya podgotovki, ispol'zovaniya i utilizatsii otkhodov lesopileniya kak sorbenta v tekhnicheskikh sredstvakh obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti* [Technology training, use, and disposal of waste lumber as the sorbent in the technical means of ecological safety]. *StudArctic forum*, 2016, no. 1 (1), pp. 14–17. DOI: 10.15393/j102.art.2016.102

- [12] Witek-Krowiak A. Application of beech sawdust for removal of heavy metals from water: biosorption and desorption studies. *European J. Wood and Wood Products*, 2013, v. 71, no. 2, pp. 227–236. DOI: 10.1007/s00107-013-0673-8
- [13] Putra W.P., Kamari A., Yusoff S.N.M., Ishak C.F., Mohamed A., Hashim N., Isa I.M. Solutions using selected waste materials: Adsorption and characterisation studies. *J. Encapsulation and Adsorption Sciences*, 2014, v. 4, no. 1, pp. 25–35.
- [14] Singh R., Kaur R., Lal K., Rosin K.G., Srivastava M., Shukla A. Optimization of Chromium (VI) and Copper (II) Adsorption on Chemically Treated Sawdust Using Response Surface Methodology. *Asian J. Chemistry*, 2017, v. 29, no. 4, pp. 728–734.
- [15] Galimova R.Z., Shaykhiev I.G., Almazova G.A. *Izuchenie termodinamiki sorbsii fenola na osinovykh opilkakh* [Study of thermodynamics of adsorption of phenol on sawdust of aspen]. [Herald of Kazan Technological University], 2016, v. 19, no. 1, pp. 60–63.
- [16] Ingole R.S., Lataye D.H. Adsorptive removal of phenol from aqueous solution using activated carbon prepared from babul sawdust. *J. Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste*, 2015, v. 19, no. 4. DOI: 10.1061/(ASCE)HZ.2153-5515.0000271
- [17] Sahu O., Rao D.G., Gabbiye N., Engidayehu A., Teshale F. Sorption of phenol from synthetic aqueous solution by activated saw dust: Optimizing parameters with response surface methodology. *Biochemistry and Biophysics Reports*, 2017, v. 12, pp. 46–53. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.bbrep.2017.08.007> (accessed 05.12.2017).
- [18] Larous S., Meniai A.-H. The use of sawdust as by product adsorbent of organic pollutant from wastewater: adsorption of phenol. *Energy Procedia*, 2012, v. 18, pp. 905–914.
- [19] Sirotkina E.E., Novoselova L.Yu. *Materialy dlya adsorbtsionnoy ochistki vody ot nefi i nefteproduktov* [Materials for adsorption purification of water from oil and oil products]. [Chemistry for Sustainable Development], 2005, v. 13, no. 3, pp. 359–377.
- [20] *Fil' tryushchiy patron* [Filter cartridge]. Patent RU 157102. MPK B01D 27/02. Published: 20.11.2015, bul. no. 32.
- [21] *Fil' tryushchiy patron dlya ochistki livnevyykh stokov* [The filter cartridge for cleaning stormwater runoff]. Patent RU 138579. MPK B01D 27/02; C02F 1/00; E03F 5/14. Published: 20.03.2014, bul. no. 8.
- [22] *Fil' tryushchiy patron* [Filter cartridge]. Patent RU 149627. MPK B01D27/02, C02F1/28. Published: 10.01.2015, bul. no. 1.
- [23] Apparatus and method for treating storm water runoff. Patent US 5707527. MPK B01D29/15, C02F1/28, E03F5/16, E03F5/14, C02F1/42, F16K31/20; B01D25/02. Published: 13.01.1998.
- [24] Gavrilo T.A., Kolesnikov G.N., Evstigneev V.D. *Ustroystvo dlya ochistki poverkhnostnykh stokov dorog* [A device for treatment of surface runoff of roads]. An application for a utility model, no. 2017133321 from 25.09.2017. RU (51) MPK C02F1/28, E03F5/14, B01D27/00, B01D29/11.
- [25] Zaytsev V.I., Karpikov A.V. *Sredstva bor'by s nefyanyimi zagryazneniyami na shel'fe severnykh morey* [Means of combating oil pollution at offshore Northern seas]. [Herald of Irkutsk State Technical University], 2015, no. 6 (101), pp. 48–52.
- [26] Fogel' A.A., Somin V.A., Komarova L.F., Shimonaeva D.G. *Primenenie sorbenta na osnove otkhodov derevoobrabatyvayushchikh proizvodstv dlya ochistki gal'vanicheskikh stokov* [Application of the sorbent on the basis of wood waste industries for purification of electroplating effluents]. *Polzunovskiy Vestnik*, 2010, no. 3, pp. 290–293.
- [27] Itankar N., Patil Y. Management of hexavalent chromium from industrial waste using low-cost waste biomass. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2014, v. 133, pp. 219–224.
- [28] Raghuvanshi S.P., Singh R., Kaushik C.P., Raghav A.K. Removal of textile basic dye from aqueous solutions using sawdust as bioadsorbent. *Int. J. Environmental Studies*, 2005, v. 62, no. 3, pp. 329–339. Available at: <http://doi.org/10.1080/0020723042000275150> (accessed 05.12.2017).
- [29] Aljeboree A.M., Radi N., Ahmed Z., Alkaim A.F. The use of sawdust as by product adsorbent of organic pollutant from wastewater: adsorption of maxilon blue dye. *Int. J. Chemical Sciences*, 2014, v. 12, no. 4, pp. 1239–1252.
- [30] Ksav'e D. «*Ekologicheskiy menedzhment*» lesov i izdeliy iz drevesiny [«Environmental management» of forests and wood products]. *Lesnoy vestnik / Forestry bulletin*, 2017, v. 21, no. 4, pp. 6–9.
- [31] Shchetneva Ya.A. *Vliyanie na okruzhayushchuyu sredu razlivov goryuche-smazochnykh materialov pri lesozagotovitel'nykh rabotakh* [The environmental impact of spills of fuel and lubricants during logging operations]. *StudArctic Forum*, 2016, no. 1 (1), pp. 28–33. DOI: 10.15393/j102.art.2016.121.
- [32] Zaprudnov V.I., Pinyagina N.B., Gorshenina N.S. *Sovremennoe sostoyanie lesnogo sektora Rossiyskoy Federatsii, zadachi i perspektivy razvitiya lesozagotovitel'noy promyshlennosti* [Current state of the Russian Federation forest sector, tasks and prospects of forest industry development]. *Moscow State Forest University Bulletin — Lesnoy vestnik*, 2014, no. 3, pp. 81–102.

Authors' information

Gavrilo Timmo Alexandrovich — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Department of Technical Disciplines at the Institute of Forest, Mining and Building Sciences of Petrozavodsk State University, gavrilo@petsu.ru

Evstigneev Vladimir Dmitrievich — pg. at the Institute of Forest, Mountain and Building Sciences, of Petrozavodsk State University, fireworks812@gmail.com

Zaytseva Mariya Igorevna — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Department of Technology and Organization of Construction at the Institute of Forest, Mining and Building Sciences of Petrozavodsk State University, 2003bk@bk.ru

Kolesnikov Gennadiy Nikolaevich — Dr. Sci. (Tech.), Professor of Department of Technical Disciplines, at the Institute of Forest, Mining and Building Sciences, Petrozavodsk State University, kgn@petsu.ru

Nikonova Yuliya Vasil'evna — Cand. Sci. (Tech.), Head of Information Technology Center at the Institute of Forest, Mining and Building Sciences of Petrozavodsk State University, juli4455@mail.ru

Received 24.01.2018.

Accepted for publication 28.02.2018.