Elektroenergetika glazami molodezhi, 2017: Materialy VIII Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii [Electric power industry through the eyes of youth-2017: Materials of the VIII International scientific and technical conference], 2017. Pp. 318–321.

19. Grigor'ev N.P., Voprikov A.V. *Sistema elektrosnabzheniya elektrifitsirovannykh zheleznykh dorog peremennogo toka 25 kV [Power supply system of electrified railways AC 25 kV]*. Patent for invention RU 2552572 C1, 10.06.2015., Application no. 2014107628/11 dated February 27, 2014.

20. Puzina E.Yu. Otsenka effektivnosti primeneniya ustroystv kompensatsii reaktivnoi moshchnosti na tyagovoi podstantsii Kezhemskaya VSZhD [Evaluation of the effectiveness of the use of reactive power compensation devices at the traction substation Kezhemskaya of the East-Siberian Railway]. *Transport: nauka, obrazovanie, proizvodstvo: trudy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Transport: science, education, production: proceedings of the International scientific and practical conference]*. Rostov-on-don: RSUPS Publ., 2016. Pp. 229–233.

21. Platonov D.N., Puzina E.Yu. Avtomatizirovannaya sistema upravleniya tekhnologicheskimi protsessami tyagovoi podstantsii [Automated control system of technological processes of traction substation]. *Trudy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Transport-2015». Ch. 3 [Proceedings of the International scientific and practical conference "Transport-2015". Part 3]*. Rostov-on-Don: RGUPS Publ., 2015. Pp. 77–80.

22. Xiaozhou Zhu, Minwu Chen, Shaofeng Xie and Jie Luo "Research on new traction power system using power flow controller and Vx connection transformer", 2016. *IEEE International Conference on Intelligent Rail Transportation (ICIRT)*, Birmingham, 2016. Pp. 111–115.

23. Grigor'ev N.P., Krikun A.A. *Sistema elektrosnabzheniya elektrifitsirovannykh zheleznykh dorog peremennogo toka 25 kV [Power supply system of AC 25 kV electrified railways]*. Patent for invention RU 2427484 C1, 27.08.2011. Application no. 2010119621/11 dated May 17, 2010.

24. Grigor'ev N.P., Trofimovich P.N. Povyshenie effektivnosti raboty sistemy tyagovogo elektrosnabzheniya ustroystvami prodol'noi kompensatsii [Improving the efficiency of the traction power supply system with longitudinal compensation devices]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Elektromekhanika [News of higher educational institutions. Electromechanics]*, 2019. Vol. 62. No. 3. Pp. 64–68.

25. Burkov A.T., Seronov V.V., Stepankaya O.A. Marketing v elektroenergetike [Electrical energy industry marketing]. *Transportnye sredstva. Sistemy obespecheniya dvizheniya poezdov [Vehicles. Train traffic support systems]*. Moscow, 2014. 284 p.

26. Gorbunova V.S., Puzina E.Yu. Effektivnost' vnedreniya sistemy energeticheskogo menedzhmenta v promyshlennyykh kompaniyakh Rossii [Efficiency of energy management system implementation in industrial companies of Russia]. *Transportnye sistemy i tekhnologii [Transport systems and technologies]*, 2018. Vol. 4. No. 1. Pp. 119–137.

Информация об авторах

Кашин Алексей Александрович – электромеханик Иркутской дистанции электроснабжения, Восточно-Сибирская железная дорога, г. Иркутск, e-mail: pudge2705@gmail.com

Пузина Елена Юрьевна – к. т. н., доцент кафедры электроэнергетики транспорта, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, доцент кафедры электроснабжения и электротехники, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, e-mail: lena-rus05@mail.ru

Information about the authors

Aleksei A. Kashin – electromechanician of the Irkutsk division of power supply, the East Siberian railway, Irkutsk, e-mail: pudge2705@gmail.com

Elena Yu. Puzina – Ph.D. in Engineering Science, Assoc. Prof. at the Subdepartment of Electric Power Industry in Transport, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Assoc. Prof. at the Subdepartment of Power Supply and Electrical Engineering, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, e-mail: lena-rus05@mail.ru

DOI 10.26731/1813-9108.2020.3(67).90-100

УДК 62-567.5:536.7

Многофакторный анализ в принятии управленческих решений по утилизации порубочных остатков вдоль полосы отвода железных дорог

Е. Е. Алтынникова, А. А. Бегунов, Н. В. Русавская, В. В. Кашковский

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

✉ rusnata164@yandex.ru

Резюме

В статье отмечается актуальность проблемы накопления порубочных остатков вдоль полосы отвода железных дорог. Одним из возможных решений является применение методов многофакторного анализа. Полученные результаты в ходе построения аналитических зависимостей и расчета вероятностного выбора свидетельствуют о том, что наиболее благоприятными и экономически выгодными стратегическими решениями, имеющими минимальную вероятность негативных последствий, являются вывоз порубочных остатков, а также их уничтожение на месте. Представленный анализ современных технологических приемов по утилизации древесины и порубочных остатков показал, что на объектах железнодорожного транспорта разрешенным и закрепленным методом является механический способ утилизации остатков с использованием мульчера. Рабочий агрегат мульчера вырезает растительный покров, измельчая остатки до щепы и равномерно перемешивает их с верхним слоем почвы, тем самым активизируя быструю деструкцию. Щепа и опилки, образующиеся от работы при данном технологическом процессе, могут быть рекомендованы в качестве сорбционного материала для улавливания нефтепродуктов, содержащихся в сточных водах предприятий железнодорожного транспорта,

или для получения из опилок активного угля, как сорбента в технических средствах обеспечения экологической безопасности. Следует отметить, что в данном случае не возникает проблема регенерации использованного сорбента, поскольку отработанный сорбент в виде опилок с примесями может быть использован в качестве топлива. Предложенные в статье подходы решают и задачи ресурсосбережения, что также отмечено в стратегии развития железных дорог.

Ключевые слова

железная дорога, дерево событий, управленческое решение, многофакторный анализ, вырубка леса, порубочные остатки, технологические процессы утилизации растений, мульчирование

Для цитирования

Алтынникова Е.Е. Многофакторный анализ в принятии управленческих решений по утилизации порубочных остатков вдоль полосы отвода железных дорог / Е.Е. Алтынникова, А.А. Бегунов, Н.В. Руссавская, В.В. Кашковский // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – № 3(67). – С. 90–100. – DOI: 10.26731/1813-9108.2020.3(67).90-100

Информация о статье

поступила в редакцию: 10.09.2020, поступила после рецензирования: 14.09.2020, принята к публикации: 10.10.2020

Multivariate analysis in making managerial decisions on the removal of felling residues along the railway precinct

E. E. Altynnikova, A. A. Begunov, N. V. Russavskaya✉, V. V. Kashkowsky

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

✉ rusnatali64@yandex.ru

Abstract

The article acknowledges the urgency of the problem of accumulation of felling residues along the railway precinct. One of the possible solutions is to use the methods of multivariate analysis. The results obtained within the framework of analytical dependencies and calculations of the probabilistic choice indicate that the most favorable and economically profitable strategic decisions that have the minimum probability of negative consequences are the removal of felling residues, as well as the destruction of felling residues on site. The presented analysis of modern technological methods for the disposal of wood and felling residues showed that a mechanical method for the disposal of residues using a mulcher is permitted and established at the road transport facilities. The working unit of the mulcher cuts out the vegetation cover, crushing the residues in the form of chips, and mixes them evenly with the top layer of the soil, thereby activating the rapid destruction. Wood chip and sawdust generated during this operational procedure can be recommended as a sorption material for capturing oil products used in wastewater of railway transport enterprises or for obtaining active coal from sawdust as a sorbent in the technologies for environmental safety. It is worth noting that the problem of regeneration of the used sorbent does not occur in this case, since the spent sorbent in the form of sawdust with impurities can be used as a fuel. The approaches proposed in the article also solve the resource conservation problem, which is also mentioned in the railway development strategy.

Keywords

event tree, managerial decision, multivariate analysis, deforestation, felling residues, unwanted vegetation, operational procedure of the unwanted vegetation removal, mulching

For citation

Altynnikova E. E., Begunov A. A., Russavskaya N. V., Kashkowsky V. V. *Mnogofaktornyi analiz v prinyatii upravlencheskikh reshenii po utilizatsii porubochnykh ostatkov vdol' polisy otvoda zheleznykh dorog* [Multivariate analysis in making managerial decisions on the removal of felling residues along the railway precinct]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2020, No. 3(67), pp. 90–100. 10.26731/1813-9108.2020.3(67).90-100

Article Info

Received: 10.09.2020, Revised: 14.09.2020, Accepted: 10.10.2020

Введение

В рамках реализации стратегии ОАО «РЖД» до 2030 г. [1] в России стремительно развивается высокоскоростное и тяжеловесное движение. Стратегией предусматривается строительство и ввод в эксплуатацию современных объектов железнодорожной инфраструктуры, повышающих конкурентоспособность и укрепляющих транспортную целостность страны, а также активная модернизация уже имеющихся участ-

ков железных дорог, таких как БАМ и Транссиб. Масштабное строительство новых железных дорог планируется в Сибири и на Дальнем Востоке.

Одной из первоочередных работ на данных участках строительства является вырубка леса, уборка древесно-кустарниковой растительности вдоль железнодорожных путей, что необходимо для расположения станций, узлов, магистралей и расширения путей на отдельных участках, а также для выполнения требо-

ваний приказа Министерства путей и сообщения РФ от 15 мая 1999 г. № 26Ц. Полоса отвода железнодорожного транспорта должна соответствовать градостроительным, экологическим, санитарно-гигиеническим, пожарным и иным требованиям. «Полосы отвода и охранные зоны железных дорог (в том числе переведенных на консервацию) должны быть очищены от валежника, порубочных остатков и кустарника (за исключением деревьев и кустарников, отнесенных к художественно-ландшафтному оформлению дорог и сооружений, а также к защитным лесополосам), шпал железнодорожных деревянных отработанных и бракованных, а также других горючих отходов. Указанные материалы следует своевременно вывозить с полосы отвода» [2].

Вследствие этого значительно возрастает техногенная нагрузка на окружающую среду. Ниже представлены строительные работы по расширению железнодорожного пути (рис. 1).

Рис. 1. Строительные работы по расширению железнодорожного пути

Fig. 1. Construction work to widen the railway track

В настоящее время проблемы накопления порубочных остатков вдоль железнодорожных путей и поиск методов их утилизации весьма актуальны.

Рис. 2. Дерево исходных событий

Fig. 2. Initial events tree

Вывоз древесины на некоторых участках не представляется возможным по ряду причин: подход автомобильного транспорта затруднен, отсутствуют технологические окна на пути следования железнодорожных линий, имеются границы особо охраняемых территорий.

Для сокращения объемов древесных отходов, минимизации негативного воздействия лежалых отходов на экосистемы необходима разработка комплекса управленческих решений по регулированию накопления, вывоза и (или) переработки древесины.

Проблема оценки техногенного воздействия от накопления порубочных остатков вдоль полосы отвода является весьма сложной и многоплановой. Одним из возможных решений является применение методов многофакторного анализа.

Результаты и обсуждения

С помощью метода аналитических зависимостей, основанном на статистической обработке фактических данных, включая уровень техногенного воздействия накопленных порубочных остатков на природную среду, можно сформировать дерево событий (рис. 2), позволяющее определить наиболее оптимальное управленческое решение.

Варианты развития событий обозначаются следующим образом: А – инициирующее событие «Вырубка леса»; В – фактор удаленности; С – фактор возможности (невозможности) подъезда транспорта; D – управленческие решения; Е – влияние управленческого решения.

На ветвях 1 и 2 обозначенных как В₁ и В₂ рассматривается фактор удаленности. При значительной удаленности мест вырубки транспортировка и вывоз порубочных остатков экономически не рентабельны. Вероятность выбора данного направления минимальна и составляет $P_{B1} = 0,4$, и в то же время является одним из наиболее благоприятных управленческих решений по вероятности проявления негативных последствий.

Вследствие минимального значения вероятного

выбора ветви В₁ рассмотрению подлежит ветвь В₂, вероятностный выбор которой составляет $P_{B2} = 0,6$.

На ветвях 3–4 обозначенных С₃, С₄ фактор возможности (невозможности) подъезда транспорта имеет равную вероятность выбора данного направления и составляет $P_{C1\ C2} = 0,30$, поэтому необходимо ввести дополнительные направления.

Ветвь С определяет три дополнительных управленческих решения:

- вывоз порубочных остатков автотранспортом (D₅);
- уничтожение на месте (D₆; 8);
- накопление порубочных остатков вдоль полосы отвода (D₇).

Вероятность выбора управленческого решения D₅ составляет 0,13 и не подлежит дальнейшему рассмотрению ввиду низкого значения. В свою очередь, вывоз порубочных остатков является целесообразным управленческим решением, имеющим минимальное значение вероятности негативного влияния на экосистему $P_{E8; E9} = 0,04–0,09$.

Уничтожение порубочных остатков на месте имеет вероятностный выбор направления $P_{D6} = 0,17$, а накопление порубочных остатков вдоль полосы отвода $P_{D7; D8} = 0,15$.

Направление D₇, вероятностный выбор которого составляет $P_{D7} = 0,15$, не подлежит рассмотрению, так как необходимо введение дополнительных направлений решения в связи с высокой вероятностью возникновения чрезвычайной ситуации с негативными последствиями для экосистем $P_{E13} = 0,1$ и требует более детальной проработки событий.

Управленческое решение с вероятностным выбором $P_{D6} = 0,17$ является приемлемым и подлежит рассмотрению ввиду своего минимального негативного влияния на экосистему $P_{E10; E11} = 0,085$.

Таким образом, для решения практических задач, руководствуясь полученными выводами, исходное дерево можно упростить с помощью инженерной логики и свести к более простому дереву (рис. 3).

Представленные результаты свидетельствуют о том, что наиболее благоприятными и экономически

Рис. 3. Упрощенное дерево событий

Fig. 3. Simplified event tree

Рис. 4. Дерево событий конечной цели управленческого решения
«Утилизация порубочных остатков на месте»

Fig. 4. Event tree of the ultimate goal of the management decision "Disposal of felling residues on site"

выгодными стратегическими решениями, имеющими минимальную вероятность негативных последствий, является вывоз порубочных остатков, а также их уничтожение на месте.

Рассмотрим вариант события – уничтожение порубочных остатков на месте с использованием имеющихся и апробированных методов и технологий.

Удаление древесно-кустарниковой растительности в полосе отвода осуществляется двумя способами: механическим и химическим. Химический способ обработки (опрыскивание) древесины с использованием арборицидов, гербицидов, пестицидов применим при высоте древесно-кустарниковой растительности (ДКР) менее 2 м. Иркутская область, как известно, характеризуется преобладанием хвойных пород [3–5]. Хвойные деревья – сосну, ель, кедр, лиственницу, пихту, можжевельник перерабатывают исключительно механическим способом.

Использование механического метода осуществляется двумя основными направлениями в технологии удаления растительности и кустарников. Первое направление – дискретное удаление верхней и нижней (корневой) частей растений, второе – вырезка

растущей древесно-кустарниковой растительности вместе с корневой системой.

В настоящее время широкое применение по удалению ненужных, мешающих растений вдоль железнодорожных путей получил такой технологический процесс, как мульчирование. Технология используется в случае отсутствия возможности переработки древесины в различные товары. Это объясняется причиной высоких экономических затрат на осуществление транспортных логистических мероприятий [6]. Работа мульчера обеспечивает удаление и утилизацию порубочных остатков в пределах одной технологической операции. Рабочий агрегат мульчера вырезает растительный покров, измельчая остатки до щепы и равномерно перемешивает их с верхним слоем почвы, тем самым активизируя быструю деструкцию или производит разбрасывание щепы на поверхность почвы через отводящий патрубок (рис. 5). В данном случае достоинством применения технологии мульчирования является скорость работы. При небольших размерах оборудования способно быстро перемещаться от одного участка к другому, не теряя основных производительных свойств. Мобильность мульчера объясняет

Рис. 5. Работа мульчерной машины в полосе отвода при измельчении древесины с выбросом щепы на поверхность

Fig. 5. Operation of the mulcher in the right-of-way when chopping wood with the discharge of chips to the surface

ся возможностью перемещения на собственном ходу или на автомобильных и железнодорожных платформах.

Универсальность мульчерной техники обуславливается возможностью при лесохозяйственных работах сочетать в одном технологическом процессе такие технологические операции, как «подпил дерева», «спил дерева», «сталкивание дерева в сторону заданного падения», «утилизация неликвидной древесины», «утилизация порубочных остатков». В со-

ответствии с требованиями нормативной документации ОАО «РЖД» [7] при удалении древесины вдоль полосы отвода разрешенным способом борьбы с растительностью является механический способ с использованием мульчера, представленного ниже (рис. 6, 7).

Перспективной технологией освобождения полосы отвода вдоль железных дорог от растений является удаление древесины активным рабочим органом, размещенным на конце стрелы-манипулятора

Рис. 6. Мульчер, применяемый на предприятии ОАО «РЖД»

Fig. 6. Mulcher used at "Russian Railways" ОАО

Рис. 7. Мульчерная машина и ее габаритные размеры

Fig. 7. Mulcher machine and its dimensions

многофункциональной машины на комбинированном ходу [8–11]. Особенностью данной технологии в отличие от мульчирования является то, что перемещение основной машины происходит непосредственно по рельсовым путям, при этом удаление ненужных растений может осуществляться как раздельно (вначале надземная часть, затем при необходимости корневая), так и вместе с корнями, а в качестве рабочего органа может использоваться, например, режущая или корчевательная головка.

К особенностям технологического процесса удаления древесной растительности активным рабочим органом, размещенным на стреле манипулятора многофункциональной машины (рис. 8), относится

то, что работа может проводиться с обеих сторон от железнодорожной колеи, осуществляться одновременно с двух сторон, или последовательно, т. е. с одной и с другой стороны железнодорожной колеи при проходах базовой машины вперед и назад вдоль полосы отвода.

Таким образом, осуществить практическую реализацию технологического процесса уборки порубочных остатков при текущем содержании железнодорожного пути невозможно так как необходимы длительные технологические окна, что приводит к значительным экономическим потерям, нарушению графика движения поездов, задержке грузов различного рода. Также немаловажным является возможное

а

б

Рис. 8. Многофункциональная машина с активным рабочим органом:

а – рабочий орган для измельчения древесины (режущая головка);

б – рабочий орган для удаления пней и корневой системы (корчевательная головка)

Fig. 8. Multifunctional machine with active working body:

а – a working body for chopping wood (cutting head);

b – working body for removing stumps and root system (root extractor head)

Таблица 1. Объем лесосечных отходов от всех видов рубки**Table 1.** Volume of felling waste from all types of felling

Муниципальные районы	Заготовлено древесины, тыс. м³			Масса древесной зелени, тыс. т	Масса сучьев, тыс. т	Масса кроны, тыс. т	Удельная масса кроны, т на 1 тыс. м³ заг.древ.	Отходы раскряжевки, тыс. м³	Прочие отходы (пни, корни), тыс. т
	всего	в том числе							
		хвойной	мягколиственной						
Иркутский	9,8	9,8	0,0	0,8	0,7	1,5	154,2	0,2	1,1
Ольхонский	55,6	52,4	3,2	4,3	4,2	8,5	152,9	1,2	6,3
Слюдянский	10,0	8,2	1,7	0,7	0,8	1,5	150,1	0,2	1,1
Итого	75,4	70,5	4,9	5,8	5,7	11,5	152,7	1,6	8,5

ограничение при работе самой многофункциональной машины из-за мобильности передвижения и длинны стрелы.

Вопросы утилизации или использования порубочных остатков касаются не только функционирования объектов РЖД. Аналогичные проблемы возникают и в ведущих отраслях народного хозяйства, в том числе в лесопромышленном комплексе.

На лесосеках и в пунктах деревообработки, особенно лесопиления, ежегодно скапливаются огромные объемы отходов. Можно лишь примерно подсчитать динамику их накопления. Был произведен расчет лесосечных отходов от всех видов рубки на землях лесного фонда (табл. 1), на основании которого можно сделать вывод, что количество отходов в 2015 г. по Иркутской области составило 10,1 тыс. т [11].

Однако данное значение является непостоянным, и чем выше процент переработки в общем объеме лесоматериалов, тем больше отходов. Например, при производстве деловой древесины и основных отходов лесопиления в Иркутской области в 2015 г. образовалось отходов чуть больше 14 тыс. т (табл. 2), в производстве доски их доля достигает 40–50 % от бревна. Большая часть отходов как правило остается невостребованной, ухудшая пожарную безопасность и экологическую обстановку. Между тем их можно и нужно рационально использовать.

Основная масса отходов древесины является неликвидной и низкосортной, направляемой на переработку. Продукты в виде щепы поставляются в качестве сырья для предприятий целлюлозно-бумажной и топливно-энергетической промышлен-

ности. Также данные виды отходов могут быть переработаны при производстве древесно-стружечных и древесно-волоконных плит. Из отходов опилок экономически выгодно изготавливать топливные гранулы и пеллет. Часть отходов просто сжигается на площадках хранения или утилизируется путем рекультивации, однако по большей части они остаются невостребованными [12].

Актуальность тематики статьи подтверждается огромным количеством различных предложений решения проблемы сбора и ликвидации отходов, образующихся в процессах обслуживания полос отвода транспортных магистралей многими авторами. Не следует забывать о различных свойствах щепы и опилок. Например, необработанные древесные опилки, являющиеся невостребованным отходом при мульчировании вдоль полосы отвода железных дорог и деревообработке, обладают выраженной гидрофильностью – 4,3 г/г, поэтому они могут использоваться как сорбционный материал для улавливания нефтепродуктов, содержащихся в сточных водах предприятий железнодорожного транспорта [13–18].

Заключение

При построении дерева исходных событий в качестве инициирующего события было выбрано событие «вырубка леса», а также рассматривались альтернативные направления, включающие в себя два фактора: «удаленность» и «возможность (невозможность) подъезда транспорта» и три направления управленческих решений: вывоз порубочных остат-

Таблица 2. Объем основных отходов, образующихся при производстве деловой древесины и лесопиления**Table 2.** The volume of the main waste generated in the production of industrial wood and sawmilling

Муниципальное районное образование	Деловая древесина	Пиломатериалы	Дрова	Отходы		Всего отходов
				Горбыль	Опилки	
Республика Бурятия, всего	357717,8	154052	9924,8	19185,0	6952,2	26137,2
Иркутская область, всего	–	–	–	6155,8	8196,4	14352,2

ков автотранспортом; уничтожение на месте; накопление порубочных остатков вдоль полосы отвода.

При рассмотрении каждой ветви дерева, руководствуясь полученными результатами, исходное дерево упростили с помощью инженерной логики. На основании упрощенного дерева событий был сделан вывод, что такое управленческое решение, как вывоз порубочных остатков, является целесообразным, так как имеет минимальное значение вероятности негативного воздействия на экосистему. Также благоприятным и экономически выгодным стратегическим решением, имеющим минимальную вероятность негативных последствий, является уничтожение порубочных остатков на месте. Представлен анализ современных технологических приемов по утилизации древесины и порубочных остатков. Исследование технологических процессов показало, что окончательное решение о принятии конкретных мер по сбору, утилизации, переработке или использованию отходов, образующихся при проведении работ по обслуживанию полос отвода, а также при осуществлении деятельности по заготовке леса, будет зависеть от целого ряда условий: вида и состава почвенного покрова, типа леса, применяемой техники, сезона проведения работ, природно-

климатических условий, объема собранных отходов и их состава и др.

Анализ возможности применения отходов древесины, образующихся при осуществлении деятельности объектов ОАО «РЖД», любых типах лесозаготовок или переработки леса, показал, что наиболее перспективным способом является использование щепы и древесных остатков в качестве сорбента (с учетом различных типов древесины) для очистки сточных вод предприятий железнодорожного транспорта. Применение в качестве сорбента необработанных или подготовленных по специальной технологии опилок способствует решению следующих задач: уменьшение количества опилок, скапливающихся вдоль полосы отвода железнодорожных путей в результате работы мульчерной техники, а также вывозимых на свалки вблизи лесопильных предприятий; получение недорогого сорбента для обезвреживания сточных вод. Следует отметить, что в данном случае не возникает проблема регенерации использованного сорбента, поскольку отработанный сорбент в виде опилок с примесями может применяться в качестве топлива. Таким образом, предложенные подходы решают и задачи ресурсосбережения, что также отмечено в стратегии развития железных дорог.

Список литературы

1. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 г. : утв. Распоряжением Правительства РФ от 17 июня 2008 г. № 877-р / Министерство транспорта Российской Федерации.
2. Об утверждении Положения о порядке использования земель федерального железнодорожного транспорта в пределах полосы отвода железных дорог : приказ МПС РФ от 15 мая 1999 г. № 26Ц : зарегистр. Минюст № 1848 от 27 июля 1999 г. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901740191> (дата обращения 17.10.2020).
3. Платонов А.А. Технологические процессы удаления нежелательной растительности различными средствами механизации // Resour. Technol. 2017. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologicheskie-protsessy-udaleniya-nezhe-latelnoy-rastitelnosti-razlichnymi-sredstvami-mehanizatsii> (Дата обращения: 03.09.2020).
4. Вавилов А.В. Механизация расчистки объектов строительства от древесной растительности и ее эффективное использование в условиях Беларуси // Механизация строительства. 2016. Т. 77. № 7. С. 28–31.
5. Мульчерные технологии в «МРСК Урала»: помощь в горячий сезон // Электроэнергия. Передача и распределение. 2014. № 5. С. 73–74.
6. Вакула Е.Ю. Технические средства удаления нежелательной растительности // Молодой ученый. 2016. № 22.2 (126.2). С. 37–39. URL: <https://moluch.ru/archive/126/33670/> (Дата обращения: 03.09.2020).
7. Открытый конкурс № 1668/ОКЭ-ЦДИ/14 ОАО «РЖД» на право заключения договоров на выполнение работ / услуг в области защитного лесоразведения, содержания земельных участков полосы отвода и охранных зон, озеленения и благоустройства, борьбы с нежелательной растительностью на эксплуатационных объектах Центральной дирекции инфраструктуры – филиала ОАО «РЖД» в 2015–2017 гг. : конкурсная документация.
8. Платонов А.А. Перспективы внедрения инновационной путевой техники по сети железных дорог ОАО «РЖД» // Вестн. Ульянов. гос. техн. ун-та. 2015. № 1 (69). С. 69–72.
9. Платонов А.А. Киселёва Н.Н. Специализированные грузовые транспортные средства на комбинированном ходу // Вестн. Белгород. гос. технолог. ун-та им. В.Г. Шухова. 2014. № 3. С. 179–183.
10. Платонова М.А., Платонов А.А. Инновационные колёсные машины для обслуживания железнодорожного пути // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 2. С. 198.
11. Макаренко Е.Л. Оценка образования отходов лесозаготовки и деревообработки в центральной экологической зоне байкальской природной территории // Успехи современного естествознания. 2020. № 5. С. 63–69. URL: <http://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37393> (Дата обращения: 21.10.2020).
12. Деменьева Е. Опилки заменят мазут // Российская газета. 2017. Спецвып. № 208. URL: <https://rg.ru/2017/09/14/v-irkutskoj-oblasti-drevesnye-othody-pustiat-v-delo.html>. (Дата обращения 10.09.2020).
13. Евстигнеев В.Д. Технология подготовки, использования и утилизации отходов лесопиления как сорбента в технических средствах обеспечения экологической безопасности // StudArctic forum. 2016. Вып. 1 (1), DOI: 10.15393/j102.art.2016.102.

14. Пат. 1058762 Рос. Федерация. С 01 В 31/10, 1992. Способ получения активированного угля из древесных опилок и мелкой щепы и установка для его осуществления. URL : https://yandex.ru/patents/doc/RU2104926C1_19980220. (Дата обращения: 21.10.2020).

15. Пашаян А.А., Нестеров А.В. Создание нефтепоглощающих сорбентов совместной утилизацией древесных опилок и нефтяных шламов // Вестн. Казан. технолог. ун-та. 2017. № 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sozdanie-neftopogloschayuschih-sorbentov-sovmestnoy-utilizatsiy-drevesnyh-opilok-i-neftyanyh-shlamov> (Дата обращения: 22.10.2020).

16. Чесноков Н.В., Микова Н.М., Иванов И.П., Кузнецов Б.Н. Получение углеродных сорбентов химической модификацией ископаемых углей и растительной биомассы // Журнал СФУ. Химия. 2014. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/poluchenie-uglerodnyh-sorbentov-himicheskoy-modifikatsiy-isropaemyh-ugley-i-rastitelnoy-biomassy> (Дата обращения: 22.10.2020).

17. Кузнецов Б.Н., Чесноков Н.В., Иванов И.П., Веприкова Е.В., Иванченко Н.М. Методы получения пористых материалов из лигнина и древесной коры (обзор) // Журнал СФУ. Химия. 2015. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-polucheniya-poristyh-materialov-iz-lignina-i-drevesnoy-kory-obzor> (Дата обращения: 22.10.2020).

18. Чиркова В.С., Собгайда Н.А., Рзаде Ф.А. Сорбенты на основе отходов агропромышленного комплекса для очистки сточных вод // Вестн. Казан. технолог. ун-та. 2015. № 20. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sorbenty-na-osnove-othodov-agropromyshlennogo-kompleksa-dlya-ochistki-stochnyh-vod> (Дата обращения: 22.10.2020).

References

1. Strategiya razvitiya zhelezнодорожного транспорта v Rossiiskoi Federatsii do 2030 g: utverzhdena Rasporyazheniem Pravitel'stva RF ot 17 iyunya 2008 g. No. 877-r. Ministerstvo transporta Rossiiskoi Federatsii – 2008 [Strategy for the development of railway transport in the Russian Federation until 2030: Approved by Decree of the Government of the Russian Federation No. 877-R of June 17, 2008. Ministry of transport of the Russian Federation – 2008].

2. Priказ MPS RF “Ob utverzhdenii Polozheniya o poryadke ispol'zovaniya zemel' federal'nogo zhelezнодорожного транспорта v predelakh polosy otvoda zheleznykh dorog (Minyst № 1848 ot 27 iyulya 1999 g.)” ot 15 maya 1999 g. No. 26Ts [Order of the Ministry of transport of the Russian Federation “On approval of the Regulations on the procedure for using Federal railway transport lands within the right-of-way of Railways (Ministry of justice N 1848 27.07.99)” of may 15, 1999. No. 26C] [Electronic media]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901740191>.

3. Platonov A.A. Tekhnologicheskie protsessy udaleniya nezhelatel'noi rastitel'nosti razlichnymi sredstvami mekhanizatsii [Technological processes of removal of undesirable vegetation by various means of mechanization]. Resour. Technol., 2017. No. 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologicheskie-protsessy-udaleniya-nezhelatel'noy-rastitel'nosti-razlichnymi-sredstvami-mekhanizatsii> (Accessed: 03.09.2020).

4. Vavilov A.V. Mekhanizatsiya raschistki ob'ektov stroitel'stva ot drevesnoi rastitel'nosti i ee effektivnoe ispol'zovanie v usloviyakh Belarusi [Mechanization of clearing of construction objects from tree vegetation and its effective use in the conditions of Belarus]. Mekhanizatsiya stroitel'stva [Mechanization of construction], 2016. Vol. 77. No. 7. Pp. 28–31.

5. Mul'chernye tekhnologii v «MRSC Urala»: pomoshch' v goryachii sezon [Mulcher technologies in IDGC of the Urals: help in the hot season]. Elektroenergiya. Peredacha i raspredelenie [Electricity. Transmission and distribution], 2014. No. 5. Pp. 73–74.

6. Vakula E.Yu. Tekhnicheskie sredstva udaleniya nezhelatel'noi rastitel'nosti [Technical means of removing unwanted vegetation]. Molodoi uchenyi [Young scientist], 2016. No. 22.2 (126.2). Pp. 37–39. URL: <https://moluch.ru/archive/126/33670/> (Accessed: 03.09.2020).

7. Konkursnaya dokumentatsiya. Otkrytyi konkurs No. 1668/OKE-TsDI/14 OAO «RZhD» na pravo zaklyucheniya dogovorov na vypolnenie rabot / uslug v oblasti zashchitnogo lesorazvedeniya, soderzhaniya zemel'nykh uchastkov polosy otvoda i okhrannykh zon, ozeleneniya i blagoustroystva, bor'by s nezhelatel'noi rastitel'nost'yu na ekspluatatsionnykh ob'ektakh Tsentral'noi direktzii infrastruktury – filiala OAO «RZhD» v 2015–2017 gg. [Tender documentation. Open competition No. 1668/JCMS-CDI/14 JSC “RZD” for the right to conclude contracts for execution of works/services in the field of protective afforestation, maintenance of land right-of-way and buffer zones, landscaping and beautification of controlling undesirable vegetation on the operational facilities of the Central infrastructure Directorate – branch of “RZD” OAO in 2015–2017].

8. Platonov A.A. Perspektivy vnedreniya innovatsionnoi putevoi tekhniki po seti zheleznykh dorog OAO «RZhD» [Prospects for the introduction of innovative track equipment on the railway network of “Russian Railways” OAO]. Vestnik Ulyanovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of Ulyanovsk State Technical University], 2015. No. 1 (69). Pp. 69–72.

9. Platonov A.A., Kiseleva N.N. Spetsializirovannye gruzovye transportnye sredstva na kombinirovannom khodu [Specialized cargo vehicles on a combined course]. Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova [Bulletin of Shukhov Belgorod State Technological University], 2014. No. 3. Pp. 179–183.

10. Platonova M.A., Platonov A.A. Innovatsionnye kolesnye mashiny dlya obsluzhivaniya zhelezнодорожного пути [Innovative wheel machines for railway track maintenance]. Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education], 2013. No. 2. Pp. 198.

11. Makarenko E.L. Otsenka obrazovaniya otkhodov lesozagotovki i derevoobrabotki v tsentral'noi ekologicheskoi zone baikal'skoi prirodnoi territorii [Assessment of the formation of logging and woodworking waste in the Central ecological zone of the Baikal natural territory]. Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya [Advances in modern natural science], 2020. No. 5. Pp. 63–69. URL: <http://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37393> (Accessed: 21.10.2020).

12. <https://rg.ru/2017/09/14/v-irkutskoj-oblasti-drevesnye-othody-pustiat-v-delo.html>.

13. Evstigneev V.D. Tekhnologiya podgotovki, ispol'zovaniya i utilizatsii otkhodov lesopileniya kak sorbenta v tekhnicheskikh sredstvakh obespecheniya ekologicheskoi bezopasnosti [Technology of preparation, use and utilization of sawmill waste

as a sorbent in technical means of ensuring environmental safety]. StudArctic forum. Iss. 1 (1), 2016. DOI: 10.15393/j102. art. 2016. 102 [Electronic media]. URL: <http://saf.petrstu.ru/journal/article.php?id=102> (Accessed: 21.10.2020).

14. Sposob polucheniya aktivirovannogo uglya iz drevesnykh opilok i melkoi shchepy i ustanovka dlya ego osushchestvleniya [Method for obtaining activated carbon from sawdust and small chips and installation for its implementation]. Pat. 1058762, Russian Federation: CL. C 01 B 31/10, 1992. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2104926C1_19980220.

15. Pashayan A.A., Nesterov A.V. Sozdanie neftepogloshchayushchikh sorbentov sovmestnoi utilizatsiei drevesnykh opilok i neftyanykh shlamov [Creation of oil-absorbing sorbents by joint utilization of sawdust and oil slurries]. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of Kazan Technological University], 2017. No. 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sozdanie-neftepogloshchayushchih-sorbentov-sovmestnoy-utilizatsiei-drevesnykh-opilok-i-neftyanykh-shlamov> (Accessed: 22.10.2020).

16. Chesnokov N.V., Mikova N.M., Ivanov I.P., Kuznetsov B.N. Poluchenie uglerodnykh sorbentov khimicheskoi modifikatsiei iskopaemykh uglei i rastitel'noi biomassy [Obtaining carbon sorbents by chemical modification of fossil coals and plant biomass]. Zhurnal SFU. Khimiya [Journal of Siberian Federal University. Chemistry], 2014. No. 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/poluchenie-uglerodnykh-sorbentov-himicheskoy-modifikatsiei-iskopaemykh-ugley-i-rastitel'noy-biomassy> (Accessed: 22.10.2020).

17. Kuznetsov B.N., Chesnokov N.V., Ivanov I.P., Veprikova E.V., Ivanchenko N.M. Metody polucheniya poristyykh materialov iz lignina i drevesnoi kory (obzor) [Methods for obtaining porous materials from lignin and wood bark (a review)]. Zhurnal SFU. Khimiya [Journal of Siberian Federal University. Chemistry], 2015. No. 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-polucheniya-poristyykh-materialov-iz-lignina-i-drevesnoy-kory-obzor> (Accessed: 22.10.2020).

18. Chirkova V.S., Sobgayda N.A., Rzaade F.A. Sorbenty na osnove otkhodov agropromyshlennogo kompleksa dlya ochistki stochnykh vod [Sorbents based on agricultural waste for wastewater treatment]. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of the Kazan technological University], 2015. No. 20. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sorbenty-na-osnove-otkhodov-agropromyshlennogo-kompleksa-dlya-ochistki-stochnykh-vod> (Accessed: 22.10.2020).

Информация об авторах

Алтыникова Екатерина Евгеньевна – аспирант кафедры техносферной безопасности, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: kanirina_msi@mail.ru

Бегунов Алексей Альбертович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры техносферной безопасности, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: Begunov75@inbox.ru

Русавская Наталья Владимировна – д-р хим. наук, доцент, профессор кафедры техносферной безопасности, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: rusnatali64@yandex.ru

Кашиковский Виктор Владимирович – д. т. н., с. н. с., профессор кафедры «Информационные системы и защита информации», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: kww542339@km.ru

Information about the authors

Ekaterina E. Altynnikova, Ph.D. student of the Subdepartment of Technosphere Safety, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: kanirina_msi@mail.ru

Aleksei A. Begunov – Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor of the Subdepartment of Technosphere Safety, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: Begunov75@inbox.ru

Natalia V. Russavskaya – Doctor of Chemical Science, Associate Professor, Professor of the Subdepartment of Technosphere Safety, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: rusnatali64@yandex.ru

Viktor V. Kashkovsky – D.Sc. (Eng), professor of the department "Information systems and information security", Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: kww542339@km.ru

DOI 10.26731/1813-9108.2020.3(67).100-108

УДК 656.213

Анализ визуальных моделей технологии больших данных при мониторинге перевозочного процесса на основе хранилища рейсов грузовых вагонов

А. И. Власов¹, **А. А. Подорин¹**, **А. Ю. Малеваный¹**, **Д. В. Рубцов²**

¹ Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Российская Федерация

² АО «Институт экономики и развития транспорта», г. Москва, Российская Федерация

✉ vlasovai@bmstu.ru

Резюме

В статье проанализированы способы оценки эффективности управления перевозочным процессом. Основное внимание уделяется методам и средствам мониторинга его основных показателей. Рассмотрены структуры данных для хранения информации по вагонам и их рейсам, выявлено, что в рамках современных реалий существующие способы мониторинга недостаточно эффективны, поскольку требуется обработка объемных данных. Проведен анализ существующей структуры, обнаружено, что исходная структура данных включает в себя набор разрозненной информации, что создает сложности и неточности при мониторинге перевозочного процесса, поэтому предложена ее реструктуризация. Новая структура позволяет устранить несоответствия в грузовых операциях, разрешить сложности и сократить ошибки при мониторинге