

DOI: 10.15593/24111678/2017.01.07

УДК 665.761:543.421/.424

А.Г. Парамеев

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ФИЛЬТРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА

В период активного развития науки и промышленности растет вредное воздействие индустриальной деятельности человека на окружающую среду. Промышленные газовые выбросы являются источником опасных и крайне опасных примесей. В связи с этим важным становится вопрос качества фильтрующих материалов.

К природоохранным мероприятиям относятся все мероприятия экологического характера, направленные на защиту окружающей среды, экологическую безопасность производства и учитывающие состояние защищенности социальных, экономических прав и интересов граждан. При этом они должны быть многоцелевыми, т.е. направленными не только на снижение загрязнения окружающей среды, но и на улучшение производственных результатов (снижение расхода материальных и трудовых ресурсов, увеличение выпуска продукции и т.п.).

Эколого-экономическая эффективность природоохранной деятельности характеризуется соотношением общих экономических выгод и потерь от природоохранных мероприятий, включая внешние экологические эффекты и связанные с ними социальные и экономические последствия.

Объектом исследования является АО «Сорбент», производящее многопрофильную продукцию промышленного назначения. Цель работы – эколого-экономическая оценка совершенствования технологий производства фильтрующих материалов на АО «Сорбент». В рамках исследования были изучены законодательные и нормативно-методические документы, специальная научная литература, электронные ресурсы, а также внутренние документы и отчетность предприятия. Работа проводилась с помощью следующих методов исследования: анализ документов, сбор и сопоставление эмпирических данных, теоретическое моделирование, а также проведение технико-экономических и экологических расчетов.

Ключевые слова: фильтрующий материал, дихлорэтан, выбросы, адсорбция, десорбция, модернизация, расходные нормы.

A.G. Parameev

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

ECOLOGICAL AND ECONOMIC EVALUATION OF PRODUCTION MODERNIZATION OF FILTER MATERIAL

In the period of active development of science and industry the harmful environmental impact of human industrial activity has grown and keeps growing. In the article this problem is limited to the scope of industrial gas emissions, because the industry is a source of hazardous and acutely hazardous impurities.

Environmental protection measures include all environmental measures focused on protection of the environment, green production and taking into account security of social, economic rights and citizens' interests. At the same time the activities shall be multipurpose – be focused not only on restriction of environmental pollution, but also on improving of production results – decrease in consumption of material and labor resources, increase in output etc.

Ecological and economic efficiency of nature protection activities characterize the correlation of general economic benefits and losses from environmental protection measures including external ecological effects and associated social and economic consequences.

The subject of research is the JSC "Sor bent" which produces multifunctional industrial products. The purpose of the work – ecological and economic evaluation of filter material production technologies improvements at the JSC "Sor bent". For the research were used legislative and regulatory and procedural documents, special scientific literature, electronic sources, and internal documents and financial reporting of the JSC "Sor bent". The following methods of research were used in this work: document analysis, collection and correlation of empirical data, theoretical modeling and also performing engineering-and-economical and ecological calculations.

Keywords: filter material, dichloroethane, emissions, adsorption, desorption, modernization, unit consumption.

АО «Сорбент» – динамично развивающееся многопрофильное предприятие с 77-летней историей. Это крупнейший в России производитель активированных углей, лидер в области производства фильтров и фильтрующих противогазов [1].

Основное направление деятельности компании заключается в создании и производстве высококачественной продукции и технологий, гарантирующих охрану окружающей среды и труда, защиту человека от вредных воздействий. Продукция предприятия помогает в предупреждении и ликвидации последствий техногенных аварий и природных катаклизмов [1].

Каждая организация при принятии решения о производстве должна думать не только об экономической перспективе, но и о возможных последствиях для окружающей среды.

Финансовый кризис 2014–2015 годов привел к тому, что у АО «Сорбент» увеличился спрос на продукцию – фильтрующий материал ФПП-15 (далее – ФПП) – вследствие высокой стоимости ввозимого аналогичного материала. Перед предприятием встал вопрос: каким образом произвести продукцию, минимизируя расходы на штрафы за превышение нормативных сбросов, учитывая, что данное производство является источником вредных химических выбросов в атмосферу, которые приводят к изменению естественных химических свойств среды, выражаемому в повышении их концентрации либо в появлении веществ, которые отсутствовали в среде раньше [2]?

Фильтрующий материал ФПП-15 представляет собой равномерный слой ультратонких волокон со средним диаметром 1,5 мкм, нанесенный на марлевую подложку. Аббревиатура его маркировки означает следующее: ФП – фильтр Петрянова; П – полимер волокнообразующий, в качестве которого используются полиэтилен высокохлорированный НСРЕ (смола высокохлорированная полиэтиленовая) или поливинил-

хлоридная хлорированная ПСХ-ЛС; число 15 означает среднее или максимальное значение диаметра волокон в десятых долях мкм. Волокнообразующий полимер должен хорошо растворяться в дихлорэтане¹.

ФПП предназначен для высокоэффективной очистки газов от тонкодисперсных аэрозолей. Основной областью его применения является фильтрация газов с высокой эффективностью улавливания малых примесей при решении следующих задач: защита производственного персонала и окружающей среды от радиоактивных, токсичных и бактериальных аэрозолей [1]; обеспечение чистоты и стерильности технологических газовых сред и атмосферы рабочих зон в производстве особо чистых веществ, лекарств, продуктов питания, материалов и изделий электронной и аэрокосмической техники. Данный фильтрующий материал может также применяться в аккумуляторах и химических источниках электрической энергии в качестве межэлектродного сепаратора. Наибольшее практическое применение он получил в производстве средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) [3] и для изготовления фильтров.

В технологии производства ФПП-15 применяется рабочий (прядельный) раствор с определенной вязкостью и электропроводностью, в состав которого входят волокнообразующий полимер и легколетучий растворитель [4]. В качестве волокнообразующего полимера используются полиэтилен высокохлорированный или смола поливинилхлоридная хлорированная, а в качестве растворителя – дихлорэтан, который относится ко второму классу опасности по ГОСТ 12.1.007–76. Для создания необходимой вязкости и электропроводности рабочего раствора, а также скорости волокнообразования применяются спирт этиловый и электролитические добавки.

Суть технологического процесса производства фильтрующего материала заключается в электроформовании (получении волокон и нанесении их на подложку) аэродинамическим методом ультратонких (1,5 мкм) полимерных волокон из раствора волокнообразующего полимера в легколетучем растворителе с последующим осаждением волокон на марлевую или другую подложку [5]. Данный процесс ведется в прядельной камере для изготовления ФПП. Под действием электрического поля происходит нейтрализация сил поверхностного

¹ Постоянный технологический регламент производства фильтрующего материала ФПП-15, ТР-05795731-2015.

натяжения жидкости, в результате чего раствор вытекает из дозирующего капилляра форсунки, являющейся полюсом высокого напряжения, в виде непрерывной нити и под действием аэродинамических сил расщепляется на множество более тонких нитей. В процессе испарения легколетучего растворителя нити превращаются в тонкие сухие волокна, которые осаждаются на противоположно заряженном приемном электроде (барабане)².

Рекуперационная установка предназначена для улавливания паров дихлорэтана из паровоздушной смеси, подаваемой из коробов установок по изготовлению фильтрующего материала, на слое адсорбента с последующей десорбцией дихлорэтана паром, конденсацией паровоздушной смеси и получением дихлорэтана, пригодного для вторичного использования.

Рекуперация осуществляется по двухфазному циклу: адсорбция активным углем дихлорэтана из паровоздушной смеси, десорбция дихлорэтана водяным паром. В качестве адсорбента используется активный уголь АР-Б.

Процесс адсорбции протекает при температуре 20–30 °С в течение 10 (при двух циклах «адсорбция – десорбция» в сутки) или 6 ч (при трех циклах в сутки). При этом из компонентов, содержащихся в паровоздушной смеси, активным углем улавливается дихлорэтан [6].

Очищенные газовые выбросы, содержащие небольшое количество паров дихлорэтана, выходят из адсорбера и выбрасываются в атмосферу через выхлопную трубу.

После окончания процесса адсорбции адсорбер переключается на следующую фазу – десорбцию поглощенного дихлорэтана со слоя адсорбента водяным паром.

В процессе десорбции поглощенный углем дихлорэтан вытесняется из него водяным паром с температурой 120–140 °С. Сконденсированный и охлажденный десорбат (смесь дихлорэтана и воды) из конденсатора самотеком поступает в сепаратор, где за счет разности удельного веса дихлорэтана и воды происходит разделение десорбата на два слоя: нижний – органический слой (дихлорэтан), верхний – водный слой³.

² Постоянный технологический регламент производства фильтрующего материала ФПП-15, ТР-05795731-2015.

³ Там же.

Нижний слой (дихлорэтан) поступает в сборник, откуда по мере накопления насосом подается в мерник для разбавления раствора смолы в реакторе или обратно в сепаратор, если произошло попадание воды в сборник. Верхний водный слой поступает в сборник, где проходит через слой активированного угля, обезвреживается и сливается в канализацию. До модернизации предприятие использовало один адсорбер.

В табл. 1 приведен расчет выбросов и платы за предельно допустимый выброс (ПДВ) до модернизации по загрязняющему веществу – дихлорэтану.

Таблица 1

Расчет выбросов и платы за ПДВ до модернизации
по загрязняющему веществу – дихлорэтану

Источник загрязнения	Фактическая концентрация, т/год (2016 г., 1 адсорбер)	ПДВ, т/год (2016 г.)	Расчет платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, руб.					
			Норматив платы в пределах ПДВ, т/год	Норматив платы сверх предела ПДВ, т/год	Коэффициенты			
					Дополнит.	Инфляция	Уральский регион	Плата в пределах ПДВ, руб. (2016 г.)
Вентиляция с приготовления прядильного раствора	1,320	1,202	5	25	1,2	2,56	2	40,55
Вентиляция короба рекуперации	306,240	63,698	5	25	1,2	2,56	2	9407,69
Вентиляция с участка электроформования волокон	8,580	3,2000	5	25	1,2	2,56	2	263,58
Вентиляция с фильтрации раствора	0,660	0,900	5	25	1,2	2,56	2	20,28
Всего	316,800	69,000	–	–	–	–	–	9732,10

Таким образом, увеличивать объем производства в связи с новыми потребностями рынка экономически нецелесообразно и экологически опасно. Руководство предприятия начало рассматривать вариант модернизации производства.

Модернизация заключалась в установке трех адсорберов. Специалистами АО «Сорбент» были проведены опытно-конструкторские работы, по результатам которых было определено минимальное дополнительное количество адсорберов. Согласно их данным в табл. 2 представлен расчет выбросов и платы за ПДВ после модернизации по загрязняющему веществу – дихлорэтану.

Таблица 2

Расчет выбросов и платы за ПДВ после модернизации по загрязняющему веществу – дихлорэтану

Источник загрязнения	Фактическая концентрация, т/год (2016 г., 3 адсорбера)	ПДВ, т/год (2016 г.)	Расчет платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, руб.					
			Норматив платы в пределах ПДВ, т/год	Норматив платы сверх предела ПДВ, т/год	Коэффициенты			
					Дополнит.	Инфляция	Уральский регион	Плата в пределах ПДВ, руб. (2016 г.)
Вентиляция с приготовления прядильного раствора	1,320	1,202	5	25	1,2	2,56	2	40,55
Вентиляция короба рекуперации	81,840	63,698	5	25	1,2	2,56	2	2514,12
Вентиляция с участка электроформования волокон	8,580	3,2000	5	25	1,2	2,56	2	263,58
Вентиляция с фильтрации раствора	0,660	0,900	5	25	1,2	2,56	2	20,28
Всего	92,400	69,000	–	–	–	–	–	2838,53

Как видно из расчетов, плата за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу снизилась в 3,4 раза.

Учитывая, что дихлорэтан выбрасывался в атмосферу, проведем расчет экономии на его закупках. В табл. 3 представлено сравнение норм расхода основных видов сырья, материалов и энергоресурсов (на 1000 м² ФПП).

Таблица 3

Нормы расхода основных видов сырья, материалов и энергоресурсов
(на 1000 м² ФПП)

Наименование сырья, материалов, энергоресурсов	Единица измерения	Норма расхода	
		До	После
Полиэтилен высокохлорированный НСРЕ	кг	30,0	30,0
Дихлорэтан технический	кг	120	35
Марля медицинская	пог. м	1280	1280
Тетраэтиламмоний бромид	кг	0,03	0,03
Спирт этиловый	л	0,6	0,6
Электроэнергия	кВт · ч	350	350
Вода	м ³	8,0	23,0
Сжатый воздух	т · м ³	0,026	0,026
Теплоэнергия	Гкал	0,35	1,03

Рассчитаем снижение себестоимости 1000 м² ФПП (табл. 4).

Таблица 4

Расчет снижения себестоимости 1000 м² ФПП

№ п/п	Показатели	Значение
1	Годовое производство, тыс. м	2640
2	Норма расхода дихлорэтана на 1 тыс. м до модернизации, кг	120
3	Норма расхода дихлорэтана на 1 тыс. м после модернизации, кг	35
4	Экономия дихлорэтана на годовой выпуск, кг	224 400
5	Цена дихлорэтана, руб./кг	52
6	Норма расхода пара на 1 тыс. м до модернизации, Гкал	0,35
7	Норма расхода пара на 1 тыс. м после модернизации, Гкал	1,03
8	Увеличение расхода пара на годовой выпуск, Гкал	-1795
9	Цена пара, руб./Гкал	1400
10	Экономия всего, руб.	9 155 520
11	Экономия 1000 м ² ФПП, руб.	3468

Таким образом, несмотря на рост расходов на энергетику, снижение себестоимости 1 тыс. м ФПП составит 3468 руб.

Расходы на модернизацию представлены в табл. 5.

Таблица 5

Расходы на модернизацию

№ п/п	Статьи расхода	Сумма, руб.
1	Адсорбер, 2 шт.	14 660 934
2	Вспомогательное оборудование и материалы	8 336 250
3	Монтаж, услуги сторонних организаций	2 320 623
4	Зарплата с отчислениями ремонтно-механической службы	412 805
	Всего	25 730 611

Как видно из приведенных выше расчетов, срок окупаемости инвестиций составит 2,8 года.

Таким образом, модернизация производства ФПП снижает выбросы дихлорэтана в атмосферу, что делает данный проект выгодным с экологической точки зрения. Одновременно проект является прибыльным и с экономической позиции, поскольку снижаются расходные нормы на дихлорэтан и плата за превышение ПДВ по загрязняющему веществу – дихлорэтану.

Список литературы

1. «Сорбент»: офиц. сайт производителя фильтрующего материала ФПП-15 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sorbent.ru/production/fpp> (дата обращения: 01.02.2017).

2. Бандорин Л.Е. Проблемы применения оценки воздействия на окружающую среду // Экологическое право. – 2015. – № 5. – С. 39–42.

3. Нетканые материалы на основе полимеров, используемые для производства медицинской одежды и белья, стерилизуемой радиационным излучением: виды материалов, технологии производства / Ю.Н. Хакимуллин, С.И. Вольфсон, Р.Ю. Галимзянова, И.В. Кузнецова, А.В. Ручкин, И.Ш. Абдуллин // Вестник Казан. технолог. ун-та. – 2011. – № 23. – С. 97–103.

4. Мальнев С.А. Нетканые материалы [Электронный ресурс] // Нетканые материалы. – 2008. – № 3. – URL: <http://ne-tkan.ru/index/0-6> (дата обращения: 01.02.2017).

5. Возможность получения нетканых материалов, стойких к традиционным методам стерилизации в условиях современного производства / Ю.Н. Хакимуллин, Э.Р. Рахматуллина, Р.Ю. Галимзянова, М.С. Лисаневич, И.Е. Когенман, Р.С. Яруллин // Вестник Казан. технолог. ун-та. – 2013. – № 23, Т. 16. – С. 118–120.

6. Фарберова Е.А., Тиньгаева Е.А., Кобелева А.Р. Очистка шламовых вод с использованием отходов производства активных древесных углей // Вода: химия и экология. – 2015. – № 6. – С. 49–52.

References

1. Ofitsial'nyi sait proizvoditelia fil'truiushchego materiala FPP-15 [Official site of filter material FPP-15 producer], available at: <http://www.sorbent.ru/production/fpp> (assessed 01 February 2017).

2. Bandorin L.E. Problemy primeneniia otsenki vozdeistviia na okruzhaiushchuiu sredu [Application problems of assessment of environmental impact]. *Ekologicheskoe pravo*, 2015, no. 5, pp. 39-42.

3. Khakimullin Iu.N., Vol'fson S.I., Galimzianova R.Iu., Kuznetsova I.V., Ruchkin A.V., Abdullin I.Sh. Netkanye materialy na osnove polimerov, ispol'zuemye dlia proizvodstva meditsinskoj odezhdy i bel'ia, sterilizuemoi radiatsionnym izlucheniem: vidy materialov, tekhnologii proizvodstva [Non-woven materials based on polymers used for the production of medical clothes and linen, sterilized by radiation radiation: kinds of materials, production technologies]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2011, no. 23, pp. 97-103.

4. Mal'nev S.A. Netkanye materialy [Nonwovens]. *Netkanye materialy*, 2008, no. 3, available at: <http://ne-tkan.ru/index/0-6> (assessed 01 February 2017).

5. Khakimullin Iu. N., Rakhmatullina E. R., Galimzianova R. Iu., Lisanevich M. S., Kogenman I. E., Iarullin R. S. Vozmozhnost' polucheniia netkanykh materialov, stoikikh k traditsionnym metodam sterilizatsii v usloviakh sovremennogo proizvodstva [Possibility of produce nonwoven materials resistant to conventional sterilization methods in modern production]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2013, no. 23, Vol. 16, pp. 118-120.

6. Farberova E.A., Tin'gaeva E.A., Kobeleva A.R. Ochistka shlamovykh vod s ispol'zovaniem otkhodov proizvodstva aktivnykh drevesnykh uglei [Slime water purification with the use of waste of active carbon production]. *Voda: khimiia i ekologiia*, 2015, no. 6, pp. 49-52.

Получено 15.02.2017

Об авторе

Парамеев Артем Геннадьевич (Пермь, Россия) – бакалавр экономики, магистрант кафедры «Охрана окружающей среды», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614109, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: parameevag@yandex.ru).

About the author

Artem G. Parameev (Perm, Russian Federation) – Bachelor of Economy, Master Student, Department of Environment Protection, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: parameevag@yandex.ru).