

УДК 676.0

**О.Н. Курило, Ю.В. Куликова,
Е.С. Ширинкина, Я.И. Вайсман**

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Выполнен анализ процессов образования твердых отходов в технологическом цикле целлюлозно-бумажного производства. Проведена оценка фактического количества образующихся отходов и прогноз объемов образования на основании данных по объемам производства. Предложены варианты наиболее рациональных технологических решений по утилизации отходов.

Ключевые слова: отходы целлюлозно-бумажного производства, термическая утилизация, компостирование, органические удобрения, рекультивация.

Целлюлозно-бумажная промышленность является одной из основных отраслей народного хозяйства в Российской Федерации. На долю целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП) приходится порядка 1,24 % от объема промышленной продукции России [1]. Предприятия ЦБП являются источником значительной антропогенной нагрузки в Пермском крае, так как в большинстве случаев являются градообразующими предприятиями. Масштабность производственной деятельности предприятий ЦБП приводит к созданию точек экологической напряженности и снижению качества жизни населения на урбанизированных территориях, что делает актуальным рассмотрение и решение проблем экологизации целлюлозно-бумажного производства.

ЦБП связана с механической обработкой и химической переработкой древесины с получением полуфабрикатов и готовой продукции. Технологический процесс производства включает в себя несколько стадий.

На первом этапе производится окорка древесины в корообдирочных барабанах и распиловка древесины на мерный баланс, который поступает на древесно-массное производство. С помощью рубительных машин часть окоренного баланса измельчается до технологической щепы.

На стадии древесно-массного производства получают древесную массу и термомеханическую массу. Древесную массу производят за счет механического истирания мерного окоренного баланса в специальных устройствах, после чего очищают ее от щепы и грубого волокна, обезвоживают и подвергают отбелке. Термомеханическую массу получают путем двухступенчатого размола предварительно обработанной паром щепы. Полученная термомеханическая масса также подвергается сортировке, обезвоживанию и отбеливанию.

На кислотно-варочном участке осуществляется процесс производства целлюлозы из технологической щепы. Целлюлоза обеспечивает необходимое сцепление волокон бумажного листа и придает ему прочность.

В настоящее время применяется два способа производства целлюлозы: сульфатный и сульфитный. При производстве сульфитной целлюлозы технологическая щепа варится в растворе сернистой кислоты и гидросульфита кальция. Щепу после сортировки от механических примесей (опилки, крупные включения) направляют в варочный котел, в который закачиваются реагенты и подается пар. Котел герметизируют с помощью крышки, процесс ведется при высоком давлении и температуре. После завершения процесса образующийся щелок направляют на переработку, полученную целлюлозу очищают от сучков, непроваренных включений и минеральных примесей, обезвоживают и направляют в небеленом или отбеленном виде на бумажное производство.

Сульфатная целлюлоза производится путем варки в котлах технологической щепы совместно с растворами щелочей. Готовая целлюлоза выдувается за счет давления пара, промывается и очищается от механических включений, отбеливается либо в небеленом виде подается на бумажное производство (рис. 1).

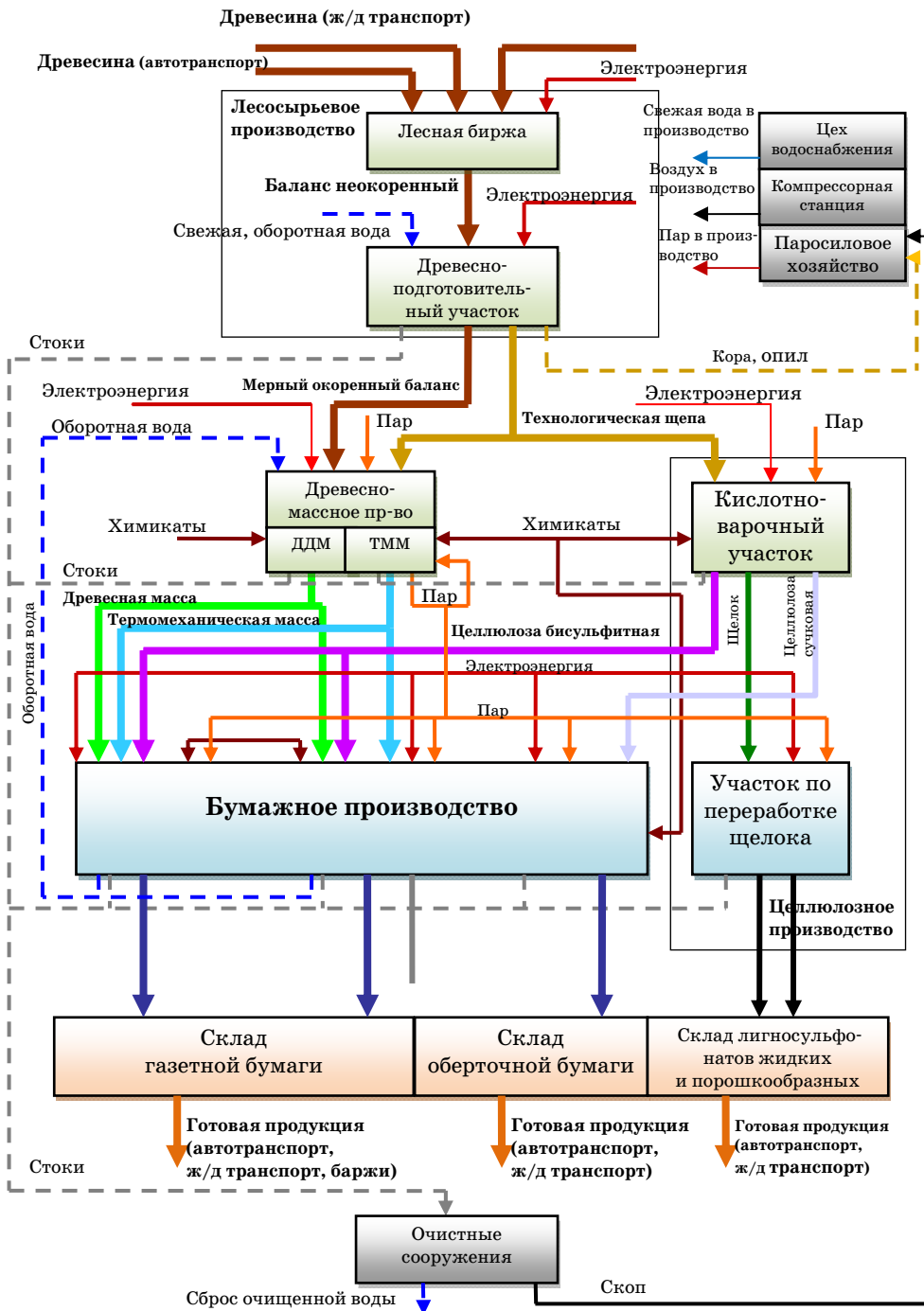


Рис. 1. Общая технологическая схема производства

На последнем этапе производственного цикла из полученных ранее древесной и термомеханической масс и целлюлозы формируется бумажная масса, которая после сортировки, очистки и деаэрации подается на бумагоделательную машину. В сеточной части бумагоделательной машины происходит формирование бумажного полотна, дальнейшее обезвоживание под давлением прессовых валов, сушка при прохождении через сушильные цилиндры, обогреваемые изнутри паром, повышение гладкости в процессе прохождения бумаги между каландровыми валами и намотка готовой бумаги на вал наката. Рулоны требуемого формата формируются на продольно-резательном станке. Готовая продукция транспортируется железнодорожным, автомобильным и водным транспортом.

Качественные и количественные исследования отходов, образующихся в основном технологическом цикле целлюлозно-бумажного производства проводились на примере ОАО «Соликамскбумпром».

В процессе производства основная масса твердых отходов образуется на стадии подготовки сырья. Кора, образующаяся при окорке древесины, имеет следующий состав: вода – 56,16 %, азот – 0,86 %, углерод – 60,11 %, зольность – 4,17 % и относится к 4-му классу опасности. В процессе распиловки древесины образуется опил влажностью 65 %, относящийся к 5-му классу опасности. В ходе очистки производственных сточных вод осадок из первичных отстойников обезвоживается механическим способом с образованием твердого осадка – скопа, влажностью 80 %. Скоп имеет следующий компонентный состав: органические вещества – 26,5 %, минеральные вещества (зола) – 7,8 %, вода – 65,7 %. Скоп относится к 5-му классу опасности. Чистые несортированные древесные отходы, образующиеся в ходе переработки древесины, также относятся к 5-му классу опасности [2]. В качестве основного способа утилизации кородревесных отходов применяли захоронение на специализированных объектах – короотвалах. В настоящее время наиболее широкое распространение получил термический способ их утилизации с получением тепловой энергии. В результате термической утилизации отходов образуется древесная и соломенная пылеобразная зола. Зола на 90 % состоит

из карбоната и оксида натрия, кальция, магния, железа, 10 % – прочие. Образующаяся после сжигания отходов зола в настоящее время размещается в окружающей среде.

На основании анализа данных по объемам образования отходов на предприятии в период 2000–2012 гг., а также данных по фактическим и планируемым объемам производства были построены диаграммы, отражающие фактическую тенденцию изменения количества образующихся отходов и прогноз их образования до 2018 г. (рис. 2).

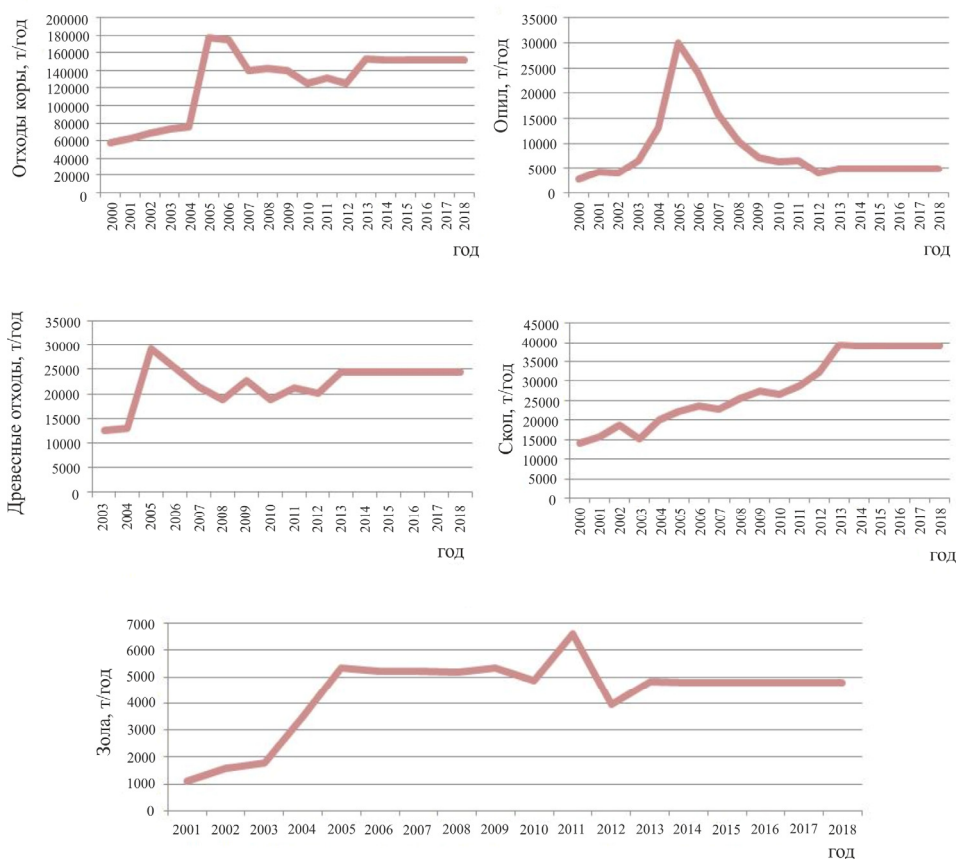


Рис. 2. Тенденция изменения количества производственных отходов ЦБК

Как видно из представленных данных, в период 2013–2018 гг. существенного колебания объемов образования отходов не ожидается в связи с тем, что объемы производства будут варьироваться незначительно.

Анализ способов обращения с твердыми отходами ЦБК показал, что в настоящий момент все образующиеся кородревесные отходы успешно могут быть утилизированы термическим способом с получением тепловой энергии. Таким образом, актуальной остается проблема обращения с отходами золы и отходами коры длительного срока хранения, которые были размещены в окружающей среде до внедрения способа их термической утилизации.

Исследования способов утилизации коры длительного срока хранения проводились на объекте размещения отходов предприятия ОАО «Соликамскбумпром».

Объект был введен в эксплуатацию в 1972 г., его расчетный срок эксплуатации составляет 40 лет с объемом складирования отходов 8000 тыс. м³ [3].

Высота короотвала составляет 20 м, угол откосов порядка 30–40°, поверхность не изолирована от атмосферных осадков [3].

Из всех накопленных на короотвале отходов большую часть составляют отходы коры – 45,3 % и скопа – 43,8 %, опил, древесные отщепы и зола – 9,4; 0,2 и 1,3 % соответственно.

Поскольку кора характеризуется большим разнообразием содержащихся в ней химических элементов, был выполнен анализ возможности извлечения из нее ценных компонентов. Проведенный анализ научно-технической литературы позволил выявить следующие основные направления переработки кородревесных отходов:

1. Окислительный аммонолиз сосновой коры (оксиаммонолиз) – процесс получения азотсодержащих удобрений из коры путем обработки сырья кислородом в водном растворе аммиака. Результаты предварительных исследований показали [4], что оксиаммонолиз корки сосны при концентрации аммиака в растворе 5 % позволяет получать азотсодержащие продукты, характеризующиеся достаточно высокой эффективностью при применении в качестве удобрений. Данный метод является достаточно новым, и аппаратное оформление процесса мало проработано.

2. Введение цеолитовых добавок для минерализации разных видов коры. Заключается в использовании широко распространенных природных цеолитов в качестве минеральных добавок к коре. Таким образом, в ходе процесса компостирования коры

с цеолитами обеспечивается возврат органических и минеральных веществ в биологический круговорот. Преимуществом данного метода является простота технического оформления, высокая эффективность. Недостаток – малая изученность метода.

3. Получение углекислотного, водного и спиртового экстрактов из древесных отходов. Заключается в экстрагировании ценных компонентов из сырья в системе твердое тело–жидкость. Полученные углекислотный, водный и спиртовые экстракты были изучены и сделан вывод о содержании ценных биологически активных веществ, позволяющих использовать их в различных отраслях народного хозяйства [5]. Достоинством метода является высокий выход ценных экстрактивных веществ, недостатком является получение остатка, нуждающегося в последующей утилизации.

4. Термическая переработка с получением тепловой и электрической энергии. Анализ термических способов утилизации отходов показал, что данный метод целесообразно применять при влажности отходов не более 60 %. При переработке коры длительного срока хранения данное условие не соблюдается, в связи с этим необходимо применять технологии предварительного обезвоживания материала.

5. Производство рекультивационных материалов и удобрительных материалов методом рекультивации. Метод заключается в компостировании отходов с предварительным добавлением к нему питательных веществ [4].

С целью разработки наиболее рациональной технологии переработки отходов на старых рабочих картах объекта захоронения (более 2–3 лет) были отобраны пробы с поверхности и с глубины 0,5–14 м. В ходе анализа проб было установлено, что отходы характеризуются высокой влажностью, находятся на разных стадиях разложения и содержат большое количество биогенных элементов. На основании изучения литературных данных и оценки результатов исследований в качестве метода утилизации коры длительного срока хранения был выбран метод компостирования с последующим получением материала для рекультивации и благоустройства территории.

Кора характеризуется высоким гумусовым потенциалом, содержит много лигнина, характеризуется высокой пористостью и влагоемкостью, высоким содержанием органических соединений, что делает ее пригодной для использования в качестве удобрения (таблица).

Характеристика свойств кородревесных отходов

Наименование показателей	Значение показателей для отходов различного срока хранения				Нормы для почв сельхозугодий
	3–5 лет	5–10 лет	> 10 лет	скоп	
Массовая доля влаги, %, не более	73,2	74,4	74,6	74,3	80–65
Органическое вещество, %, не менее	93,3	86,7	84,2	76,6	80
Зольность, %, не более	6,7	13,3	15,8	23,4	20
Кислотность (рН) солевой суспензии	5,9	7,2	6,9	7,6	6,5–6,0
Массовая доля макроэлементов в абс. сух. веществе, %, не менее:					
– азота общего	0,08	0,40	0,14	0,12	1,0–1,2
– фосфора общего	0,03	0,05	0,05	0,10	0,1
– калия общего	0,00	0,01	0,01	0,08	0,2
Массовая доля токсичных элементов на абс. сух. вещество, мг/кг, не более:					
– меди	0,5	1,3	1,0	10,0	132
– цинка	27,0	57,0	42,0	84,0	220
– кадмия	0,4	0,6	0,6	0,7	2,0
– свинца	8,0	8,0	8,0	12,0	130

Органический связанный азот, содержащийся в коре, постепенно высвобождается и служит источником питания для растений. В свою очередь содержащиеся в коре смолы при попадании в пахотный слой почвы разрушаются достаточно быстро и не оказывают токсического действия.

Поскольку кора длительного срока хранения уже частично подверглась процессам компостирования и гумификации, процесс дальнейшей ее переработки в рекультивационный материал существенно упрощается.

Технология переработки древесных отходов длительного срока хранения (ДОДСХ) должна включать в себя механико-химическую подготовку (фракционирование) и биологическое разложение (компостирование) (рис. 3). В ходе механико-химической подготовки производится разделение массы отходов по величине фракций и последующее дробление включений, превышающих размер 15 мм.



Рис. 3. Общая технологическая схема переработки ДОДСХ

Дробление ДОДСХ производится в дробилке-измельчителе с последующей выгрузкой и перевалкой дробленого материала на участок подготовки. В составе дробленой массы сумма фракций с размером частиц более 15 мм не должна превышать 15 %.

На участке подготовки материала осуществляется формирование компостных буртов, высота которых не должна превышать 2 м [6]. С целью интенсификации процессов разложения материал в бурте с помощью фронтального погрузчика смешивается с азотными, фосфорными и калийными удобрениями.

Распределение удобрений должно осуществляться равномерно по всему бурту. Образующийся в результате переработки ДОДСХ компост складывается на площадке временного хранения, после чего вывозится потребителю.

Зола, образующаяся при сжигании свежееобразованных отходов коры, в настоящий момент размещается в окружающей среде на специализированном объекте, однако данный вид отхода также может быть использован в качестве ресурса.

Золу можно использовать в качестве добавки к ДОДСХ при компостировании, что повышает pH среды до требуемых значений (5,0–7,0), поскольку отходы обладают кислой реакцией среды.

В ходе изучения литературных данных было установлено, что отходы золы могут успешно использоваться в дорожном строительстве при устройстве слоев основания, в производстве низкомарочного бетона и кирпича, в производстве грунтоблоков. Таким образом, необходимо будет выполнить комплекс исследований с целью определения наиболее рационального способа утилизации отходов золы.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. В технологическом процессе ЦБК образуются кородревесные отходы, обладающие высоким ресурсным и энергетическим потенциалом.

2. Наиболее рациональным способом переработки свежееобразованных кородревесных отходов является их энергетическая утилизация с получением тепловой энергии. Накопленные в окружающей среде ДОДСХ характеризуются высокой влажностью и содержанием биогенных элементов, что обеспечивает возможность их переработки механико-биологическими методами с получением рекультивационного материала.

3. Зола, образующаяся при термической утилизации кородревесных отходов, может быть использована в качестве ресурса в дорожном строительстве и при производстве строительных материалов. Зола в качестве добавки к полученным из ДОДСХ компостам регулирует уровень pH.

Библиографический список

1. Шитов Ф.А. Технология целлюлозно-бумажного производства. – М.: Лесная промышленность, 1987. – 208 с.
2. Рекультивация земельного участка короотвала, арендованного ОАО «Соликамскбумпром»: техн. отчет по инж.-геодез. и инж.-геолог. изысканиям / ООО НПП «Изыскатель». – Пермь, 2011. – 120 с.

3. Отчет по определению класса опасности отходов ОАО «Соликамскбумпром» от 25.11.2009 г. филиала «ЦЛАТИ по Пермскому краю» / ФГУ «ЦЛАТИ по ПФО». – Пермь, 2009. – 30 с.
4. Варфоломеев Л.А. Приготовление промышленных компостов на основе твердых отходов деревообработки. – М., 1992. – 52 с.
5. Дейнеко И.П., Дейнеко И.В., Корнилова Л.И. Окислительный аммонолиз древесной коры // Прикладная химия. – 2002. – Т. 75, вып. 3. – С. 502–505.
6. Ягодин В.И. Основы химии и технологии переработки древесной зелени. – Л.: Химия, 1981. – 224 с.

References

1. Shitov F.A. Tekhnologiya tsellulozno-bumazhnogo proizvodstva [Technology of pulp and paper production]. Moscow: Lesnaya promishlennost, 1987. 208 p.
2. Tekhnicheskij otchet po inzhenerno-geodezicheskim i inzhenerno-geologicheskim izyskaniyam «Rekultivatsiya zemelnogo uchastka korootvala, arendovannogo ОАО «Solikamskbumprom» [Technical Report on the engineering and geodetic engineering and geological surveys «Reclamation of landfill of wood waste leased by JSC Solikamskbumprom»]. ООО NPP «Izyskatel». Perm, 2011. 120 p.
3. Otchet po opredeleniyu klassa opasnosti otkhodov ОАО «Solikamskbumprom» ot 25.11.2009. filiala «TSLATI po Permskoj oblasti» FGU «TSLATI po PFO» [Report on the definition of waste hazard class of «Solikamskbumprom» 25.11.2009 branch «TsLATI in the Perm region», FSI «TsLATI on the PFD»]. Perm, 2009. 30 p.
4. Varfolomeev L.A. Prigotovlenie promyshlennykh kompostov na osnove tverdykh otkhodov derevoobrabotki [Preparation of industrial composts on the basis of solid wood waste]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1992. 52 p.
5. Dejneko I.P., Dejneko I.V., Kornilova L.I. Okislitelnyi ammonoliz drevesnoi kory [Ammoxidation of bark]. *Prikladnaya khimiya*, 2002, vol. 75, no. 3, pp. 502–505.
6. Yagodin V.I. Osnovy khimii i tekhnologii pererabotki drevesnoi zeleni [Fundamentals of chemistry and technology of processing of wood]. Leningrad: Khimiya, 1981. 224 p.

Получено 7.11.2013

O. Kurylo, Yu. Kulikova, E. Shirinkina, Y. Vaisman

**TECHNOLOGICAL ASPECTS ANALYSIS
OF WASTE PRODUCTION IN ENTERPRISES OF PULP
AND PAPER INDUSTRY**

The analysis of solid waste formation in pulp and paper production was made. Estimation of actual amount of waste and forecast of waste production was carried out. Based on research result, development of the most efficient method of solid waste treatment was performed.

Keywords: waste of paper and pulp production, thermal recycling, composting, organic fertilizers, reclamation.

Курило Ольга Николаевна (Соликамск, Россия) – аспирант кафедры охраны окружающей среды, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 21, e-mail: olga.kurilo@solbun.ru).

Куликова Юлия Владимировна (Пермь, Россия) – канд. техн. наук, доцент кафедры охраны окружающей среды, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: eco@pstu.ru).

Ширинкина Екатерина Сергеевна (Пермь, Россия) – канд. техн. наук, доцент кафедры охраны окружающей среды, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: eco@pstu.ru).

Вайсман Яков Иосифович (Пермь, Россия) – д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой охраны окружающей среды, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: eco@pstu.ru).

Kurilo Olga (Solikamsk, Russia) – Postgraduate student of Department of Environmental protection, Perm National Research Polytechnic University, JSC “Solikamskbumprom” (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: olga.kurilo@solbun.ru).

Kulikova Juliya (Perm, Russia) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate professor of Department of Environmental protection, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: eco@pstu.ru).

Shirinkina Ekaterina (Perm, Russia) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate professor of Department of Environmental protection, Perm National Research Polytechnic University (614990, Komsomolsky av., 29, e-mail: eco@pstu.ru).

Vaysman Yakov (Perm, Russia) – Doctor of Medical Sciences, Professor of Department of Environmental protection, Perm National Research Polytechnic University (614990, Komsomolsky av., 29, e-mail: eco@pstu.ru).