

В.П. ШАПОРЕВ, докт. техн. наук, НТУ «ХПИ»

С.Р. АРТЕМЬЕВ, НТУ «ХПИ»

МЕТОДЫ, ТЕХНОЛОГИИ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО НАТРИЯ И УТИЛИЗАЦИИ ПОЛУЧАЕМЫХ ОТХОДОВ

На основі літературного огляду та аналізу розглянуто методи, технології виробництва металевого натрію та напрямки утилізації виникаємих відходів. Намічені перспективні шляхи розвитку щодо вирішення проблеми утилізації даного виду відходів на території України.

On the base of literature survey and analysis have been examined the methods of technology and metallic sodium wastes utilization conception. Have been planed the decision evolution variants of utilization problems of this kind of wastes in Ukraine.

В современных условиях, исходя из приоритетных направлений разработки и финансирования украинско-российских проектов на 2003-2007 гг. достаточно актуальным и перспективным направлением исследования в области экологической безопасности и других сфер науки и техники являются проблемы, связанные с переработкой отходов производства металлического натрия.

Проблема переработки и утилизации этих отходов остро стоит еще с восьмидесятых годов прошлого столетия, однако, до сих пор она не имеет четкого практического решения.

На территории нашей страны решение данной проблемы усложнено тем, что Украина практически не имеет предприятий и производств с необходимым оборудованием и установками для переработки данного вида отходов.

Аналоги, по которым возможно создание типовых установок для переработки отходов производства металлического натрия находятся на территории России, в частности, в городах Березняки (Урал) и Новомосковск (Тульская область).

Данная проблема широко обсуждалась при проведении научных исследований, как в России, так и на территории Украины, пути решения проблемы переработки отходов производства металлического натрия

неоднократно рассматривались на конференциях, семинарах, в прессе, публикациях, в частности, в [5,6,9,10,51, 58-63].

Наиболее перспективным решением по утилизации данного вида отходов есть их сжигание в среде кислорода с получением при этом ценных продуктов – перекиси и надперекиси натрия. При этом не теряется безвозвратно такой ценный продукт, как, непосредственно, металлический натрий.

Целью данной статьи есть рассмотрение существующих способов производства металлического натрия, методов работы с ним, путей утилизации отходов производства металлического натрия с учетом современных экологических требований.

Металлический натрий был открыт в Англии Хемфри Дэви в 1807 году. Его серия экспериментов по изучению влияния электрического тока на едкий калий и едкий натр привела к выделению металлического калия, а позже - металлического натрия. Позже, Тэнард и Гей-Люссак получили натрий с помощью реакции едкого натра с железом, нагретым до красного каления.

Способов получения металлического натрия существует достаточно много. Ранее, в качестве исходного соединения большей частью использовался едкий натр [88, с.10]. Современное производство практически полностью базируется на хлористом натрии [88, с.10].

Процесс Девиля – основывался на использовании смеси углекислого натрия, древесного угля и извести. Указанная смесь нагревалась до высокой температуры, после чего натрий конденсировался в специальном железном приемнике. Недостаток заключался в том, что вследствие высокой температуры процесс оборудование достаточно быстро выходило из строя. Несмотря на это, данный процесс был эффективным на протяжении более 30 лет.

Процесс Доу – основывался на дистилляции смеси углерода и углекислого натрия, расплавленных в дуговой печи. Печь при этом работала при температуре 1200 градусов, пары натрия благодаря быстрому охлаждению конденсировались при температуре 350-400 градусов в свинцовый сплав, содержащий до 15% натрия. Часть сконденсировавшейся жидкости непрерывно отводилась в дистиллятор, работавший при температуре 600 градусов, где натрий возгонялся.

Процесс Кестнера- усовершенствовал процесс Девиля путем улучшения контакта между углекислым натрием и древесным углем, которые были в реакции. Едкий натр был заменен на углекислый натрий, а вместо смеси

железа и углерода использовался только углерод. При этом реагирующие вещества имели более тесный контакт, а реакция проходила при более низкой температуре.

Металлический натрий может быть получен высокотемпературным восстановлением практически из любого его соединения [88, 89].

Углекислый натрий может восстанавливаться углеродом в виде древесного угля или кокса тонко измельченным железом, серебром, алюминием, магнием. При повышенной температуре алюминий, магний, кальций, карбид кальция восстанавливают хлорид натрия до металла. Тонко измельченное железо, кокс, карбид кальция восстанавливают натрий из расплавленного едкого натра.

Восстановление углеродом – натрий можно получать путем восстановления хлористого натрия углеродом в присутствии СаО. При этом температура плавления реакционной смеси может быть снижена добавлением хлористого цинка, хлористого кальция, хлористого бария.

Восстановление свинцом - натрий можно получать восстановлением безводного хлористого натрия свинцом. Для этого 100 условных частей хлористого натрия и 200 условных частей свинцового порошка нагреваются до гомогенного состояния при температуре ниже красного каления.

Восстановление железом – при нагревании в вакууме железо замещает натрий во многих его соединениях, однако нужно учитывать, что при его взаимодействии с хлористым, йодистым и бромистым натрием образуются легколетучие галоидные соединения железа, что препятствует успешному проведению реакции [88, с.17].

На определенных этапах развития промышленности электролитические процессы производства натрия в значительной степени вытеснили процессы термического восстановления. При этом наиболее эффективными показали себя следующие устройства:

Электролизер Кестнера – прост в конструкции, низкая рабочая температура, но имел в основе достаточно дорогой исходный химический материал (чистый едкий натр), в связи с этим процесс Кестнера был вытеснен процессом Доу, основанном на хлористом натрии. [89, с.112].

Электролизер Юлена – изготовлялся для работы при силе тока около 5000 ампер, расстояние между катодом и анодом здесь больше, чем в электролизере Кестнера, что приводит к большему напряжению (до 6,5 вольт),

но расход энергии не увеличен, так как выход по току значительно выше. Применялся во Франции.

Электролизер Аккера – был первым электролизером для получения металла из хлористого натрия. Натрий получался из натрий-свинцового сплава и окончательно извлекался в виде NaOH путем разложения свинцового сплава водяным паром. Работает при температуре 850 градусов исключительно за счет электрического тока при напряжении до 7 вольт.

Электролизер Ашкрофта – рабочая температура в камере около 770 градусов, плотность тока на катоде до 200 ампер на квадратный дециметр, температура в камере получения продукта-330 градусов. Данный электролизер включает 2 камеры, в одной происходит первичный электролиз NaCl, в другой осуществляется электролиз NaOH. Однако в качестве электролита опять применяется едкий натр, металлический натрий при этом отлагался на сферическом никелевом катоде. Камера NaCl потребляла до 7 вольт, камера NaOH до 2 вольт при токе около 2000 ампер.

Также в различных литературных источниках рассматривались электролизеры Мак–Нитта, Даниэля-Лонза, Сиварда, Сиба, Даунса, электролиз с использованием углекислого натрия, тетраборнокислого натрия, азотнокислого натрия, цианистого натрия, сернистого и сернокислого натрия, получения натрия в виде амальгамы, электролизом в среде растворителя и др. [88–91]. Достаточно большой спектр получения металлического натрия дистилляцией из сплавов [92].

Достаточно актуальным вопросом в современных условиях остается вопрос производства перекиси натрия.

В промышленном масштабе перекись натрия, как правило, производится из металлического натрия по 2-х ступенчатому процессу, где сначала получают окись натрия. Для получения перекиси натрия в нынешних условиях предлагаются различные типы аппаратов, в том числе горизонтальная реторта и вращающийся барабан [93], в который натрий впрыскивается через форсунку [94], наиболее распространенными являются вращающиеся трубчатые и ретортные печи [95]. Нужно учитывать, что для производства перекиси натрия аппараты должны изготавливаться из никеля или сплавов с высоким содержанием никеля. Это исключительно антикоррозионное требование, которое дополнительно предусматривает обработку тонким слоем графита тех частей аппаратов, которые подвергаются коррозии.

Наиболее часто применяется способ получения перекиси натрия непосредственно из натрия. В данном случае расплавленный металлический натрий впрыскивается в реакционную камеру с помощью подогретого воздуха [96]. Положительным есть то, что в данном случае не нужен ни кислород, ни подача тепла, продукт охлаждается избыточным воздухом до получения твердой перекиси натрия.

Также перекись натрия получают по способу твердого кипящего слоя, окислением натриевой амальгамы с количественным выходом перекиси натрия, через промежуточные органические соединения, другими способами [88].

Для количественного определения перекиси натрия существует ряд методов. Наиболее часто применимы титрование перманганатом калия в присутствии борной кислоты, реакция выделения свободного брома из бромистого калия с последующим титрованием тиосульфатом натрия, реакция выделения свободного брома из бромистого калия с последующим титрованием его арсенитом натрия. Для анализа перекиси применимы реакции с титаном и его соединениями.

Перекись натрия может быть также получена окислением натрия в жидком аммиаке при строго определенном режиме или по реакции между перекисью натрия и кислородом при повышенном давлении и температуре.

Достаточно существенной экологической проблемой является проблема утилизации отходов производства металлического натрия.

В современных условиях наиболее широкое распространение получили следующие методы переработки различных видов отходов [45, с.166]:

- строительство полигонов для их захоронения, а также частичной обработки;
- сжигание отходов на специальных установках, заводах;
- предварительная сортировка, утилизация и реутилизация ценных компонентов;
- сжигание отходов (как с доступом кислорода, так и без доступа) при температурах от 450 до 1050 градусов и более.

На сегодняшний день только 28% отходов используется повторно. В то же время под свалки и полигоны ежегодно отводится около 10 тыс. га земель [42, с.121]. Из-за недостатка полигонов захоронения большая часть отходов вывозится на несанкционированные свалки, где обезвреживается и утилизируется только их малая часть (около 20%) [42, с.122]. При утилизации

отходов производства металлического натрия такими способами металлический натрий полностью уничтожается с колоссальным экологическим ущербом для окружающей среды.

Отходы производства металлического натрия относятся к группе опасных отходов, так как при контакте с водой обладают взрывчатостью и пожароопасностью [42, с.123], что отражено в [53].

Для отходов производства металлического натрия предложено несколько вариантов утилизации. Так, отходы металлического натрия весом в несколько десятков грамм, как правило, удаляются сжиганием в тяжелых металлических чашках под вытяжным колпаком с использованием газового пламени. Остатки после этой операции уничтожаются на открытых площадках или в раковинах для стока воды размытием их струей воды на расстоянии с соблюдением мер безопасности.

Для удаления малых количеств металлического натрия весом до 10 грамм используют лабораторные стаканы со спиртом, желательнее этиловым или изопропиловым. Для регулирования скорости реакции к данным спиртам добавляют воду в небольших количествах (до 2%).

Прежде чем приступать к очистке оборудования, ранее заполненного металлическим натрием, его полностью очищают от жидкости и охлаждают до комнатной температуры. Если реакционные остатки слились с остатками металлического натрия, то образцы остатков проверяют на воспламеняемость. Чаще всего применяется выжигание загрязненной аппаратуры, соскабливание металла с поверхности с последующим его сжиганием. После выжигания натрия аппаратура погружается в воду. Большие емкости целесообразно промывать спиртом с соблюдением мер предосторожности.

В частности, в Англии для очистки крупных емкостей используется жидкий аммиак. Именно аммиак в отличие от других способов утилизации полностью растворяет металлический натрий, не оставляя никаких следов, не нанося ущерба окружающей среде.

Ныне существующие предприятия по переработке отходов производства металлического натрия были построены достаточно давно и не учитывали экологическую ситуацию. Им еще долго предстоит работать, а для решения существующих экологических проблем нужны существенные материальные затраты. При этом видится единственный выход – доведение отходов данного вида до уровня товарной продукции и их использование в

качестве сырья для своего производства или в других отраслях промышленности [1-4, 46, с.139].

Основными способами обезвреживания токсических отходов на Украине сегодня являются [39, с.228-236]:

- жидкофазное окисление;
- гетерогенный катализ;
- пиролиз промышленных отходов;
- огневая переработка.

Процент образования металлических отходов в промышленности достаточно высокий (до 67%) [39, с.251].

Наиболее оптимальным вариантом использования отходов производства металлического натрия есть их использование в замкнутом цикле [65, с.27]. При этом обеспечивается:

- их комплексная переработка с использованием всех компонентов;
- создание и выпуск новых видов продукции;
- переработку отходов производства и потребления с получением новой товарной продукции или любое полезное их использование без нарушения экологических норм.

Однако данный вариант достаточно сложен и имеет существенные трудности осуществления [6, 79-81, 83-87].

Отдельной проблемой при использовании отходов производства металлического натрия стоит проблема безопасного обращения с ними [68, 71]. В частности, работа с металлическим натрием опасна из-за его высокой химической активности. Он энергично реагирует с кислородом воздуха, галогенами, алкилгалогенидами, серой и, что является наиболее существенным в условиях научных и экспериментальных лабораторий, с водой. Реакция натрия с водой при одновременном контакте с воздухом сопровождается взрывом и пожарами.

Учитывая высокую реакционную способность металлического натрия, более или менее значительные количества его следует хранить в толстостенной стеклянной или жестяной посуде под слоем керосина или какого-либо высококипящего сухого инертного углеводорода.

Меры безопасности должны соблюдаться и на этапе проектирования контурных установок и аппаратов проведения процессов [90].

Неизбежной проблемой была и остается проблема загрязнения данным видом отходов сточных вод. Объемы и площади загрязнений достаточно

велики [29-32, 35, 37, 38, 59]. Несоблюдение установленных правил утилизации и возникновение аварий и утечек на трубопроводах могут привести к серьезным экологическим последствиям [7, 9].

Металлический натрий за последние 25-30 лет значительно расширил сферы своего применения. Однако работа с ним, с отходами его производства представляет значительную потенциальную опасность. В современных условиях необходимо решать все вопросы использования такого ценного продукта, как металлический натрий с учетом существующих экологических требований на всех стадиях его производства и применения.

Список литературы: 1. *Кафаров В.В.* Принципы создания безотходных химических производств. - М.: Химия, 1982. - 288 с. 2. *Станонис Ф.Л.* Проблема захоронения промышленных отходов в подземных скважинах //Хим. пром-сть за рубежом. - 1970. - №6. - С. 73-80. 3. Моделирование формирования территориально-производственных комплексов //Под ред. *М.К. Бандмана.* - Новосибирск: Наука, 1976.- 338 с. 4. *Цыганков А.П., Балацкий О.Ф., Сенин В.Н.* Технический прогресс - химия - окружающая среда. - М.: Химия, 1979. 298 с. 5. *Бодров В.И., Арзамасцев А.А., Попов Н.С.* Задачи экологизации промышленных производств //Автоматизация контроля и прогнозирования загрязнения воздуха: Материалы 4-й Всесоюз. конф. //Под ред. *А.Н.Щербаня.* - Киев: Наук, думка, 1985. - С. 19-20. 6. *Ласкорин Б.Н.* Безотходная технология - основа защиты природной среды //Вестник АН СССР. - 1988. - N11. - С.51-56. 7. *Ринальди С.* Теория систем в приложении к проблемам защиты окружающей среды. - Киев: Вища школа, 1981. - 263 с. 8. *Кафаров В.В., Дорохов И.Н.* Системный анализ процессов химической технологии. Основы стратегии. - М.: Наука, 1976.-500 с. 9. *Попов Н.С.* Моделирование и управление природо-промышленными системами //Малоотходные и безотходные технологии - главный фактор охраны окружающей среды: Тез. докл. Всесоюз. науч. - техн. совещания. - М.: 1983. - Ч.1. -С.68-69. 10. *Бодров В.И., Перов В.Л., Попов К.С.* Моделирование и управление природо - промышленными системами //Методы кибернетики химико-технологических процессов (КХТП-1): Тез. докл. Всесоюз. конф.-М.1984.-С.140-141. 11. *Логов С. А.* Имитационное моделирование процессов экоразвития //Прикладные аспекты программы "Человек и биосфера". • М.: ВИНТИ, 1983. - С.67-80. 12. *Фортестья Дж.* Геохимия окружающей среды. - М.: Прогресс, 1985. - 360 с. 13. Экологические системы. Адаптивная оценка и управление //Под ред. *К.С. Холинга.* - М.: Мир, 1981. -397с. 14. *Кафаров В.В.* Методы кибернетики в химии и химической технологии. - М.: Химия, 1976. - 464 с. 15. *Бояринов А.И., Кафаров В.В.* Методы оптимизации в химической технологии. - М.: Химия, 1975. - 576 с. 16. *Кафаров В.В., Дорохов И.Н., Липатов Л.Н.* Системный анализ процессов химической технологии. Статистические методы идентификации процессов химической технологии. - М.: Наука, 1982. - 344 с. 17. *Фрид Ж.* Загрязнение подземных вод. - М.: Мир, 1981. -304с. 18. *Джеймс А.* Моделирование морских загрязнений //Математические модели контроля загрязнения воды. - М.: 1981 - С.244-261. 19. *Бодров В.И., Попов Е.С.* Стратегия автоматизированного моделирования природо-промышленных систем // Автоматизация и роботизация в химической промышленности: Тез. Докл. Всесоюз. Конф.-Тамбов, 1986. - С. 180-182. 20. *Кузин Л.Т.* Основы кибернетики. - М.: Энергия, 1973. -Т.1.- 504 с. 21. *Полляк Ю.Г.* Вероятностное моделирование на электронных вычислительных машинах. - М.: Сов. радио, 1971. - 400 с. 22. *Гилл Ф., Мюррей У., Райт М.* Практическая оптимизация.- М.:Мир, 1985, С.129. 23.

Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (Индустриальная динамика). - М.: Прогресс, 1971. - 340с. **24.** Фэррестер Дж. Мировая динамика. - М.: Наука, 1978. -168с. **25.** Островский Г.М., Волин Ю.М. Моделирование химико-технологических схем. – М.: Химия, 1975. – 312с. **26.** Касты Дж. Большие системы. Связность, сложность и катастрофы. - М.: Мир, 1982. -216с. **27.** Левеншпиль О. Инженерное оформление химических процессов.- М.: Химия, 1969. – 624 с. **28.** Шульц В., Уикер Ф. Радиоэкологические методы. - М.: Мир, 1985. – 312 с. **29.** Проскураков В.А., Шмидт Л.И. Очистка сточных вод в химической промышленности. – Л.: Химия, 1977. – 464 с. **30.** Смирнов Д.Н. , Дмитриев А.С. Автоматизация процессов очистки сточных вод химической промышленности. - Л.: Химия, 1981.- 200с. **31.** Бертокс П., Радд Д. Стратегия защиты окружающей среды от загрязнений. - М.: Мир, 1980. – 606 с. **32.** Методика технологического контроля очистных сооружений городской канализации. М.: Стройиздат, 1977. -303 с. **33.** Попов Н.С., Бодров В.И., Толстых С.С. Экспериментальное исследование и математическое моделирование системы «аэротенк-отстойник». Тамб. ин-т хим. машиностроения. - М., 1986. -54 с.- Деп. в ВНИИИС Госстроя СССР 10.04.86., №6536 **34.** Луценко В.А., Финякин Н.Л. Аналоговые вычислительные машины в химии и химической технологии. – М.: Химия, 1969. -176с. **35.** Моделирование аэрационных сооружений для очистки сточных вод /Брагинский Л.Н., Евилевич М.А., Бегачев В.И. и др. - Л.: Химия, 1980. – 144 с. **36.** Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. - М.: Химия, 1972. –493 с. **37.** Прогноз качества подземных вод в связи с их охраной от загрязнения / Под ред. А.В.Щербакова. - М.: Наука, 1978. -208с. **38.** Родзиллер И.Д. Прогноз качества воды водоемов-приемников сточных вод. - М.: Стройиздат, 1984. - 263с. **39.** Хван Т.А. Промышленная экология /Серия «Учебники, учебные пособия» - Ростов н /Д : Феникс, 2003 – 320 с. **40.** Гарин В.М., Кленова И.А., Колесников В.И. Экология для технических вузов /Серия «Высшее образование». Под ред. В.М. Гарина. - Ростов н /Д : Феникс, 2003 – 384 с. **41.** Трутина Г.П. Экологические основы природопользования. – Изд. 3-е, доп. и пер. - Ростов н /Д : Феникс, 2005 – 416 с. **42.** Дроб И.А., Лобкова Г.В. Экология (конспект лекций). – М.: Приор – издат, 2004 – 144 с. **43.** Шукун И. Экология для студентов вузов. Серия «Шпаргалки». - Ростов н /Д : Феникс, 2004 – 224 с. **44.** Лучшие рефераты по экологии. /Автор – составитель И.А. Елисеев. Серия «Банк рефератов». Второе издание. - Ростов н /Д : Феникс, 2002 – 320 с. **45.** Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология. Конспект лекций. Ростов н /Д : Феникс, 2004 – 224 с. (Серия «Зачет и экзамен»). **46.** Зубилин И.Г., Холин Ю.В., Юшко В.К. Научные основы охраны природы и рациональное природопользование. – Харьков: Фолио, 1999 – 170 с. **47.** Корсак К.В., Плахотник О.В. Основы екології: Навч. посіб. – 3-тє вид., перероб. і доп. – К.: МАУП, 2002. – 296 с. **48.** Національна доповідь Президента України про стан навколишнього природного середовища в Україні у 1999 році. **49.** Шнирт М.Л. Безотходные технологии. Утилизация отходов добычи и переработки твердых горючих ископаемых. Недра, 1986. – 224 с. **50.** Дмитриев В.И., Коршунов Н.Н., Соловьев Н.И. Термическое обезвреживание отходов. Ж. «Химическая технология», 1996, №5, с.231. **51.** Лукашов В.П., Янковский А.И. Переработка и обезвреживание промышленных и бытовых отходов с применением низкотемпературной плазмы. Аналитические обзоры. Экология. Новосибирск, 1995, с.234. **52.** Голубев И.Р., Новиков Ю.В. Окружающая среда и ее охрана. М., 1985, с.251. **53.** Классификатор токсических промышленных отходов, 1987. **54.** Закон України «Про відходи». **55.** Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». **56.** Крючкова - Чернобельская Г.М. Неорганическая химия. – 3 – е изд., перераб. и доп. – М., Медицина, 1980. – 384 с. **57.** Химические товары. Справочник. Госхимиздат, 1954. **58.** Вольтов И.И. Исследования в области химии перекисных соединений. Исследования по теоретической и прикладной неорганической

химии. М., «Наука», 1971, С.344. **59.** *Абрамович И.А., Бондар И.Л., Югина А.С.* Энергетическое использование ресурсов биомассы бытовых отходов и осадков сточных вод населенных пунктов Украины./ Международная конф. «Энергия из биомассы». Киев, 2001 г. **60.** *Зайцев М.А.* Проблемы ТБО и действие общественности. /Скобюллетень. 2000, №2, С.14-18. **61.** *Пан Л.Н.* Экология и технологические процессы современных методов переработки твердых бытовых отходов. Home page: // WWW. Scieslibrary/ com/ rus/ catalog/ pages/ 1951 htm17.2003. **62.** *Альков Н.Г., Коротеев А.С.* Комплексная технология многостадийной утилизации твердых бытовых отходов с получением электроэнергии // Изв. РАН Сн ерг. 2000, №4, с. 21- 33. **63.** *Чередниченко Л.Е.* Электротехнологии и оборудование для переработки бытовых и промышленных отходов // Сб. науч. Трудов НТТУ, 1999, №4, с. 153-155. **64.** *Гелетуха Г.Г., Марценюк З.А.* Обзор технологий добычи и использования биогазов на свалках и полигонах твердых бытовых отходов и перспективы их развития в Украине //Экология и ресурсосбережение, 1999, №4, с. 8-14. **65.** *Шапорев В.П., Жабер М.А., Кансо В.А., Шапорев П.В.* Методы, технологи и концепции утилизации твердых бытовых отходов и осадков сточных вод, образуемых при биологической очистке. Вісник НТУ «ХП». Збірник наукових праць. Тематичний випуск «Хімія, хімічна технологія та екологія». – Харків: НТУ «ХП». – 2005. - №14. – 180 с. **66.** *Арустамов С.А., Левакова И.В., Бар калова Н.Б.* Экологические основы природопользования. М.: Издательский дом «Дашков и К», 2000. **67.** *Воронцов А.И.* Охрана природы. М., 1989. **68.** Безопасное обращение с отходами: Сборник нормативно - методических документов /Под ред. И.А. Копацкова. – СПб: «Петербург – XXI век», 2000. – 386 с. **69.** *Гарин В.М., Гапонов В.Л., Медиокритский Е.Л.* Промышленная экология. Ростов н /Д: РГАСХМ, 1999. – 152 с. **70.** *Гетов В.П., Сычева А.В.* Охрана природы. - М.: Высш. шк., 1988. – 160 с. **71.** *Энделфрид Ю., Малхолл Д., Плетнева Т.В.* Как защитит себя от опасных веществ в быту. – М.: Изд – во Моск. ун – та, 1994 – 96 с. **72.** *Комар И.В.* Рациональное использование природных ресурсов. – М.: Наука, 1975. – 210 с. **73.** *Ливчак И.Ф., Воронов В.Ф.,* Охрана окружающей среды. – М.: Стройиздат, 1988. – 191 с. **74.** *Никитин Д.П., Новиков Ю.В.* Окружающая среда и человек. - М.: Высш. шк., 1987. – 287 с. **75.** *Родионов А.И., Клушин В.П., Систер В.Г.* Технологические процессы технологической безопасности: Ученик для студентов технических и технологических специальностей. 3 – е изд., пераб. и доп. – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2000. - 800 с. **76.** *Беньямовский Д.Н.* Сжигание и пиролиз твердых бытовых отходов. Жил. и ком. хоз – во. – 1993. - №6. – с.28 – 29. **77.** *Бернардинер М.Н., Щурыгин А.П.* Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов. – М.: Химия, 1990. – 304 с. **78.** *Гарин В.М., Хвостиков А.Г.* Утилизация твердых бытовых отходов – возможности решения: Сб. «Безопасность жизнедеятельности и окружающей среды». - Ростов н /Д: РГАСХМ, 1998. – с. 102 - 105. **79.** *Кенуорси Л.* Как убедить предприятия уменьшить количество промышленных отходов: Руководство. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 1996. – 116 с. **80.** *Росляков П.В. и др.* О выборе оптимальной технологи термической переработки твердых бытовых отходов // Энергетик №9. – 1996. – с. 8-11. **81.** Утилизация твердых отходов /Под ред. Д. Вилсона – М.: Стройиздат. Т.1,2, 1985 – 336., 338 с. **82.** Федеральная целевая программа «Отходы» // Российская газета. 25.09.1996. **83.** *Шпирт М.Л.* Безотходные технологии. Утилизация отходов добычи и переработки твердых горючих ископаемых. Недра, 1986. **84.** *Соломатов В.И.* Новый поход к проблеме утилизации отходов в строительной индустрии. Самара, 1999. **85.** *Киевский М.И., Евстратов В.Н., Ратманов А.Г.* Безотходные технологические схемы химических производств. К.: Техника, 1987. **86.** Защита окружающей среды от техногенных воздействий: Учебное пособие /Под ред. Г.Ф. Невской. М.: Изд – во МГУ, 1993. **87.** *Реймерс Н.Ф.* Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы). М.: Россия молодая, 1994. **88.** *Ситтинг М.* Натрий, его производство, свойства и применение. М.: Госатомиздат, 1961. **89.** *Алабышев А.Ф. и*

др. Натрий и калий. Л.: Госхимиздат (Ленинградское отделение), 1959. **90.** Горохов М.А. Безопасность работы с литием, натрием, калием. М.: Атомиздат, 1971-176 с. **91.** Чудаков А.И. Содовый на Каме. Исторический очерк о Березняковском ордена Трудового Красного Знамени содовом заводе им. В.И. Ленина. Пермь. Кн. изд-во, 1973-163 с. **92.** Mc Nitt R.. J. U. S. Patent 959785, May, 31, 1910. **93.** Hulin P. L. German Patent 24480, Sept. 2, 1908. **94.** Governale L. J. U. S. Patent 2671010, Mar, 2, 1954. **95.** Carveth H. R. British Patent 255124, June, 7, 1926. **96.** Jackson C. B. U. S. Patent 2405580, Aug, 13, 1946.

Поступила в редколлегию 08.09.06.