

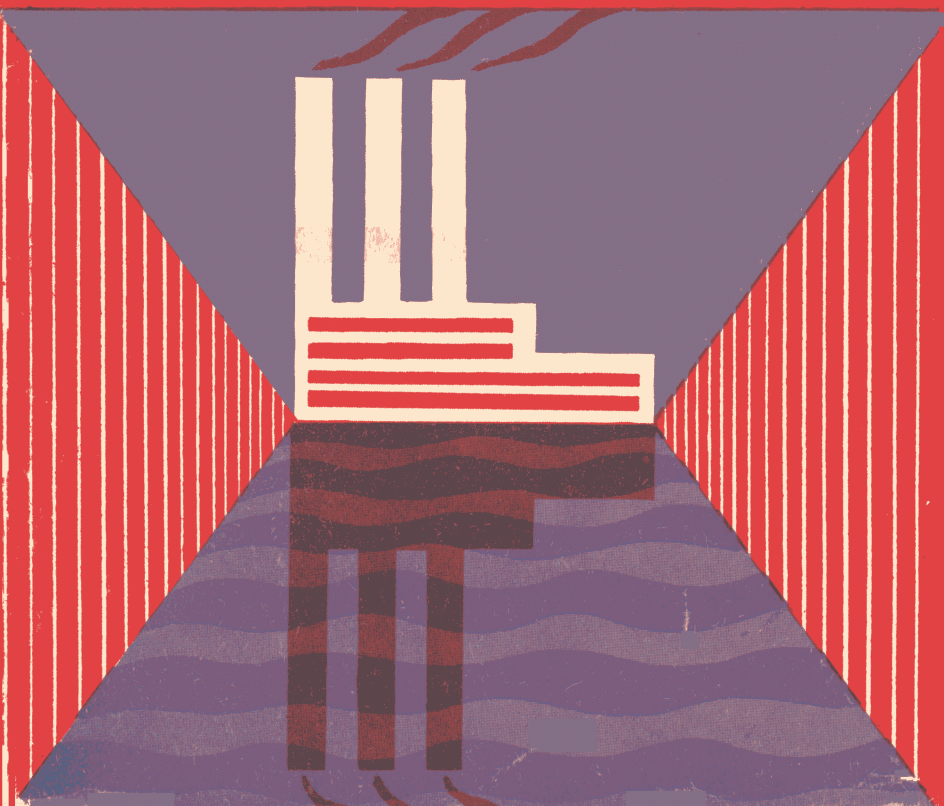
НОВОЕ
В ЖИЗНИ, НАУКЕ,
ТЕХНИКЕ

ЗНАНИЕ

11/1976

СЕРИЯ
ХИМИЯ

БОРЬБА
С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ
ОКРУЖАЮЩЕЙ
СРЕДЫ
В ЦЕЛЛЮЛОЗНО-
БУМАЖНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ



НОВОЕ
В ЖИЗНИ, НАУКЕ,
ТЕХНИКЕ

Серия «Химия»
№ 11, 1976 г.
Издается ежемесячно с 1964 г.

**БОРЬБА
С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ
ОКРУЖАЮЩЕЙ
СРЕДЫ
В ЦЕЛЛЮЛОЗНО-
БУМАЖНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
Москва 1976

**Б 84 Борьба с загрязнением окружающей среды
в целлюлозно-бумажной промышленности. М.
«Знание», 1976.**

64 с. (Новое в жизни, науке, технике. Серия «Химия», 11. Издается ежемесячно с 1964 г.)

В брошюре рассматриваются основные источники образования газопылевых выбросов и сточных вод в целлюлозно-бумажном производстве и характер воздействия их на атмосферу и водоемы. Освещены технологические методы сокращения промышленных выбросов и получения ценных продуктов из промышленных отходов. Рассмотрены современные методы очистки газопылевых выбросов и сточных вод. Привлечено внимание к еще нерешенным проблемам в этой области и намечены пути их разрешения.

20504

6 П7.53

ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение окружающей природной среды, порожденное стремительным развитием промышленности, стало предметом глубокого беспокойства политических деятелей, ученых и прогрессивной общественности всего мира. Сопровождающая научно-технический прогресс уродливая тень в виде кризиса окружающей среды стала повсеместно принимать такие огромные размеры и грозные очертания, что не считаться с ней уже невозможно. Загрязнение воздуха, эрозия почв, отравление водоемов — вот характерные следствия нарушений природного равновесия.

Загрязнение воздуха и воды во многих странах мира стало настолько угрожающим, что этой проблемой занялась Организация Объединенных Наций (она неоднократно посвящала ей свои конференции). Некоторые ученые считают, что загрязнение биосферы представляет теперь такую же опасность, как ядерная война.

В нашей стране загрязнение окружающей среды, разумеется, не достигает таких масштабов, как в технически развитых капиталистических странах, но очаги локального загрязнения природных вод и атмосферного воздуха, к сожалению, еще имеются.

В «Основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы» предусмотрено резко уменьшить вредное воздействие отходов на окружающую среду. Активнее вести разработку технологических процессов, обеспечивающих уменьшение отходов и их максимальную утилизацию.

Развивать специализированные производства по выпуску оборудования и машин, необходимых для создания на предприятиях высокоэффективных очистных сооружений.

В программе развития науки предусматривается даль-

нейшее развитие исследований, открывающих принципиально новые пути и возможности для преобразования производительных сил страны, создания техники и технологии будущего.

Сказанное выше в полной мере относится к перспективам развития целлюлозно-бумажного производства, которое в настоящее время не без оснований имеет репутацию весьма активного нарушителя природного равновесия.

Целлюлозно-бумажная промышленность (ЦБП) вырабатывает два основных вида продукции — целлюлозу и бумагу, причем выработка целлюлозы коренным образом отличается от бумажного производства, представляя собой химический процесс с довольно сложной системой регенерации химикатов. В противоположность этому производство бумаги является в основном механическим процессом с сопутствующими ему физико-химическими, главным образом сорбционными, явлениями. Вследствие такого различия именно производство целлюлозы, как химическое, является основным загрязнителем атмосферного воздуха и водоемов. Производство бумаги и картона, за редким исключением, воздух не загрязняет, но загрязняет водоемы стоками, содержащими преимущественно взвешенные вещества — волокно и наполнители.

Для производства целлюлозы применяют в основном два способа — сульфатный и сульфитный. В обоих случаях сваренная в котлах периодического или непрерывного действия целлюлоза проходит промывной и очистной отделы, затем (если в этом есть необходимость) подвергается отбелке химическими реагентами и, наконец, поступает на пресспаты — машины, вырабатывающие товарную целлюлозу. Однако реагенты, используемые в двух названных способах, и пути возврата их в производство совершенно различны.

В сульфатном способе для варки целлюлозы применяют так называемый белый щелок, представляющий собой раствор едкого натра и сульфида натрия. После варки образуется черный щелок, в состав которого входят извлеченные из древесины вещества. Его упаривают и сжигают в содорегенерационных котлоагрегатах, возвращая при этом в производство соединения натрия и серы. Полученный в результате сжигания органических веществ и растворения плава зеленый щелок переводят в пригодный для варки белый щелок обработкой известью (каустизация),

а саму известь регенерируют обжигом в известерегенерационных печах. Технологические потери натрия и серы восполняют добавлением сульфата натрия к черному щелоку перед его сжиганием.

В сульфитном способе для варки целлюлозы используют сернистую кислоту и ее соли. Отработанные щелока, как правило, не сжигают, а подвергают переработке.

Современный целлюлозно-бумажный комбинат (ЦБК) обычно объединяет производство целлюлозы с производством бумаги. Кроме того, в состав ЦБК входит ТЭЦ, сжигающая природное топливо и также загрязняющая атмосферу и водоемы.

На пути к созданию безотходной технологии производства целлюлозы и бумаги, оптимальной с точки зрения охраны окружающей среды, можно наметить следующие промежуточные этапы:

- уменьшение количества промышленных выбросов путем совершенствования существующих способов производства;

- создание и повсеместное применение эффективных и надежных очистных сооружений;

- совершенствование системы контроля за количеством и составом газопылевых выбросов и сточных вод и за работой очистных сооружений;

- разработка новых технологических процессов.

В связи с этим осуществление в нашей стране таких мероприятий, как широкое использование на целлюлозно-бумажных предприятиях биологической очистки общего потока сточных вод и создание сложной и эффективной системы очистных сооружений на Байкальском ЦБК и Селенгинском целлюлозно-картонном комбинате, следует рассматривать как важные, но лишь первые вклады в решение сложной проблемы экологической ориентации технологии ЦБП.

Рассмотрение путей и способов устранения губительного воздействия газопылевых выбросов и сточных вод ЦБП на окружающую природную среду и здоровье людей является основной задачей настоящей брошюры.

1. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС И ЭКОЛОГИЯ

Издержки научно-технического прогресса можно было бы свести к минимуму, если бы специалисты, имеющие дело с природными ресурсами (на использовании которых, заметим в скобках, основано любое производство), были лучше знакомы с экологией — наукой о взаимодействии живых организмов с окружающей средой. Именно на этой науке должны базироваться и любые мероприятия по охране природы.

Слово «экология» происходит от греческих слов «ойкос» — дом и «логос» — наука. Для совокупности всего живого, населяющего нашу планету, единым домом является биосфера — важнейший объект изучения экологов.

Для того чтобы лучше разобраться в сложных взаимосвязях между отдельными компонентами биосферы, ее подразделяют на территории, характеризующиеся более или менее одинаковыми признаками.

Такие территории называют экосистемами, или, по терминологии В. Н. Сукачева, биогеоценозами. Биогеоценозы могут быть маленькими, как пруд, или большими, как озеро Байкал, но в любом случае биогеоценоз объединяет два компонента — биоценоз, т. е. сообщество живых организмов, и биотоп — место их обитания.

Биоценоз, являющийся наиболее активным компонентом, состоит из отдельных популяций, каждая из которых представляет собой совокупность организмов одного вида. Следует подчеркнуть, что именно биоценозы сыграли важнейшую роль в формировании окружающей нас среды, создали и поддерживают в ней условия, благоприятные для жизни человека. Например, зеленые растения вырабатывают в процессе фотосинтеза и поставляют в атмосферу необходимый для дыхания кислород, почвенные биоценозы создают плодородные почвы, леса формируют микрокли-

мат и т. д. При этом все элементы, входящие в биогеоценоз, объединены сложной системой взаимосвязей. Без ее изучения попытки человечества улучшить биогеоценозы имеют, по меткому выражению известного эколога Питера Фарба, столь же мало шансов на успех, как и попытка наладить работу телевизора с помощью гаечного ключа или кувалды. Вывод о целесообразности того или иного воздействия на природную среду может быть сделан только после комплексного изучения всех аспектов, существенных в данной ситуации.

Стремительное развитие экологии в последние годы определяется прежде всего тем, что на нее возлагается задача прогнозировать воздействие хозяйственной деятельности человека на отдельные биогеоценозы и биосферу в целом.

Многие ученые отводят экологии роль гида, способного наилучшим образом направлять и ориентировать дальнейший научно-технический прогресс и в конечном счете привести человеческое общество к состоянию гармонии с окружающей природой.

Но здесь необходимо заметить, что благородную роль такого гида можно доверить далеко не каждому экологу. Дело в том, что в рекомендациях зарубежных экологов по вопросу о целесообразности и путях дальнейшего развития производительных сил нет и намека на единое мнение.

Представители так называемого «Римского клуба» Д. Мидоуз и соавторы в книге «Пределы роста» в целях смягчения экологического кризиса предлагают ограничить как дальнейший рост численности населения на нашей планете, так и развитие производительных сил. Эта точка зрения, безусловно, является ошибочной.

Экология должна быть не тормозом, а стимулом научно-технического прогресса, так как только непрерывное развитие науки и техники позволит в будущем удовлетворить растущие потребности человечества и создать необходимые предпосылки для преодоления экологического кризиса.

Человечество не может делать ставку на сохранение в масштабах планеты сложившихся к настоящему времени биогеоценозов. Любая популяция, входящая в биоценоз, активно воздействует на окружающую среду, и, разумеется, нет никаких оснований отказывать в этом праве человеческой популяции. Но для того чтобы созданные человеком биогеоценозы превосходили по продуктив-

ности, стабильности и красоте биогеоценозы естественные, необходимо, как указывает академик С. С. Шварц, пройти следующие два этапа:

1. Понять те основные законы, которые управляют жизнью отдельных биогеоценозов и биосферой в целом.

2. Применить полученные знания для разработки конкретных мер управления жизнью биосферы.

Таким образом, любая деятельность, связанная с воздействием на биосферу, в том числе техническая деятельность, должна включать в качестве первоочередного элемента изучение природы.

Заметим в этой связи, что углубленное и целенаправленное изучение объектов и явлений природы всегда стимулировало и будет стимулировать возникновение технических идей.

Например, наблюдения за полетом птиц и летучих мышей способствовали созданию летательных аппаратов, а обтекаемая форма рыб послужила моделью для конструирования подводных лодок. Большой интерес, проявляемый в настоящее время к дельфинам, связан с изучением не только незаурядного интеллекта этих животных, но и их особых органов чувств, выполняющих роль локаторов, а также уникальных свойств кожи, снижающих гидродинамическое сопротивление. Использование в технике многочисленных «патентов» природы составляет основу увлекательной и быстроразвивающейся науки бионики.

О любопытных фактах, относящихся к этой области, сообщил недавно академик С. С. Шварц¹.

Установлено, что в период размножения самки бабочек выделяют пахучие вещества — аттрактанты, а самцы благодаря наличию у них разветвленных усиков — антенн «чуют» присутствие бабочек своего вида на расстояние до 10 км!

Изучение этого явления не только подсказывает пути создания сверхчувствительных анализаторов, но, что еще важно, открывает совершенно новые возможности в борьбе с вредителями лесов, садов и полей. Синтезировав аттрактанты, можно будет заманивать в ловушки самцов бабочек определенного вида и отказаться от применения ядохимикатов, которые губят не столько наших врагов, сколько друзей.

¹ См. С. Ш в а р ц. С тех пор как возникла жизнь. — «Правда», 1975, 28 октября,

И наконец, следует подчеркнуть, что природа дает нам прекрасный образец разумного хозяйствования! В своем докладе на общем собрании Академии наук СССР 21 июня 1973 г. академик А. П. Виноградов заметил, что «вне поля деятельности человека биосфера организовалась, можно сказать, по принципу безотходного производства — продукты жизнедеятельности одних организмов жизненно необходимы другим; все утилизируется в великом биологическом круговороте биосферы»².

С учетом этого основное требование экологии заключается в том, чтобы сохранить характерные для природы циклы обмена веществ и «вписать» в них производственные процессы. У природы есть много способов самоочищения от вредных примесей: осаждение частиц и их рассеивание в высоких слоях атмосферы, вымывание дождями и растворение в водоемах, разрушение вредных соединений в химических и биохимических процессах и т. д. Но природа «не рассчитывала» на столь грандиозные масштабы вмешательства человека, и в настоящее время количество вредных отходов хозяйственной деятельности в ряде случаев превышает способность природы к самоочищению.

Для того чтобы помочь природе справиться с загрязнениями, необходимо критически рассмотреть существующие методы производства и наметить пути создания безотходной технологии во всех отраслях промышленности.

Экологи рекомендуют человечеству шире использовать энергию ветра, морского прибоя, солнечной радиации и экономнее расходовать накопленные природой в подземных кладовых топливные и сырьевые невозобновимые ресурсы, обращая их лишь на производство продуктов и товаров, действительно необходимых людям.

Однако это разумное требование находится в явном противоречии со всем укладом капиталистического строя, основной движущей пружиной которого является стремление предпринимателей получить максимальную прибыль.

Так, например, в погоне за сверхприбылью мощная частная компания «Уддехолм» в Швеции начала в последнее время вести сплошные концентрированные рубки леса, оголяя даже водоразделы.

² Безотходная технология — производство будущего. — «Наука и жизнь», 1975, № 10, с. 44.

Порожденный капиталистическим строем глубокий кризис окружающей среды имеет своим логическим следствием кризис доверия к буржуазной социальной системе миллионов простых людей, вынужденных расплачиваться своим здоровьем за сверхприбыли монополий. Понимая это, правительства США, Швеции, Канады и других капиталистических стран предпринимают в последние годы серьезные усилия, направленные на ограничение загрязнения природной среды.

В частности, конгрессом США в период с 1970 г. по настоящее время принят ряд законов: о национальной политике в вопросах окружающей среды, о национальной политике в отношении использования сырьевых ресурсов, о чистом воздухе, о контроле над шумом, о контроле над загрязнением воды и др. Созданы специализированные учреждения для контроля за состоянием природной среды и за действенностью принятых законов. Большие средства вкладываются в обеспечение научных исследований, направленных на разработку безотходной технологии, эффективных методов очистки, экологическую подготовку специалистов и т. п. В связи с этим стали подниматься акции фирм, выпускающих оборудование для очистки воды и воздуха, и уже достигнуты первые результаты в снижении темпов загрязнения окружающей среды.

В нашей стране охрана природы рассматривается как важная государственная задача. Сразу после победы Великой Октябрьской Социалистической революции был издан ряд законодательных актов; основополагающий среди них — принятый 26 октября 1917 г. 2-м Всероссийским съездом Советов, по предложению В. И. Ленина, Декрет о земле. Затем были изданы декрет ВЦИК от 27 мая 1918 г. «О лесах», декреты СНК РСФСР от 20 марта 1919 г. «О лечебных местностях общегосударственного значения», от 14 мая 1919 г. «О недрах земли», от 24 мая 1921 г. «Об охране рыбных и звериных угодий в Северном Ледовитом океане и Белом море», от 16 сентября 1921 г. «Об охране памятников природы, садов и парков» и др. Используя преимущества социалистического строя с присущей ему плановой системой ведения хозяйства, государственные и общественные организации последовательно осуществляли мероприятия, направленные на более рациональное использование природных ресурсов, сохранение и целесообразное преобразование природной среды. В 1969 г. Верховный Совет СССР принял Основы законодательства

Союза ССР и союзных республик о здравоохранении, определяющие совокупность санитарно-гигиенических требований (в том числе к почвам, воздушному и водному бассейнам), которым должны удовлетворять условия труда, быта и отдыха населения. В сентябре 1972 г. Верховный Совет СССР признал заботу об охране природы одной из важнейших задач Советского государства. 29 декабря 1972 г. ЦК КПСС и Совет Министров СССР приняли развернутое постановление «Об усилении охраны природы и улучшении использования природных ресурсов», обязавшее партийные и советские органы установить систематический контроль за проведением работ по предотвращению загрязнения почв, поверхностных и подземных вод. С 1974 г. введено планирование мероприятий по охране природы как составных частей текущих и перспективных планов развития народного хозяйства Советского Союза.

Усилено внимание к вопросам пропаганды экологических знаний среди населения, к преподаванию основ экологии и охраны природы во всех учебных заведениях, к проведению научных исследований по разработке более совершенных технологических и очистных методов, хотя в этой области предстоит сделать еще очень многое. В Государственном бюджете СССР на 1976 г. предусмотрены крупные ассигнования на охрану природы.

Таким образом, по существу, началось сотрудничество двух социальных систем, направленное на снижение губительного воздействия техники на природную среду. Значение успешного разрешения этой проблемы трудно переоценить. По оценке Госплана СССР ежегодный ущерб, который несет наше народное хозяйство от нерационального использования природных ресурсов и неблагоприятного воздействия на окружающую среду, составляет многие десятки миллиардов рублей³. Но несмотря на всю внушительность этой суммы, важность вопросов охраны природной среды, волнующих широкие круги населения, выходит за рамки технико-экономических оценок, приобретая социально-политическую значимость, поскольку от состояния охраны природы зависят перспективы благополучия и самого существования человеческого общества на нашей планете. Для социалистического общества достиже-

³ Человек и среда его обитания (дискуссия). — «Вопросы философии», 1973 № 1, с. 48.

ние гармонии с природой является, кроме того, важным условием строительства коммунизма.

В связи с изложенным уместно рассмотреть с экологических позиций целесообразность дальнейшего развития целлюлозно-бумажного производства.

Основной поставщик сырья для целлюлозно-бумажной промышленности — лес — является одним из важнейших звеньев в природной цепи круговорота веществ. Благодаря интенсивному процессу фотосинтеза леса пополняют запасы кислорода в земной атмосфере и удаляют из нее избыток углекислоты. Они несут санитарную службу, очищая воздух от пыли, болезнетворных микробов и вредных газов, регулируют климат и речной сток, предотвращают почвенную эрозию, дают пищу и убежище зверям и птицам, служат прекрасным местом для туризма и отдыха и т. д. Но вместе с тем строго регулируемая и сочетаемая с интенсивным лесоразведением рубка леса не должна вызывать серьезных возражений. Имеющийся опыт лесоводства убеждает в том, что леса, посаженные и выращенные человеком, несколько не уступают по продуктивности и красоте природным лесам.

Наша страна располагает богатейшими в мире лесными ресурсами и в перспективе за счет освоения еще нетронутых лесных массивов в Сибири может без ущерба для природы значительно увеличить объем заготовок древесины, доведя его примерно до 800 млн. м³/год, что соответствует годовому приросту древесины в наших лесах.

С точки зрения экологии важным преимуществом целлюлозы перед многими синтетическими полимерами является способность изделий из нее к биологическому разложению грибами и бактериями, благодаря чему использованные человеком газеты, бумажная и картонная тара, упаковка и т. п. могут быть возвращены в природные циклы обмена веществ. Это ценное качество, еще сравнительно недавно рассматривавшееся как недостаток, вместе с наличием обширной базы возобновимых сырьевых ресурсов определяет безусловную перспективность дальнейшего развития целлюлозно-бумажной промышленности.

Однако применяемые в настоящее время в мировой практике способы варки и отбелки целлюлозы вызывают вполне обоснованную критику в связи с образованием в технологических процессах большого количества промышленных выбросов, загрязняющих воздух и водоемы. Советские и зарубежные специалисты ведут интенсивную разра-

ботку новых, экологически более приемлемых способов варки и отбели. Но вполне понятно, что перевод на новые рельсы большой и оснащенной весьма сложным оборудованием отрасли связан с огромными затратами трудовых и материальных ресурсов и не может быть осуществлен в ближайшем будущем.

Поэтому первоочередной и неотложной задачей является сокращение до минимума неблагоприятного воздействия на окружающую среду-газопылевых выбросов и сточных вод действующих предприятий целлюлозно-бумажной промышленности:

2. ГАЗОПЫЛЕВЫЕ ВЫБРОСЫ

Прежде всего следует рассмотреть основные источники газопылевых выбросов.

Больше всего загрязняют атмосферный воздух предприятия, производящие целлюлозу по сульфатному способу, имеющему наибольшие возможности производства полуфабрикатов для выработки различных видов бумаги для технических целей и картона и получившему в настоящее время преимущественное распространение.

Основная причина выделения вредных газовых соединений при этом способе производства целлюлозы — использование в технологическом процессе сульфида натрия, что приводит к образованию серосодержащих соединений: сероводорода, метилмеркаптана, диметилсульфида, диметилдисульфида.

Содержащие сернистые соединения газы образуют на многих участках производства. Среди них необходимо в первую очередь назвать содорегенерационный котлоагрегат, в котором производят сжигание черного щелока — вторичного продукта, образующегося в результате варки целлюлозы. Кроме перечисленных серосодержащих соединений, в отходящих газах содорегенерационного котлоагрегата содержатся сернистый и серный ангидриды.

Следующий по величине источник загрязнения — сам варочно-промывной цех, где производится варка и промывка целлюлозы. Затем идут выпарной цех и производства по получению побочных продуктов: скипидара, талловой каанифоли, пека, флотационного масла и др.

Наконец, все эти соединения, входящие в так называемый «сульфатный букет запаха», выделяются через неплотности из большого количества аппаратов, баков, емкостей, служащих для переработки и хранения белого, черного и зеленого щелоков. Через вентиляционные трубы

эти соединения выбрасываются в атмосферу. Основными источниками загрязнения атмосферы пылью (аэрозолями) являются содорегенерационные котлоагрегаты, с отходящими газами которых за час уносится из топок 1,5—3,0 т пыли, состоящей в основном из сульфата натрия, и известерегенерационные печи, из которых вместе с газами уносится 0,5—1,0 т пыли в час.

Сульфитно-целлюлозное производство загрязняет атмосферу заметно меньше, чем сульфатно-целлюлозное (но зато оно, как будет рассмотрено далее, характеризуется более интенсивным загрязнением водоемов). Главным загрязнителем атмосферы при сульфитном способе производства целлюлозы является сернистый ангидрид, который используется для приготовления варочной кислоты и в определенных количествах может выбрасываться в атмосферу при сдувах и выдувах в варочном цехе. Кроме того, сернистый ангидрид проникает в атмосферу с «хвостовыми» газами из башен или аппаратов приготовления варочной кислоты.

С загрязнением атмосферы связаны процессы отбелки как сульфитной, так и сульфатной целлюлозы. Причина загрязнения атмосферы — применение для отбелки целлюлозы газообразного хлора и двуокиси хлора. К тому же при получении хлора и двуокиси хлора образуются такие токсичные соединения, как хлористый водород, пары ртути, сернистый ангидрид, щелочные аэрозоли. Хлор и двуокись хлора, а также другие вредные их спутники обычно содержатся в вентиляционных выбросах.

Газовые выбросы, характерные для отбельного цеха, могут быть и на бумажных фабриках, осуществляющих добелку привозной целлюлозы.

Значительным источником загрязнения атмосферы являются тепловые электростанции, необходимые для снабжения производства паром и электроэнергией. В зависимости от вида топлива и мощности станции состав и количество загрязнений могут быть различными. При сжигании угля, торфа, щепы, бардяных концентратов дымовые газы содержат частицы золы. При сжигании высокосернистого мазута атмосфера загрязняется сернистым ангидридом.

Газопылевые выбросы целлюлозно-бумажных предприятий, загрязняя атмосферу, оказывают неблагоприятное влияние на здоровье людей и окружающую среду. Производство сульфатной целлюлозы сопровождается специфическим, неприятным и очень стойким запахом, который

ощущается в направлении ветра на многие километры от предприятия, несмотря на то что количество серусодержащих соединений, продуцирующих этот аромат, относительно невелико. Так, например, с отходящими газами содорегенерационного котлоагрегата уносится метилмеркаптана всего лишь 10—20 кг в час. Однако порог обонятельного ощущения метилмеркаптана, имеющего очень сильный и неприятный запах (гнилого лука или гнилой капусты), составляет 0,000023 мг/м³, что и определяет распространение «меркаптанового запаха» на большие расстояния.

Газовые выбросы не только отрицательно влияют на самочувствие и настроение людей, но могут также быть причиной более высокой заболеваемости населения, проживающего в районах, прилегающих к целлюлозно-бумажным предприятиям. При загрязнении атмосферы серусодержащими соединениями возрастает частота заболеваний органов дыхания.

Губительное воздействие газопылевые выбросы могут оказывать и на леса, вызывая усыхание деревьев, ослабление процессов роста и развития деревьев, нарушение фотосинтеза. Из хвойных пород больше всего подавляется рост лиственницы, из лиственных — осины.

Пылевые выбросы, оседающие на землю, увеличивают кислотность почвы и обедняют микрофлору. В результате биохимическая активность почвы снижается. Загрязнение почвы приводит, в свою очередь, к загрязнению грунтовых вод и водных источников.

В качестве основных критериев, определяющих допустимые значения различных вредных газообразных соединений и пыли в атмосферном воздухе, приняты предельно допустимые концентрации (ПДК), значения которых установлены в результате научных исследований и утверждены Министерством здравоохранения.

3. СТОЧНЫЕ ВОДЫ

Выпуск любого вида продукции в целлюлозно-бумажной промышленности связан с большим расходом воды. Современный целлюлозно-бумажный комбинат потребляет столько воды, сколько население города в 2 млн. человек. Сброс сточных вод крупным предприятием достигает 10 000 м³/ч и более, а всего целлюлозно-бумажные предприятия нашей страны сбрасывают за год около 3 млрд. м³ стоков.

Количество сточных вод, образующихся на предприятии, зависит прежде всего от вида вырабатываемой продукции. Вместе с тем количество сточных вод и степень их загрязнения зависят и от совершенства технологической схемы, т. е. от степени использования оборотной воды в цикле производства, степени отбора щелоков и их переработки, применения современного оборудования и автоматики, устранения случайных стоков и т. п. Санитарные требования к условиям сброса сточных вод применительно к предприятиям целлюлозно-бумажной промышленности основываются на составе и свойствах наиболее характерных загрязнений. Сточные воды целлюлозно-бумажной промышленности могут оказывать на водоемы весьма неблагоприятное влияние специфическим резким запахом, окраской, величиной рН, высоким содержанием взвешенных и растворенных органических веществ, большим плотным остатком, высокими окисляемостью и БПК (БПК — биохимическое потребление кислорода, т. е. количество кислорода в 1 мг, потребное для окисления микроорганизмами органических веществ, содержащихся в 1 л воды). В них могут содержаться и вещества, губительные для живых организмов, такие, как сероводород, метилмеркаптан, метанол, смолы и др.

Качество воды в пункте ближайшего водопользования ниже спуска сточных вод целлюлозно-бумажного пред-

приятия регламентируется Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами (№ 1166—74). Заметим, что по ряду показателей загрязнения нормативы, принятые в СССР, значительно жестче, чем за рубежом. В соответствии с требованиями санитарной охраны водоемов при проектировании и строительстве предприятий целлюлозно-бумажной промышленности проводятся расчеты, в которых учитывают:

мощность и характер использования водоема, намеченного для приема сточных вод;

расчетный расход сточных вод;

физико-химический состав сточных и природных вод;

концентрацию в сточных водах отдельных вредных веществ.

Этими расчетами устанавливается связь между допустимой нагрузкой на водоем и фактической концентрацией сточных вод, позволяющая определить необходимую степень очистки и оценить достаточность запроектированных очистных сооружений.

В целлюлозно-бумажном производстве образуются сточные воды, различающиеся по типу основных загрязнений. По этому признаку их можно разделить на несколько потоков.

Корусодержащие сточные воды образуются при мокрой окорке древесины, загрязнены корой, количество которой достигает 12—14% по весу от обрабатываемой неокоренной древесины. Кора содержит большое количество смолы и органических веществ, растворимых в воде. Этот сток обладает древесно-скипидарным запахом, окрашен пектиновыми и дубильными веществами, имеет низкую прозрачность и довольно высокое БПК (100—200 мгО₂/л).

Попадая в водоемы, кора осаждается на дне, образуя огромные залежи, иногда в виде островов и мелей, что вызывает изменение характера речного потока. Кора, находящаяся в водоеме, попадает в жабры рыб, ухудшает качество и состав воды — из-за выделения смолистых веществ при ее разложении, а сам процесс разложения коры связан с потреблением растворенного в воде кислорода.

Волокно-каолинсодержащие сточные воды образуются при производстве полуфабрикатов, бумаги, картона, древесно-волоконистых плит. Они загрязнены главным образом взвешенными веществами в виде целлюлозных, древесных волокон и наполнителей.

Недостаточная промывка целлюлозы от щелоков и растворение веществ при пропаривании и горячем дефибрировании древесины приводит к повышению БПК этого потока. Используемые в производстве красители также частично переходят в сточные воды.

Сбрасывать волокно-каолинсодержащие сточные воды без очистки недопустимо, так как волокно, отлагаясь на дне водоемов, в анаэробных условиях загнивает, выделяя углекислый газ, метан; белковые соединения разлагаются с выделением сероводорода. На разложение волокна расходуется растворенный в воде кислород. Взвешенные в воде волокна и наполнители засоряют жабры рыб, что приводит их к гибели. Продукты гниения волокна придают воде неприятный вкус, отравляют атмосферный воздух, губительно действуют на все живое в водоемах.

Щелокосодержащие сточные воды образуются в варочном, промывном, очистном цехах, в цехах регенерации серы и основания, при переработке побочных продуктов сульфатно- и сульфитно-целлюлозного производства.

По составу отработанные щелока как сульфитного, так и сульфатного производства целлюлозы представляют собой сложный комплекс, примерно на 20% состоящий из неорганических и на 80% из органических веществ. Основная часть растворенных в сульфитном щелоке органических веществ приходится на лигносульфонаты, сахара, спирты, а в сульфатном щелоке — на тиолигнин, смоляные и жирные кислоты.

В среднем на 1 т выработанной целлюлозы растворяются около 1 т веществ древесины.

Вредное воздействие щелокосодержащих сточных вод связано главным образом с нарушением кислородного режима водоемов. Кроме того, этот поток имеет темно-коричневый цвет и интенсивно окрашивает природные воды. В результате солнечный свет проникает на меньшую глубину, процессы фотосинтеза тормозятся, а следовательно, уменьшается и кормовая база для рыб. Особенно вредное воздействие на водоемы оказывают такие вещества, как смолы, фурфурол, фенолы и серусодержащие соединения сульфатного щелока.

Кислый поток в основном образуется в кислотном цехе сульфитно-целлюлозного завода, в отбельном цехе, при производстве пергамента и большинства видов бумаг. Эти сточные воды содержат растворенные минеральные кислоты, в частности сернистую кислоту. Сброс кислых сточных вод

в водоемы понижает рН и уменьшает содержание растворенного в воде кислорода в результате расхода его на окисление сернистой и серной кислот.

Серусодержащие сточные воды образуются в сульфатно-целлюлозном производстве в виде конденсатов варочного и выпарного цехов.

Этот поток содержит в растворенном виде сероводород H_2S , метилмеркаптан CH_3SH , диметилдисульфид $(\text{CH}_3)_2\text{S}_2$, диметилсульфид $(\text{CH}_3)_2\text{S}$, скипидар, метанол, имеет высокое БПК. Неприятный запах потока, обусловленный наличием метилмеркаптана и сероводорода, не исчезает даже при разбавлении в 1000 раз. Сброс таких сточных вод в водоемы может привести к нарушению кислородного режима, к гибели рыб, микроорганизмов и растительности. От таких соединений, как сероводород и метилмеркаптан, вода приобретает неприятный вкус и запах, передаваемый рыбам.

Хлорсодержащие сточные воды образуются при приготовлении белильных растворов и в отбельном цехе. Они загрязнены свободным и связанным хлором, продуктами хлорирования целлюлозы, двуокисью хлора, щелочью, соляной или сернистой кислотами, а также некоторым количеством взвешенных веществ в виде волокна и извести. Особую опасность представляет ртуть, попадающая в сточные воды хлорного завода, где она применяется при электролизе поваренной соли. Ртутьсодержащие сточные воды должны быть выделены в самостоятельный поток и направлены на установки внутрицеховой очистки. Вредное действие этого потока на водоемы связано с поглощением растворенного кислорода и присутствием токсичных веществ (активного хлора, смол, хлорлигнина).

Шлам- и золусодержащие сточные воды образуются в результате отстаивания зеленого и белого щелоков сульфатно-целлюлозного производства, а также в процессе золоудаления на ТЭЦ. Они не могут быть сброшены в водоем без очистки, так как резко повышают количество взвешенных веществ и увеличивают щелочность воды.

Условно чистые воды образуются в системах охлаждения аппаратуры. Содержание растворенных и взвешенных веществ в этих водах незначительное, поэтому обычно их без всякой очистки используют в обороте или спускают в водоемы. Однако изменения температурного режима водоемов тоже могут иметь нежелательные последствия.

Ливневые воды образуются на территории предприятия от дождя. Они загрязнены главным образом минеральными взвешенными веществами в виде песка, глины. Степень их загрязнения зависит от состояния территории предприятия. Обычно ливневые воды собираются в отдельную канализацию.

Наиболее загрязненные потоки сточных вод должны проходить внутрицеховую очистку. При выборе метода их очистки следует учитывать фазово-дисперсное состояние примесей. Остальные стоки объединяются в общий поток и направляются на общеплощадочные очистные сооружения.

Но прежде чем совершить экскурсию на очистные сооружения, рассмотрим прогрессивные технологические методы, которые необходимо повсеместно применять в основном производстве для того, чтобы максимально использовать сырье и реагенты и снизить затраты на очистку как сточных вод, так и газопылевых выбросов.

4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ СОКРАЩЕНИЯ ВЫБРОСОВ

Целлюлоза является важнейшим, но далеко не единственным продуктом, который можно получить при химической переработке древесины. Скипидар, этиловый спирт, диметилсульфоксид и другие органические растворители, фурфурол, кормовые дрожжи, канифоль, жирные кислоты, витамины, антибиотики — вот неполный перечень так называемых побочных продуктов, которые дает народному хозяйству целлюлозно-бумажная промышленность и которых она могла бы производить значительно больше, если бы ее предприятия не сбрасывали в канализацию и в буквальном смысле не выпускали на ветер многие тысячи тонн ценных веществ.

Основная идея совершенствования технологии современного целлюлозно-бумажного производства заключается в уменьшении технологических потерь и увеличении выработки ценных продуктов. Здесь в полной мере справедливо утверждение Д. И. Менделеева о том, что в химии нет отходов, а есть неиспользованное сырье. В то же время сокращение технологических потерь сырья и реагентов является наиболее эффективным средством борьбы с загрязнением окружающей природной среды.

Для уменьшения количества образующихся сточных вод необходимо прежде всего наиболее полно отделять от целлюлозы варочные щелока.

Образующиеся в результате варки отработанные варочные щелока представляют собой концентрированные растворы многих веществ (как органических, так и неорганических), вредных для природных водоемов.

При отборе отработанных щелоков необходимо выполнить три условия:

- 1) отбирать наибольшее количество сухих веществ древесины, перешедших во время варки в отработанные щелока;

2) отбирать щелока в наиболее концентрированном виде;

3) сохранять достаточно высокую температуру отбираемых щелоков.

Для наиболее полного отделения щелоков от сваренной целлюлозы профессор Н. Н. Непенин разработал метод ступенчатой промывки с применением оборотных щелоков. Сущность этого метода состоит в том, что после свободного стекания исходного щелока на каждую ступень промывки подается щелок с последующей ступени.

Современные варочные котлы со встроенными в них агрегатами диффузионной промывки дают удовлетворительные результаты. Однако технически и экономически наиболее целесообразно промывку проводить в варочном котле с последующим завершением ее на фильтре или диффузоре, что повышает степень отбора щелоков.

Применение встроенных промывных устройств прогрессивно и возможно в ряде технологических процессов. Так, в проекте Енисейского лесопромышленного комплекса (ЛПК) принята многоступенчатая отбелка целлюлозы в башнях со встроенными непрерывно действующими диффузорами, что исключает необходимость разбавления массы перед промывкой целлюлозы между ступенями отбелки, снижает расход воды и исключает загрязнение атмосферы газовыми выбросами.

В последнее время все больше внимания уделяется проектированию таких заводов, на которых отсутствовали бы промышленные выбросы. При этом наиболее рациональным путем считается создание на заводах полностью замкнутых систем без очистки на внеплощадочных очистных сооружениях.

Основная трудность проектирования завода без выбросов заключается, по мнению шведской фирмы КМВ, в достижении такой степени промывки массы, чтобы последняя была пригодна для выработки бумаги при использовании минимального количества воды. Фирмой рекомендуется следующая схема промывки целлюлозы, позволяющая создать полностью замкнутую систему: варочный котел — сдвоенный диффузор непрерывного действия — закрытая система сортировок — промывные фильтр-прессы.

Сточные воды древесно-подготовительного цеха предлагается ликвидировать путем замены мокрой окорки на сухую; конденсаты варочного цеха намечено отгонять и снова использовать. Технологическая линия производства

целлюлозы и древесной массы делается замкнутой, т. е. вся отходящая вода используется в производстве.

Для уменьшения количества конденсатов от выпарных станций предлагается вторичный пар из последнего корпуса конденсировать только в поверхностном конденсаторе (это предусмотрено для Енисейского ЛПК и Архангельского целлюлозно-бумажного комбината (ЦБК)).

Одним из технологических методов сокращения количества сточных вод в отбельном цехе является внедрение ступеней кислородной отбели. Исследования советских и шведских ученых показали, что кислородная отбелка целлюлозы может заменить хлорирование, щелочную обработку и частично обработку гипохлоритом. Несмотря на то что процесс на кислородной стадии отбели идет при более высокой температуре, чем на других стадиях, расход тепла остается примерно таким же (1 т пара на 1 т целлюлозы), так как обработка кислородом ведется при более высокой концентрации массы и поэтому нагревается меньшее количество воды.

При использовании кислородной отбели количество стоков существенно сокращается, однако вследствие значительного БПК эти стоки необходимо регенерировать или очищать, что можно осуществить непосредственно на целлюлозном заводе, так как в стоках кислородной отбели отсутствуют соединения хлора.

На опытно-промышленной установке сточная вода от кислородной ступени отбели повторно использовалась для прямой рециркуляции с целью разбавления целлюлозной массы в нижней зоне окислительного реактора; для предварительного разбавления на последующем промывном фильтре; для горячей промывки на sprays вакуум-формирующего барабана и для конечной промывки целлюлозы; для питания гасителей в отделе каустизации.

Другая возможность повторного использования и регенерации сточных вод от кислородной ступени отбели состоит в объединении кислородной ступени с системой промывки небеленой целлюлозы. Вопрос о том, до какой степени промывать целлюлозу перед кислородной ступенью и после нее, определяется степенью делигнификации на кислородной ступени и количеством окисленного отработанного щелока, которое можно возвращать в реактор. Эти проблемы решаются индивидуально на каждом предприятии.

Важным достоинством кислородной отбелки является отказ от использования в производственных процессах токсичного хлора, а также не менее токсичной ртути, применяемой для получения газообразного хлора путем электролитического разложения поваренной соли. В проектах Асиновского и Чунского ЛПК предусмотрено использовать на производственные нужды очищенные сточные воды вместо свежей воды, если качество их отвечает требованиям, предъявленным к воде при изготовлении соответствующих видов продукции. Такое повторное использование сточных вод должно снизить количество промышленных стоков, сбрасываемых в водоемы. Имеется в виду также максимальное использование так называемых оборотных вод, предусмотренное схемой технологического процесса. Оборотными водами называют богатые волокном или другими веществами отходящие воды, используемые повторно в цикле производства. Волокносодержащие сточные воды, например, применяются для разбавления массы при ее сортировании, подготовке к отливу или на самих бумаго-картоноделательных и сушильных машинах.

При загрязнении воды только взвешенными веществами — волокном и каолином, т. е. на фабриках, вырабатывающих обычные виды бумаги и картона из привозных полуфабрикатов или имеющих свой завод белой древесной массы, уже применяют замкнутый цикл оборотной воды.

В производстве бумаги наибольшие количества воды расходуются на sprays для промывки сеток бумагоделательных машин (по данным шведских ученых, приблизительно 60% от всей используемой воды). Если для этой цели вместо свежей воды использовать оборотную воду такого качества, которое полностью исключало бы опасность забивания сопел, то появляется возможность значительно уменьшить расход свежей воды и количество образующихся сточных вод. Этот путь экономии воды с успехом применяют, в частности, при выработке газетной бумаги. Оборотная вода при условии тщательной очистки, помимо традиционных узлов ее использования, может быть направлена на скрубберы вентиляционно-теплоулавливающих установок, в гидрозатворы сосунных ящиков, для приготовления растворов глинозема или квасцов.

К числу мероприятий по сокращению расхода воды относятся сбор и утилизация охлаждающей воды. Ее освобождают от ржавчины, накипи и т. п. фильтрованием через простейшие тканевые фильтры.

Коэффициент оборачиваемости, т. е. отношение оборотной, повторно используемой и последовательно используемой воды, к ее общему расходу составляет на передовых предприятиях около 0,75. В ближайшем будущем планируется довести его до 0,90.

Об имеющихся в этой области больших резервах лучше всего судить по конкретным примерам. Так, на Львовской бумажной фабрике создание замкнутой системы оборота воды позволило сократить расход воды с 70 до 7 м³ на 1 т продукции, а на Суоярвской картонной фабрике — с 40 до 4 м³ на 1 т. В десятой пятилетке планируется перевод на безотходную технологию Риховской и Новоселковской фабрик, Селенгинского целлюлозно-картонного комбината и некоторых других предприятий. В целом по отрасли, несмотря на дальнейший рост производства, будут значительно сокращены потребление свежей воды и сброс сточных вод в водоемы.

Совершенствование технологии является эффективным оружием также и в борьбе за чистоту атмосферы.

К общим мероприятиям по охране от загрязнения воздушного бассейна относятся:

- 1) рационализация технологических процессов, связанных с выделением в атмосферу газопылевых выбросов, в частности применение в сульфатно-целлюлозном производстве нержавеющей и кислотоупорной сталей и соответствующей арматуры для надежной герметизации трубопроводов парогазовых сдувок и промывных вод;

- 2) оснащение установок, улавливающих сернистый ангидрид, рекуперированных оснований и серу, контрольно-измерительной и автоматически регулирующей аппаратурой, обеспечивающей бесперебойную работу этих установок;

- 3) нейтрализация хлорсодержащих стоков и сточных вод кислотного цеха, из которых могут выделяться летучие вещества;

- 4) грамотная техническая эксплуатация агрегатов, выделяющих в атмосферу вредные производственные и вентиляционные газы;

- 5) обязательная предварительная рекуперация газов перед выбросом в атмосферу;

- 6) замена твердого или жидкого топлива газообразным (природным газом), в результате чего дымовые газы освобождаются от летучей золы, недожога и сернистого ангидрида.

5. ПОЛУЧЕНИЕ ЦЕННЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ ОТХОДОВ

Щелокосодержащие сточные воды сульфатно- и сульфитно-целлюлозных заводов отличаются высоким биохимическим потреблением кислорода. При сбросе всего количества щелоков нагрузка на водоем по БПК₅ составляет 349 кг O₂ на 1 т сульфитной целлюлозы и 279 кг O₂ на 1 т сульфатной целлюлозы.

Регенерация щелочи из отработанных щелоков путем выпаривания, сжигания и каустизации резко снижает содержание органических загрязнений в сточных водах сульфатно-целлюлозных заводов.

Несколько хуже обстоит дело со сточными водами сульфитно-целлюлозных заводов.

В целях охраны водных ресурсов необходимо создать и освоить высокоэффективные технологические процессы производства, обеспечивающие комплексное, т. е. наиболее полное, использование сырья.

Лигносulфоновый комплекс, или лигносulфонаты, представляющие собой соли лигносulфоновых кислот, — основная часть растворенных в сульфитном щелоке органических веществ, на долю которых приходится 50—60% всех органических веществ. Второй по значимости компонент сульфитного щелока — сахара, образующиеся в результате гидролитических реакций, протекающих в процессе варки целлюлозы. Сахара составляют 25—27% органических веществ щелока. Концентрация сахаров в отбираемом щелоке колеблется от 2 до 2,8%; причем две трети из них составляют сбраживаемые сахара (гексозы).

Количество щелока, отбираемого на использование, колеблется обычно от 8 до 11 м³ на 1 т целлюлозы при концентрации в нем сухих веществ от 90 до 120 г/л.

Углеводы сульфитного щелока могут быть использованы для производства этилового спирта, кормовых дрожжей, антибиотиков, органических растворителей, органических кислот, фурфурола, газообразного топлива.

Технологический процесс производства спирта состоит из трех основных стадий:

подготовки сульфитного щелока к брожению;

сбраживания щелока на спирт;

перегонки полученной бражки с целью извлечения спирта и укрепления его с одновременной очисткой от примесей.

Отходом производства спирта является сульфитно-спиртовая барда. Барду направляют на дальнейшую переработку по схеме комплексного использования щелока. Прежде всего ее аэрируют в специальных дрожжерастительных баках, где происходят утилизация сахаров и органических кислот дрожжами и накопление 60—70% дрожжевой массы от количества сахаров. Полученные дрожжи содержат до 50% усвояемого белка, много различных витаминов и большой комплекс аминокислот, включающий все десять жизненно необходимых кислот. Эффективность применения кормовых дрожжей очень высока как с точки зрения повышения продуктивности животноводства, так и с точки зрения экономии кормов.

Белковые дрожжи могут быть использованы в виде пищевого продукта. На целлюлозном заводе в Швейцарии из кормовых дрожжей удаляют горькие вещества и делают бульонные кубики.

Отходом дрожжевого производства является последрожжевая бражка, направляемая на дальнейшую переработку в концентраты. Концентрируют последрожжевую бражку на современных выпарных батареях из четырех-шести корпусов. Упаривают ее обычно до содержания сухих веществ 50—55%.

Полученные концентраты используют в литейном производстве в качестве крепителя, связывающего зерна песка.

Содержащиеся в сульфитных щелоках лигносульфонаты находят применение в промышленности строительных материалов для пластификации цемента, разжижения цементно-сырьевого шлама, производства кирпича повышенной прочности, повышения прочности гипсовых изделий, изготовления домостроительных деталей. Лигносульфонаты с успехом используются в дорожном строительстве для упрочения покрытий, повышения морозоустойчивости шоссе-ных дорог и повышения прочности битумных дорожных покрытий. Лигносульфонаты могут быть использованы также в синтетических смолах и пластических массах.

Так как лигносульфоновые кислоты близки к натуральным танидам, их применяют для производства дубильных экстрактов (на Сухонском, Сокольском и Балахнинском ЦБК). Лигносульфонаты часто используют при формировании, склеивании и брикетировании различных материалов. Наконец, лигносульфонаты применяют при буровых работах, для изготовления дезинсекционных и дезинфекционных средств, а также в качестве удобрений.

При химической переработке лигносульфонатов получают ванилин, фенолы и их производные, хлорпроизводные и органические кислоты.

Ванилин применяется в пищевой, парфюмерной и мыловаренной промышленности, а также является безвредным консервирующим и дезинфицирующим средством. Дальнейшее увеличение выработки ванилина позволит применять его в производстве пластмасс, красителей, медикаментов, пластификаторов и пр.

Практически комплексная переработка сульфитных щелоков позволяет повысить их утилизацию до 95—97%. При комплексной переработке щелоков достигаются высокие выходы продуктов с получением на 1 т целлюлозы средней жесткости примерно 80 л очищенного спирта, 40 кг кормовых дрожжей и несколько сотен килограмм концентратов.

Побочным продуктом сульфитно-целлюлозного производства, кроме того, является цимол в количестве 2—3 кг на 1 т целлюлозы. Он используется в качестве добавки к моторному топливу (для повышения октанового числа бензина), в лакокрасочной промышленности, в производстве толуола, ментола и лавсана (терилена). Накапливание же цимола в варочной кислоте способствует возникновению вредной смолистости и активации процессов самоокисления, которые могут привести к необходимости сброса в канализацию больших количеств кислоты.

В сульфатно-целлюлозном производстве комплексное использование побочных продуктов дает возможность получать скипидар; сульфат, смоляные и жирные кислоты, диметилсульфоксид, лигнин, кормовые дрожжи и другие ценные для народного хозяйства продукты. Очищенный сульфатный скипидар широко применяется как растворитель в лакокрасочной промышленности и служит сырьем для получения синтетических камфары и смол, инсектицидов, флотационных и смачивающих реагентов, высыхающих масел, пластификаторов и пр. По содержанию основных пиненовых фракций — α -пинена (70—80%) и β_3 -карена —

сульфатный скипидар приближается к живичному и превосходит обычные сорта экстракционного скипидара.

Кубовый остаток периодической перегонки сульфатного скипидара (7—20%) представляет собой желтое масло, используемое как флотореагент. Из головной фракции перегонки получают сульфан, который можно использовать в качестве одоранта природного газа, употребляемого как топливо в быту и промышленности.

Смоляные кислоты, получаемые в виде канифоли, применяются для проклейки бумаги.

Жирные кислоты находят применение в мыловарении, в производстве лаков и красок, синтетических смол. Если подвергнуть жирные кислоты гидрогенизации в присутствии катализатора, то можно получить продукт, используемый в качестве технологической смазки при прокате стали.

Диметилсульфоксид является очень хорошим растворителем и применяется для изготовления лекарственных препаратов, а лигнин — в качестве добавки при выработке шин, защитных перчаток и искусственной кожи, а также как сырье для получения адсорбентов.

6. ОЧИСТКА ГАЗОПЫЛЕВЫХ ВЫБРОСОВ

Очистка воздуха от примеси представляет собой, по существу, процесс получения этой примеси в чистом или хотя бы в концентрированном виде. При обезвреживании токсичных выбросов вредные для человека и природной среды примеси отделяют от относительно безвредного основного газового потока. Существует также метод обезвреживания выбросов путем перевода токсичных примесей, содержащихся в газовом потоке, в менее вредные или даже в практически безвредные. И тот и другой способы широко применяются в целлюлозно-бумажной промышленности.

Рассмотрим методы очистки, т. е. выделения примеси в чистом или концентрированном виде.

Процесс выделения, т. е. «собираения», разрозненных частиц примеси является обратным самопроизвольно протекающему процессу распределения этих примесей в воздухе. При выделении примесей в чистом (концентрированном) виде происходит упорядочение молекул или частиц примеси; следовательно, энтропия системы понижается, причем температура ее может не меняться. Как известно, по третьему началу термодинамики (принципу Нернста) всякий процесс, сопровождающийся такого рода понижением энтропии (без охлаждения, только за счет упорядочения системы), требует затраты энергии. Все процессы очистки энергоемки, и с этим приходится считаться. Кроме того, мало затратить энергию, необходимо затратить ее целесообразно. Для каждого вида загрязнений существует своя целесообразность, свой метод, специальный аппарат, который позволяет с минимальными затратами энергии получить высокую степень «упорядочения», т. е. очистки.

Выбор метода для очистки газообразных примесей определяется в первую очередь химическими и физико-химическими свойствами этой примеси.

Кроме свойств выделяемого компонента, большое влияние на выбор метода оказывает характер производства, а именно свойства имеющихся в производстве веществ, их пригодность в качестве поглотителей для газа, возможность регенерации поглотителей, целесообразность рекуперации или утилизации уловленных продуктов.

В целлюлозно-бумажной промышленности имеется достаточный выбор эффективных жидких поглотителей, что определило широкое применение метода абсорбции для очистки выбрасываемых газов от газообразных примесей. К применяемым поглотителям относятся, в частности, черный и белый щелока сульфатно-целлюлозного производства.

Для очистки газов от сернистого ангидрида, сероводорода и метилмеркаптана используется способность этих газов нейтрализоваться раствором щелочи, в результате чего получается соль и вода.

Незначительные концентрации примесей (не более 1% по объему) позволили применить для очистки газов прямоточные компактные абсорбционные аппараты. Например, для поглощения серусодержащих компонентов из газов содорегенерационных котлоагрегатов эффективным считается применение струйных газопромывателей, орошаемых по ступеням черным и белым щелоками.

Механизм транспортировки газов в струйном газопромывателе аналогичен действию водоструйного насоса — перемещение газов осуществляется за счет эжектирующего действия жидкости. В струйном газопромывателе, состоящем из трубы Вентури и каплеуловителя, поглотительная жидкость подается в верхнюю часть трубы Вентури под давлением 6—15 кгс/см² в направлении движения газов. В результате диспергирования жидкости на капли создается большая поверхность контакта между газами и поглотителем, благодаря чему процесс абсорбции протекает весьма интенсивно.

Эффективность процесса может регулироваться изменением рН и удельного расхода поглотительной жидкости.

При абсорбции примесей в случаях очистки не очень больших количеств газов (не более 15—25 тыс. м³/ч) применяются насадочные и барботажные абсорберы — например, для поглощения «хвостовых» газов при производстве сернистого ангидрида на сульфитно-целлюлозных предприятиях.

Наряду с жидкими поглотителями — абсорбентами для очистки, а также для осушки (обезвоживания) газов могут

быть применены твердые поглотители. К ним относятся различные марки активных углей, силикагель, алюмогель, цеолиты.

В последнее время для удаления из газового потока газов с полярными молекулами стали применяться иониты. Процессы очистки газов адсорбентами осуществляют в адсорберах периодического или непрерывного действия.

И наконец, для очистки газового потока могут быть использованы сухие и мокрые окислительные процессы, а также процессы каталитического превращения. В частности, для обезвреживания серосодержащих газов сульфатно-целлюлозного производства, например газов варочного и выпарного цехов, используют каталитическое окисление. Этот процесс проводится при температуре $500\text{--}600^\circ\text{C}$ на катализаторе, в состав которого входят окислы алюминия, меди, ванадия и других металлов. Сероорганические вещества и сероводород окисляются до менее вредного соединения — сернистого ангидрида (ПДК для сернистого ангидрида $0,5\text{ мг/м}^3$, а, например, для сероводорода — $0,078\text{ мг/м}^3$).

Выбор способа пылеулавливания (разделения аэрозолей) и типа пылеулавливающего аппарата определяется размером взвешенных в газах частиц пыли, ее свойствами, температурой и влажностью газов, подаваемых на очистку, а также стабильностью технологического режима работы аппаратуры.

Для очистки газов и воздуха от пыли в целлюлозно-бумажной промышленности применяются электрофильтры, скрубберы Вентури, струйные газопромыватели, мокروطковые скрубберы, сухие и мокрые одиночные и батарейные циклоны, тканевые рукавные фильтры, пылевые камеры.

Для улавливания пылевого уноса из дымовых газов содорегенерационного котлоагрегата — основного источника пылевых выбросов на сульфатно-целлюлозных предприятиях — наиболее широко применяются электрофильтры.

Электрофильтр, который было бы правильнее назвать электростатическим осадителем, представляет собой полую камеру, в которой расположены системы электродов. Электроды делятся на коронирующие и осадительные. Коронирующие выполнены из проволоки или узкой ленты, на них подается отрицательное напряжение до 100 кВ . Осадительные электроды, имеющие вид плоских пластин или

цилиндров, заряжаются положительно. Для питания электрофильтров служит специально оборудованная подстанция, имеющая трансформаторы, выпрямители, автоматы, выключающие напряжение при коротких замыканиях, схему блокировки, щит управления. При подаче высокого напряжения на электроды возникает коронный разряд, вызывающий направленное движение электронов и отрицательных ионов по направлению к осадительным электродам. Пылевые частицы, взвешенные в газах, движущихся со скоростью 1—1,5 м/с через камеру электрофильтра, адсорбируют ионы, приобретают заряд и начинают двигаться в электрическом поле по направлению к осадительным электродам. Осажденная на электродах пыль удаляется с них либо встряхиванием, либо смывом с помощью специальных приспособлений.

Эффективность электрофильтра при оптимальных условиях работы высока, составляет 96—98% (для пыли 2 мкм). Оптимальные условия работы электрофильтра: постоянство скорости газов, постоянство плотности газов (а следовательно, состава, температуры, давления и т. д.).

Для обеспечения высокой эффективности пылеулавливания в электрофильтре от эксплуатационников требуется поэтому не только обеспечивать работу электрофильтров при номинальных электрических параметрах, но и не допускать работы котлоагрегата при перегрузке, постоянно контролировать и устранять неплотности по газовому тракту (во избежание присосов воздуха), исключать случаи подачи на сжигание щелоков с пониженным содержанием сухих веществ, постоянно контролировать и своевременно производить ремонт механизмов встряхивания электродов и удаления уловленной пыли из электрофильтров.

За последние 20 лет широкое распространение получили газоочистные аппараты типа скруббера Вентури (турбулентный промыватель, скоростной пылеуловитель, турбулентный аппарат Вентури). Эти аппараты относятся к мокрым пылеуловителям, т. е. пыль улавливается жидкостью, подаваемой на орошение газов. Из всех пылеулавливающих аппаратов мокрого типа в аппарате Вентури можно достигнуть наибольшей эффективности, сопоставимой с эффективностью электрофильтров и тканевых фильтров.

Принцип действия турбулентного аппарата Вентури заключается в осаждении пылевых частиц на каплях жидкости. Капли образуются при дроблении жидкости высокоскоростным потоком газа, движущимся со скоростью 50—

100 (иногда до 200) м/с (180—360 км/ч). Затем капли с уловленным уносом отделяются в каплеотделителе центробежного или жалюзийного типа.

Для разгона газов до высокой скорости аппарат имеет трубу-распылитель, имеющую форму трубы Вентури: сужающуюся часть — конфузор, плавно переходящий в узкую горловину (где и достигается высокая скорость), затем плавно расширяющуюся часть — диффузор. После диффузора поток газов имеет скорость 10—20 м/с, т. е. обычную скорость, которая давно признана экономически целесообразной для проектирования и строительства газоходов и воздухопроводов.

Орошающая жидкость подается в конфузор или в горловину.

Турбулентные аппараты Вентури впервые были применены в качестве пылеулавливающей аппаратуры в целлюлозно-бумажной промышленности и в настоящее время распространились в другие отрасли.

В целлюлозно-бумажной промышленности они применяются для очистки дымовых газов содорегенерационных котлоагрегатов от пылевого уноса и сернистого ангидрида (в качестве орошающей жидкости используется черный щелок). К существенным преимуществам турбулентных аппаратов Вентури по сравнению с электрофильтрами относятся простота конструкции и обслуживания, возможность обеспечения высокой эффективности пылеулавливания при значительных колебаниях запыленности газов, подаваемых на очистку, меньшие капитальные затраты; к недостаткам — значительные энергозатраты на очистку газов.

Снижение энергозатрат по газовому тракту может быть достигнуто при применении модификации турбулентного аппарата — струйного газопромывателя. Эти аппараты в настоящее время получили особенно широкое применение для улавливания пылевого уноса известерегенерационных печей. Данные испытаний многих отечественных промышленных установок показали, что в этом случае очистки эффективность пылеулавливания в струйном газопромывателе составляет 93—96 %.

Для очистки газов энергетических ТЭС при сжигании угля, торфа, древесных отходов широкое применение получили различные типы циклонов. В целлюлозно-бумажной промышленности циклоны применяются также для очистки газов и воздуха от пыли в системах пневмотранспорта химикатов, в установках сушки целлюлозы в пнев-

мосушилках, в установках сушки дрожжей, для удаления обрезков бумаги и бумажной пыли и в других случаях.

Отделение частиц пыли в сухих и мокрых циклонах основано на использовании силы инерции частиц, которую они приобретают при движении в центробежном поле. Последнее создается очень просто. Запыленные газы (воздух) вводятся в корпус циклона через патрубок, ось которого направлена по касательной к корпусу циклона. В батарейных циклонах вращательное движение создается за счет установки в каждый циклонный элемент направляющего аппарата, выполненного в виде винта или розетки. Уловленная пыль удаляется через пылевывпускное отверстие, выполненное в нижней части циклона, в сборный бункер, а очищенные от пыли газы (воздух) выводятся через патрубок (выхлопную трубу), ось которого совпадает с осью корпуса циклона.

Сухие циклоны эффективно улавливают пыль с размерами частиц более 6 мкм. В зависимости от типа циклона, располагаемого перепада давления на циклон, плотности улавливаемых частиц пыли, температуры газов степень очистки при размерах частиц пыли 6—10 мкм может составлять 75—88%, а при размерах частиц более 20 мкм — 92—95%.

Существенным недостатком сухих циклонов является «вторичный унос» — увлечение (захват) газом частиц пыли из нижней части циклона. Причиной этого явления могут быть либо работа циклона при повышенной по газу нагрузке, либо подсосы воздуха в самом циклоне через неплотности.

Для предотвращения явления вторичного уноса применяются мокрые циклоны, в которых частицы пыли, попавшие на стенку циклона, удерживаются на ней пленкой жидкости. Эффективность мокрых циклонов несколько выше, чем эффективность сухих циклонов.

Совершенствованием мокрых циклонов следует считать применение мокропрутковых скрубберов, в которых пыль частично улавливается уже во входном патрубке на прутках, орошаемых жидкостью. Такие аппараты хорошо зарекомендовали себя для улавливания золы, содержащейся в дымовых газах, образующихся при сжигании коры и других древесных отходов.

Одним из наиболее важных факторов, обеспечивающих высокую эффективность очистки, следует наряду со стабильностью технологического процесса считать осущест-

вление постоянного контроля за работой газоочистных и пылеулавливающих установок. Контроль должен быть обеспечен на каждом предприятии как со стороны эксплуатационного персонала, так и со стороны специальных служб, например санитарных лабораторий. Контроль за работой газопылеулавливающих установок должен включать наблюдение за рабочими параметрами установки и проведение испытаний эффективности работы в сроки, устанавливаемые Государственной инспекцией по контролю за работой газоочистных и пылеулавливающих установок.

7. ВНУТРИЦЕХОВАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

Создание на современных целлюлозно-бумажных предприятиях общеплощадочных сооружений для очистки сточных вод (цехов очистки промстоков) не исключает необходимости и целесообразности использования внутрицеховых методов очистки локальных стоков.

При прочих равных условиях очистка небольшого объема концентрированного по примеси стока всегда обходится дешевле, чем очистка больших объемов разбавленных сточных вод, которые образуются при смешении локальных стоков с разнородными примесями. Кроме того, именно внутрицеховая очистка располагает наибольшими возможностями по извлечению ценных примесей и возврату воды в производство. Разумеется, из этого общего правила могут быть и исключения. Например, смешение стоков может оказаться целесообразным вследствие достижения эффектов взаимной нейтрализации, взаимного обезвреживания восстановителей и окислителей, соосаждения примесей в виде малорастворимых соединений (или в результате взаимной коагуляции коллоидов). Все эти случаи могут быть заранее выявлены и учтены на основе детального изучения состава образующихся стоков.

Рассмотрим наиболее распространенные методы внутрицеховой очистки различных потоков сточных вод.

При очистке корусодержащих сточных вод крупная кора отделяется от воды на водоотделительных барабанах или дренажных транспортерах, затем отжимается на прессах и сжигается в специальных топках паровых котлов. Вода, загрязненная мелкой корой, очищается на корьевых фильтрах. Обычно применяют барабанные фильтры с бесконечной сеткой из фосфористой бронзы или синтетики. Уловленная на фильтре мелкая кора направляется на отжим и сжигание, а вода — для дополнительной очистки на общеплощадочные очистные сооружения.

Эффективность очистки корусодержащих сточных вод зависит главным образом от состояния сетки фильтров, которая очищается от смолы паром или горячей водой. Лучше применять синтетические сетки, например кароновые, которые не задерживают смолу и механически более прочны, чем металлические сетки.

Избыточные сточные воды древесномассных и целлюлозных заводов, бумажных и картонных фабрик, содержащие волокно и каолин, очищаются механическим путем на внутрицеховых установках для улавливания волокна и наполнителей, с возвратом скопа и осветленной воды в производство. Очистка волокносодержащих сточных вод в общем потоке неэффективна и экономически нецелесообразна, так как при наличии растворенных органических веществ волокно и наполнители нельзя вернуть в производство.

Для цеховой очистки сточных вод от взвешенных веществ применяются методы осаждения, флотации, фильтрации, центрифугирования, обратного осмоса, ультрафильтрации. Выбор способа очистки зависит от природы взвешенных веществ.

Осаждение взвешенных веществ рекомендуется применять для сточных вод бумажных и картонных фабрик, использующих в композиции наполнители.

Самым простым аппаратом для улавливания волокна является конусный отстойник, или, как принято его называть, конусная массоловушка. Он представляет собой круглый, квадратный или многоугольный в плане железобетонный или металлический резервуар с конусной нижней частью.

Сточная вода движется в отстойнике снизу вверх к сборному лотку осветленной жидкости. Взвешенные вещества оседают в восходящем потоке воды и скапливаются в конусной части. Осадок удаляется периодически насосом или через иловую прокладку под гидростатическим давлением столба воды. Эффект осветления достигает 90—95%. Время отстаивания сточных вод зависит от количества наполнителя и размеров целлюлозного волокна, обычно оно составляет 1,5—2 ч.

При выработке высокозольных бумаг (содержание наполнителей более 10%) для очистки сточных вод применяют так называемые скребковые ловушки. Они представляют собой железобетонные горизонтальные отстойники с непрерывным удалением осадка с помощью скребков.

Метод флотации используется для очистки сточных вод бумажных и картонных фабрик, когда в композицию продукции входит не более 10% наполнителей, а также при выработке бумаг с высокой степенью размола массы.

В последние годы появились комбинированные аппараты, названные седифлоторами, так как принцип их работы основан на осаждении (седиментации) и флотации. Такие аппараты могут эффективно очищать сточные воды как от волокна, так и от наполнителей.

Для цеховой очистки сточных вод целлюлозных заводов или бумажных фабрик, не применяющих наполнители, используют сетчатые фильтры.

В настоящее время разработан отечественный двухзонный дисковый вакуум-фильтр, предназначенный как для сгущения массы, так и для улавливания из оборотной воды волокна и наполнителей.

Дисковые фильтры более компактны, чем сетчатые; при повреждениях сетки легко заменяется весь диск или один из секторов. В фильтре вода находится не более двух минут, поэтому не создается условий для загнивания волокна. Эффективность очистки сточных вод от волокна и наполнителей на очистных сооружениях, использующих методы осаждения, флотации, фильтрации, а также производительность этих сооружений могут быть повышены путем комбинирования названных методов с коагулированием. Сущность процесса коагулирования рассматривается в разделе 9.

Использование метода центрифугирования дает высокий эффект отделения примесей, но сдерживается отсутствием в настоящее время серийного выпуска специализированных центрифуг.

Принципиально иное направление очистки стоков от взвешенных веществ связано с использованием методов обратного осмоса и ультрафильтрации. Сущность обратного осмоса заключается в «выдавливании» воды из растворов через специальные полупроницаемые мембраны. Этот процесс проводится в направлении, противоположном самопроизвольному осмотическому переносу жидкости, и осуществляется под давлением, превышающим осмотическое. Практически для очистки воды обратным осмосом используются давления порядка 40 атм и более.

В тех случаях, когда осмотическое давление очень мало, мембранный процесс разделения растворов называется ультрафильтрацией.

Полупроницаемые мембраны изготовляют из полимерных материалов, например ацетилцеллюлозы. Срок их службы зависит от концентрации сточных вод и колеблется от нескольких месяцев до трех лет.

Эти перспективные методы проходят опытно-промышленные испытания.

При использовании любого метода отделения от воды волокна и наполнителей необходимо позаботиться об утилизации последних. Осадки, содержащие волокно и наполнители, могут использоваться в качестве добавок при изготовлении некоторых видов бумаги и картона, а также древесно-волоконистых плит, сухой штукатурки, пустотелых блоков для внутренних стен зданий. Добавление осадков к глине позволяет получить из нее при обжиге пористый материал — керамзит. Его поры образуются в результате выгорания присутствующих в осадках органических веществ.

Наконец, осадки с большим содержанием наполнителей можно сжигать, возвращая золу в производство высокозольных бумаг.

Для цеховой очистки серусодержащих конденсатов предложен ряд способов: аэрация, хлорирование, ректификация, дистилляция, обработка дымовыми газами, окисление кислородом под давлением, озонирование, экстракция, адсорбция, ионный обмен, микробиологическое окисление. Однако практическое применение нашли только некоторые из них. Выбор способа очистки определяется санитарной эффективностью и экономическими показателями.

В отечественной и зарубежной практике для очистки конденсата вторичного пара выпарного цеха считается наиболее экономичным методом аэрация. Суть аэрации состоит в обработке конденсата воздухом с целью отдувки растворенных газов (сероводорода и метилмеркаптана) из воды. Затем отдуваемые серусодержащие газы улавливаются из воздуха компонентами белого щелока и возвращаются в производственный цикл. Достоинство аэрации в том, что она обеспечивает возврат уловленной серы в производство. Недостаток — в низкой эффективности очистки конденсата от метанола и скипидара.

На некоторых предприятиях очистку серусодержащих конденсатов ведут путем обработки острым паром. В этом случае конденсат очищается как от сернистых соединений, так и от метанола и скипидара. Зато экономические затраты выше, чем при отдувке.

Для внутрицеховой очистки стоков от токсичных соединений металлов (таких, как ртуть в производстве хлора, каустика и водорода, цинк в производстве фибры) целесообразно использовать метод ионного обмена.

В частности, применение высокоселективных по отношению к ионам цинка карбоксильных катионитов позволяет возвратить уловленный цинк в виде водного раствора хлорида непосредственно в производство фибры.

8. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА

В наиболее простом виде биологическая очистка осуществляется в естественных условиях — в почве, в водоемах. При использовании естественных почвенных методов биологической очистки сточные воды спускаются на специально приспособленные земельные участки (поля орошения и поля фильтрации). Протекая через слои почвы, сточные воды подвергаются окислительному воздействию целого комплекса почвенных микроорганизмов.

Биологическое окисление органических веществ, дающее энергию для осуществления жизненных процессов микроорганизмов, сопровождается синтезом нового клеточного вещества и, следовательно, приростом микрофлоры.

Аналогичный процесс происходит при сбросе сточных вод в водоем. Микрофлора водоема окисляет весь комплекс растворенных органических соединений до минеральных продуктов.

Однако в настоящее время при высоком уровне развития промышленности и огромном количестве образующихся сточных вод естественные методы очистки в водоемах не могут быть использованы, так как быстро приведут к резкому обескислороживанию водоемов и прекращению в них всякой жизни.

Применение почвенных методов очистки ограничено тем, что большинство крупных предприятий целлюлозно-бумажной промышленности расположено в районах Сибири, Дальнего Востока и северо-западной части СССР, где преобладает климат с умеренной температурой и значительным количеством осадков.

К искусственным сооружениям биологической очистки, применяемым в ЦБП, относятся аэротенки.

Принцип очистки сточных вод на эротенках тот же, что лежит в основе естественных методов очистки. Но благо-

даря подбору и созданию наиболее благоприятных для микроорганизмов условий аэрации, температуры, реакции среды, содержания некоторых солей процесс биологического окисления резко интенсифицируется.

Промежуточное место между естественным методом очистки в водоеме и очисткой в аэротенке занимает способ очистки в биологических прудах, иначе называемых очистными, или аэрационными, прудами.

Комплекс микроорганизмов, участвующих в биологической очистке, состоит из одноклеточных и микроскопических многоклеточных организмов. Одноклеточные микроорганизмы представлены главным образом бактериями, которым принадлежит ведущее место в процессе очистки; сюда же относятся плесневые грибы и простейшие животные — корненожки, жгутиконосцы, инфузории. К многоклеточным микроорганизмам относятся коловратки, черви, клещи, личинки некоторых насекомых.

Основная цель биологической очистки заключается в удалении растворенных органических загрязнений и в результате этого — в снижении БПК очищаемой воды.

При биологической очистке могут также частично минерализоваться взвешенные органические загрязнения: например, целлюлозное волокно при концентрации не более 150 мг/л разрушается целлюлозуразлагающими бактериями аэротенка. Однако не все растворенные органические компоненты сточных вод могут быть окислены микроорганизмами. Лигнин, содержащийся в стоках сульфатно-целлюлозного производства в виде щелочного лигнина, а в стоках сульфитно-целлюлозного производства в форме лигносульфоновых кислот, практически не поддается биологическому окислению. Поэтому более высокая степень очистки сточных вод может быть достигнута путем последовательного применения сначала биологической, а затем химической очистки с целью осаждения лигнина коагулированием.

В настоящее время сооружения биологической очистки общего потока сточных вод эксплуатируются на большинстве крупных целлюлозно-бумажных предприятий, на долю которых приходится более половины всех стоков отрасли. Проектная мощность их превысила 3,5 млн. м³/сутки.

Для того чтобы микробиологические процессы при очистке проходили с максимальной эффективностью, необходима подготовка сточных вод, состоящая из следующих этапов:

1. Удаление крупных волокон и снижение концентрации мелких волокон до 100 мг/л в радиальных отстойниках (первичных), оснащенных илоскребами.

2. Нейтрализация для создания реакции среды, наиболее благоприятной для микроорганизмов — окислителей, т. е. до значения рН 6,8—7,2. Нейтрализация достигается, во-первых, за счет выравнивания колеблющихся значений рН в усреднителе, во-вторых, путем введения нейтрализующих реагентов (известковое молоко, аммиачная вода, серная кислота и др.).

3. Удаление токсичных газов (сернистый газ, сероводород, метилмеркаптан, диметилсульфид) путем продувки в специальной емкости — преаэраторе. Обычно усреднение и отдувка производятся в одной и той же емкости — преаэраторе-усреднителе.

4. Обогащение солями азота и фосфора. Обычно в качестве источника азота используются сульфат аммония, аммиачная вода или аммофос. Для введения необходимого количества фосфора применяется суперфосфатная вытяжка.

Процесс очистки в аэротенке осуществляется при протекании через него аэрируемой смеси отстойной сточной воды и активного ила, представляющего собой хлопья микроорганизмов — минерализаторов. Аэрация необходима для обеспечения смеси кислородом и поддержания ила во взвешенном состоянии. Смесь сточной воды и активного ила аэрируется в течение 6—12 ч, после чего направляется во вторичные отстойники, где в течение 1,5—2 ч происходит осаждение ила. Осветленная очищенная вода может быть спущена в водоем, а активный ил возвращается в аэротенк, где смешивается с новыми порциями неочищенной воды. В результате непрерывно происходящего размножения микроорганизмов количество ила постоянно увеличивается. Избыток ила удаляется из аэрационной системы, уплотняется в илоуплотнителях и направляется на дальнейшую обработку.

Протекающие в аэротенке биохимические процессы по своей сущности не отличаются от процессов, характерных для других аэробных биологических методов очистки, и могут быть разделены на две фазы.

В момент смешения сточной воды с илом происходит сорбция органических веществ поверхностью микроорганизмов и затем минерализация легкоокисляющихся веществ. При этом идет интенсивное потребление кислорода. Вторая фаза заключается в доокислении медленно

окисляющихся растворенных органических веществ и сопровождается восстановлением сорбирующей активности ила. На этой стадии кислород потребляется медленнее, и дефицит его в сточной жидкости снижается.

Интенсивность работы аэротенка характеризуется окислительной мощностью, т. е. количеством кислорода (в граммах) на 1 м³ рабочего объема аэротенка, расходуемого за сутки для снижения БПК очищаемой сточной воды.

При пуске биологических очистных станций обычно возникает вопрос о том, как нарастить активный ил в аэротенке. Проще всего использовать для этого ту спонтанную (т. е. случайно попавшую) микрофлору, которая всегда присутствует в воде, частицах почвы и пылинках, попавших в аэротенк. Важно при этом обеспечить наиболее благоприятные для развития микроорганизмов условия аэрации, питания, температуры, рН. Практически наращивание ила происходит путем аэрации отстоянной, нейтрализованной, снабженной питательными солями сточной воды. Через 36—38 ч начинают появляться видимые хлопья, а общая продолжительность пускового периода составляет 30—45 суток.

Аэротенки типовой конструкции выполняются в виде железобетонных резервуаров, разделенных на секции. Секции состоят из коридоров, отделенных друг от друга перегородками, не достигающими с одной стороны до торцевой стены аэротенка.

Для очистки стоков целлюлозно-бумажной промышленности используются преимущественно четырехкоридорные аэротенки глубиной 4—5 м.

По способу подачи воздуха аэротенки делятся на три типа: с пневматической, механической и смешанной аэрацией. Наиболее широко распространены аэротенки с пневматической аэрацией. Воздух подается компрессорами или воздуходувками по металлическим воздухопроводам. В зависимости от способа распределения воздуха в аэротенке аэрирование производится мелкими пузырями воздуха (1—4 мм), средними (5—10 мм) и крупными (>10 мм). Мелкие пузыри образуются при использовании фильтросных пластин, пористых трубок, пористых диффузоров в виде купольных дисковых и грибовидных насадок. Пористые аэраторы дают наивысший процент использования кислорода, однако недостатком их является быстрая засоряемость пор солями железа, карбонатами и частицами оседающего активного ила с внешней стороны, а также ока-

линой и пылью, поступающими с внутренней стороны вместе с воздухом. Для аэрации средними пузырями служат горизонтально расположенные на расстоянии 0,1—0,2 м над дном аэротенка дырчатые трубы с отверстиями 2—2,5 мм.

Аэрация крупными пузырями осуществляется через трубы 75—100 мм, отходящими вниз от центрального воздуховода, расположенного на продольной оси аэротенка. Трубы открыты снизу и не доходят до дна аэротенка на 50—60 см.

К аэрационным системам, использующим крупные пузыри воздуха, относится также пневмомеханический аэратор. Сжатый воздух подается в нижнюю часть аэротенка через аэрационное кольцо с крупной перфорацией и затем разбивается на мелкие пузыри и равномерно распределяется двумя мешалками, расположенными на одной оси. Иногда верхнюю мешалку располагают близко от поверхности воды в аэротенке, благодаря чему создается дополнительное аэрирование и снижается слой пены. Использование пневмомеханических аэраторов позволяет в 1,5—2 раза увеличить окислительную мощность аэротенка по сравнению с пневматическими аэраторами. Одновременно с этим обеспечивается двукратное снижение энергозатрат на аэрацию.

Применение аэраторов с крупными пузырями перспективно для сточных вод целлюлозно-бумажной промышленности, так как позволяет уменьшить пенообразование в аэротенке.

Для осаждения ила используются радиальные отстойники в основном диаметром 28 и 40 м. Они отличаются от первичных отстойников тем, что для удаления осадка (активного ила) оснащены илососами. Илосос представляет собой крестовину или два крыла из труб, вращающихся вокруг вертикальной оси со скоростью 1 оборот/ч. К каждому крылу приварено 4—5 сосунов. Сосуны представляют собой в плане равнобедренный треугольник и имеют всасывающее отверстие прямоугольной формы с соотношением сторон 1 : 30. Днище вторичного отстойника имеет незначительный уклон от центра к периферии.

При очистке стоков целлюлозно-бумажного производства в аэротенках образуется избыточный ил в количестве 160—210 г/м³ очищенной воды. На существующих предприятиях объем очищаемых в аэротенках сточных вод составляет 50—450 тыс. м³/сутки. На строящихся лесопро-

мышленных комплексах по ориентировочным подсчетам ежедневно будет сбрасываться 500—1000 тыс. м³ стоков. Очевидно, что образующийся на очистных станциях избыточный ил представляет собой многотоннажный отход, обработка которого является серьезной задачей. Применяемый до 1966—1967 гг. способ обезвоживания и сушки ила на иловых площадках в связи с возрастающим объемом ила создает неудовлетворительные санитарные условия, требует больших площадей. В настоящее время на всех очистных биологических станциях имеются сооружения для обезвоживания и термической сушки избыточного ила.

После уплотнения в илоуплотнителе, представляющем собой радиальный или вертикальный отстойник, ил с влажностью 97% обрабатывается хлорным железом и известковым молоком; благодаря коагуляции возрастает водоотдача осадка. Скоагулированный ил поступает в ванны барабанного вакуум-фильтра для дальнейшего обезвоживания. Слой обезвоженного ила, образующийся на поверхности барабана вакуум-фильтра, сдувается сжатым воздухом и снимается специальным ножом. Влажность обезвоженного ила 86—87%. Промывка фильтрующего полотна производится постоянно водой и периодически раствором ингибированной соляной кислоты. Обезвоженный ил подвергается термической сушке в сушильных барабанах, через которые проходят газы с температурой 500—800°C, образующиеся в топке, оснащенной газовыми или мазутными горелками. Высушенный осадок с влажностью 20—40% удаляется автотранспортом в сухой отвал или сжигается совместно с корой в топках утилизационных котлоагрегатов.

Разумеется, сжигание активного ила, содержащего много ценных питательных веществ, — далеко не лучший способ его утилизации. Поэтому в настоящее время широким фронтом проводятся исследования с целью установить возможность и оптимальные условия использования активного ила в качестве удобрения, а также введения его в пищевые рационы скота, домашней птицы и рыб.

Сточные воды после аэротенков могут быть подвергнуты доочистке в проточных аэрационных прудах глубиной 1,8—4,5 м, обеспечивающих дальнейшее снижение БПК₅. При необходимости снижения БПК с 20—30 до 10—15 мг О₂/л сточная вода направляется в аэрационные пруды, рассчитанные на односуточное пребывание стоков. Окислительные процессы в таких прудах ведутся активным илом, выносимым из вторичных отстойников.

Для снижения БПК₅ с 50—60 до 10—15 мг О₂/л применяются высоконагружаемые окислительные пруды. Время пребывания сточных вод в них также около суток, но концентрация ила значительно выше. Для осветления воды, очищенной в высоконагружаемом пруде, предусматриваются третичные отстойники.

Вода в прудах аэрируется с помощью турбинно-всасывающих аэраторов.

Сооружения для механобиологической очистки промстоков относительно дороги в строительстве и эксплуатации. Капитальные затраты на строительство очистных сооружений промстоков в процентном отношении к стоимости строительства основного предприятия составляют от 5,5 до 7,5%, а для предприятий, имеющих только механическую очистку, — 2,4%. Эксплуатационные расходы на очистку стоков составляют 3,6—6,0% от себестоимости продукции.

Стоимость механобиологической очистки 1 м³ сточной воды колеблется в пределах 2,8—3,5 коп., расход на снятие 1 кг загрязнений составляет 11—18 коп. Затраты на очистку промстоков значительно возрастают при сочетании механобиологического способа с химической очисткой (при использовании метода коагулирования). В этом случае капитальные затраты и эксплуатационные расходы увеличиваются в 3—5 раз и стоимость очистки 1 м³ сточной воды составляет 8,1—12,6 коп.

9. ХИМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА

Под термином «химическая очистка» в целлюлозно-бумажной промышленности обычно подразумевают очистку стока методом коагулирования, хотя этот метод в действительности является лишь одним из представителей большой группы химических, или точнее, физико-химических методов, пока еще не нашедших широкого применения в практике очистки стоков ЦБП. Несмотря на уже отмеченную высокую стоимость коагулирования как метода очистки стоков, в особо ответственных случаях, а именно на Байкальском ЦБК и Селенгинском ЦКК, весь поток сточных вод проходит очистку коагулированием. Сочетание биологической очистки с химической явилось довольно удачным. При биологической очистке снижается прежде всего содержание легкоокисляемых органических соединений, а щелочной лигнин, придающий темную окраску сточным водам, почти не разрушается. При химической очистке, напротив, эффективно удаляется щелочной лигнин. В отечественной практике химическую очистку располагают по ходу воды вслед за биологической, тогда как зарубежные исследователи предпочитают обратный порядок. Проведение химической очистки после биологической дает следующие преимущества:

- 1) значительно снижается расход коагулянта, а следовательно, уменьшается концентрация растворенных минеральных солей в осветленной воде;

- 2) значительно уменьшается количество образующегося шлама, переработка которого представляет серьезную проблему.

В свою очередь, и проведение химической очистки до биологической имеет свои достоинства: из сточных вод удаляются биологически неокисляемый лигнин и смолы, способствующие пенообразованию в аэротенках.

На Байкальском ЦБК очистка общего потока сточных вод осуществляется по следующей схеме:

биологическая очистка в аэротенках;

химическая очистка с применением сернокислого алюминия и полиакриламида;

механическая доочистка на песчаных фильтрах;

аэрирование в пруде-аэраторе;

сброс в озеро по глубинному рассеивающему выпуску.

Применение метода коагулирования наиболее эффективно для удаления из воды коллоидно-дисперсных частиц, т. е. частиц с размерами 1—100 мкм. Для коллоидных растворов характерно присутствие на поверхности частиц электрического заряда, образующегося в результате процессов адсорбции или диссоциации. Наличие заряда предохраняет частицы от слипания друг с другом под действием сил межмолекулярного притяжения и обуславливает относительную устойчивость коллоидных растворов. Нейтрализация поверхностного заряда (или, точнее, снижение так называемого электрокинетического потенциала) может быть достигнута добавлением электролитов, содержащих ионы с противоположным по знаку зарядом. Коагулирующее действие таких ионов выражено тем сильнее, чем выше их валентность.

Коллоидные частицы загрязнений, присутствующих в природных и сточных водах, обычно заряжены отрицательно, и в качестве коагулянтов чаще всего используются соли с многовалентными катионами. Эффективность действия коагулянтов, используемых в практике очистки природных и сточных вод, повышается вследствие их способности образовывать при взаимодействии с водой (в результате реакции гидролиза) хлопья гидроокисей. Мелкие хлопья гидроокиси, сталкиваясь в броуновском движении, образуют более крупные хлопья, сорбирующие частицы примеси. В совокупности хлопья коагулянта образуют своеобразный сетчатый фильтр, захватывающий частицы примесей, содержащихся в сточных водах. Заключительная стадия коагуляции, связанная с разделением твердой и жидкой фаз, может быть осуществлена не только в объеме раствора, но и на поверхности зернистой загрузки песка или антрацита, что позволяет применять для очистки воды сооружения различные по конструкции и принципу действия.

Как правило, коагулирование протекает наиболее эффективно в области нейтральных значений pH, но при

очистке щелочесодержащих сточных вод сульфатно-целлюлозного производства наблюдается сдвиг оптимальной зоны в сторону более низких значений pH. Так, при использовании в качестве коагулянта солей алюминия оптимальная зона коагуляции наблюдается при pH 4,5—5,5.

Сточные воды сульфитно-целлюлозного производства, содержащие лигносульфоновый комплекс, очень трудно поддаются очистке коагулированием. По некоторым данным положительные результаты могут быть получены при использовании в качестве коагулянтов растворимых полиэлектролитов.

Применение метода коагулирования связано с использованием химических реагентов: коагулянтов, флокулянтов (т. е. реагентов, повышающих эффективность коагуляции), кислотных и щелочных реагентов для регулирования pH воды.

В условиях типичных для целлюлозно-бумажной промышленности огромных потоков сточных вод реагентное хозяйство приобретает внушительные размеры.

Оборудование, необходимое для очистки воды коагулированием, включает устройства для приготовления растворов реагентов, дозаторы, смесители и сооружения, в которых происходит образование хлопьев и отделение их от жидкой фазы.

В качестве таких сооружений на Байкальском ЦБК и Селенгинском ЦКК используются высокопроизводительные радиальные отстойники. Серьезные трудности при использовании метода коагулирования для очистки общего стока связаны с необходимостью переработки и утилизации образующегося осадка (шлам-лигнина).

На Байкальском ЦБК для приема шлам-лигнина создано 10 карт осадконакопителей, вырытых в грунте огромных резервуаров с гидроизоляцией дна и боковых откосов.

Но и такие емкости быстро заполняются, и в этом нет ничего удивительного, если учесть, что часовой расход сточных вод достигает 10 000 м³, а объем образующегося при химической очистке осадка — примерно 10% от объема очищаемых стоков. Для обезвоживания осадков предложено использовать систему, состоящую из флотаторов, фильтр-прессов и аэрофонтанной сушилки. Высушенный осадок (шлам-лигнин) может найти применение в композиции некоторых видов бумаги и картона, в композиции дорожных покрытий, как наполнитель при изготовлении

резины, а также в качестве сырья для изготовления сорбентов типа активированных углей и сульфокатионитов. Очистка коагулированием обеспечивает очень эффективное, практически полное обесцвечивание щелочесодержащих сточных вод сульфатно-целлюлозного производства. Вместе с тем она повышает содержание в очищенном стоке растворимых сульфатов за счет образования последних в процессе гидролиза сернокислого алюминия. Для избежания этого нежелательного явления целесообразно заменить сульфат алюминия другим коагулянтом, например оксихлоридом алюминия $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$; но последний, к сожалению, еще не выпускается в промышленных масштабах. Полностью избежать повышения содержания солей возможно при использовании электрохимической коагуляции, но в этом случае будет расходоваться листовой металлический алюминий.

10. НЕРЕШЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗРЕШЕНИЯ

Технологические мероприятия и очистные методы, рассмотренные выше, несомненно, позволяют весьма существенно снизить загрязнение атмосферы и водоемов промышленными выбросами целлюлозно-бумажных предприятий. Следует обратить внимание на необходимость комплексного разрешения проблемы и координации мероприятий по очистке газопылевых выбросов и сточных вод. Например, некоторые методы очистки загрязненных конденсатов, такие, как отдувка воздухом или острым паром, основаны на переводе летучих загрязнений в газовую фазу и могут являться потенциальными источниками загрязнения атмосферы. С другой стороны, методы мокрой газоочистки и пылеулавливания при использовании воды в качестве орошающей жидкости приводят к дополнительному образованию сточных вод. Кроме того, природный обмен веществ между водной и воздушной средами не позволит добиться чистоты одной из них при недостаточном внимании к чистоте другой.

Важным шагом вперед в деле охраны водоемов от загрязнения явилось широкое внедрение на отечественных предприятиях биологической очистки общего потока сточных вод. Биологическая очистка позволила снизить БПК сточных вод до величин, удовлетворяющих требованиям органов охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. Но все же было бы ошибкой считать, что биологическая очистка разрешает все проблемы охраны водоемов. Она не удаляет трудноокисляемых органических соединений (лигнин, скипидар, смоляные кислоты и пр.).

Не разрешает всех проблем и химическая очистка стоков коагулированием. В частности, она не уменьшает содержания растворенных минеральных солей, в том числе

биогенных элементов, и даже увеличивает содержание в воде растворимых сульфатов, прежде всего сульфата натрия. Действующими в настоящее время Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами сброс растворимых сульфатов в водоемы практически не лимитируется, не нормируется он и за рубежом. В то же время, как указывает доктор биологических наук Ю. И. Сорокин, «основным источником образования сероводорода в водоемах является процесс восстановления сульфатов сульфатредуцирующими бактериями... Процесс восстановления сульфатов особенно активно протекает в водоемах, подверженных загрязнению, и является одним из самых грозных его последствий. Развитие сульфатредукции в загрязняемом водоеме постепенно приводит к необратимой гибели в нем всей жизни. Образование сероводорода вызывает гибель организмов и тем самым подрывает его самоочистительную способность. Дальнейшее загрязнение приводит к катастрофическому накоплению органического вещества, что, в свою очередь, еще больше усиливает процессы образования сероводорода»⁴.

Именно этот процесс, развившийся в результате сброса сточных вод крупных целлюлозных заводов, привел к катастрофическому загрязнению внутреннего японского моря Сето.

Сказанное делает вполне очевидным необходимость дальнейшего развития научных основ защиты окружающей природной среды от вредного воздействия хозяйственной деятельности человека.

Природные ресурсы нашей страны должны быть сохранены и будут сохранены на многие тысячелетия. К работе над совершенствованием технологии производства и систем очистки промышленных выбросов в ЦБП привлечены лучшие силы ученых страны.

В частности, продолжаются серьезные и многоплановые исследования по проблеме сохранения ресурсов Байкала. Разрабатываются методы глубокой очистки, применение которых в конечном счете позволит возвратить очищенные стоки в производственный цикл и тем самым кардинально решить проблему охраны водоемов от загрязнения. В числе таких перспективных методов следует назвать электрохимическую коагуляцию, адсорбцию, ионный обмен. Суще-

⁴ Ю. И. С о р о к и н. Роль бактерий в жизни водоема. М., «Знание», 1974, с. 48—49.

венное достоинство электрохимической коагуляции, основанной на применении растворимых железных или алюминиевых электродов, заключается в том, что она в отличие от обычного коагулирования не повышает содержания электролитов в очищенной воде и, следовательно, не осложняет последующую деминерализацию стока, необходимую для его возврата в производство.

Адсорбция является эффективным средством глубокой доочистки сточных вод от органических веществ. Ее применение для очистки огромных потоков сточных вод целлюлозно-бумажных предприятий возможно лишь при организации производства дешевых адсорбентов непосредственно в районах их использования. В этой связи интересны исследования, проводимые американской фирмой Сент-Реджис Компани, связанные с частичной реорганизацией технологического цикла сульфатно-целлюлозного производства. Суть ее в том, что сжигание черных щелочков предлагается проводить в две стадии. На первой стадии процесс ведется лишь до обугливания органической массы, что приводит к образованию больших количеств дешевого адсорбента. Последний используется для очистки сточных вод и лишь после этого сжигается окончательно.

Отечественные исследования по получению дешевых сорбентов развиваются по иному пути и связаны преимущественно с переработкой шлам-лигнина, образующегося в отстойниках химической очистки общего потока сточных вод.

Но даже глубокое изъятие органических веществ еще не обеспечит возможности возврата очищенных стоков в производство. Для целлюлозно-бумажной отрасли так же, как и для других отраслей народного хозяйства, основное препятствие для организации систем оборотного водоснабжения — рост содержания солей в оборотной воде. Наиболее надежным и эффективным методом обессоливания является ионный обмен, широко применяемый в водоподготовке и хорошо зарекомендовавший себя как метод обезвреживания локальных стоков. Достигнутые успехи в области получения и производства ионообменных материалов с заданными свойствами создают возможности для резкого расширения использования ионообменных процессов в практике глубокой очистки сточных вод с целью возврата их в производство.

Требуют своего разрешения и проблемы, связанные с очисткой газопылевых выбросов.

Принципиально возможны два пути усовершенствования систем очистки газов: осветление сточных вод с последующим их использованием в качестве орошающей жидкости и разработка таких аппаратов, которые могли бы надежно работать по оборотной схеме орошения.

Оборудование для осветления сточных вод имеет большие габариты и требует поэтому значительных капитальных затрат. Кроме того, добавка коагулянта обычно исключает возможность использования уловленного уноса в производстве, т. е. радикально проблема ликвидации отходов таким путем не решается. С другой стороны, применяемые в настоящее время установки вследствие конструктивных недостатков не могут работать по оборотной схеме орошения.

Общее направление в решении данного вопроса представляется в усовершенствовании систем осветления сточных вод и в разработке более эффективных модификаций применяемых аппаратов.

Перспективным для целлюлозно-бумажной промышленности можно считать решение вопроса очистки дымовых газов ТЭС от сернистого ангидрида на сульфатно-целлюлозных предприятиях с последующим использованием уловленного продукта для приготовления варочной кислоты.

Важным вопросом, требующим решения, является, по нашему мнению, установление оптимальных соотношений между высотой дымовой трубы и эффективностью очистки газопылевых выбросов. Актуальность этого вопроса определяется увеличением мощности строящихся и проектируемых предприятий и необходимостью защиты труб (из-за коррозионных свойств газопылевых выбросов целлюлозно-бумажного производства).

Жесткие санитарные требования относительно таких газов, как метилмеркаптан, и вполне определенные пределы возможностей абсорбционного метода очистки газов требуют изучения и разработки методов, позволяющих осуществить более глубокую очистку, в частности адсорбционного метода, основанного на использовании активных углей и ионитов, и метода каталитического окисления.

Для дальнейшего повышения эффективности существующих систем очистки промышленных выбросов на предприятиях ЦБП, с нашей точки зрения, необходимо выполнение следующих мероприятий:

1) внедрение эффективной системы контроля за работой систем очистки, включая реорганизацию действующих в настоящее время служб контроля;

2) обеспечение своевременного ремонта оборудования очистных систем;

3) внедрение эффективных методов контроля количеств и состава газопылевых выбросов и сточных вод.

Решающие успехи в борьбе с загрязнением окружающей природной среды могут быть достигнуты лишь при активном участии в ней специалистов различного профиля и, в частности, экономистов.

В настоящее время назрела необходимость количественно учитывать при экономической оценке очистных методов не только капитальные и эксплуатационные затраты, но и тот экономический ущерб от загрязнения окружающей среды, на ликвидацию которого направлен данный метод. Это будет способствовать более быстрому и широкому внедрению в практику методов глубокой очистки сточных вод и газопылевых выбросов, которое в настоящее время тормозится их относительно высокой стоимостью.

Но особенно важную роль количественный учет ущерба от загрязнений призван сыграть в деле постепенного перехода к «чистой», т. е. к безотходной, технологии.

Доктор экономических наук М. Лемешев отмечает по этому поводу ⁵, что, «с позиций хозяйственника, преследующего сиюминутный эффект, внедрение новой («чистой») технологии, позволяющей более полно утилизировать природное сырье, выглядит экономически невыгодным, поскольку затраты на ее освоение, как правило, превышают стоимость дополнительной продукции, получаемой из отходов. Однако, если учесть, какой экономический ущерб наносят народному хозяйству загрязнения, то оказывается, что «экономия» на технологии оборачивается для общества чистым убытком».

В заключение следует подчеркнуть важность экологической подготовки специалистов различного профиля, без которой невозможна квалифицированная оценка воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду в каждой конкретной ситуации. Как уже упоминалось, постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об усилении охраны природы и улучшении использования

⁵ М. Лемешев. Экономика и экология; их взаимосвязь и зависимость. — «Коммунист», 1975, № 17, с. 49.

природных ресурсов» (декабрь 1972 г.) положило начало повсеместному преподаванию основ охраны природы в учебных заведениях, в том числе в технологических вузах.

Но очень важно, чтобы выполнение этого постановления не носило формального характера. Нередко еще курс охраны природы преподносится в виде довольно расплывчатого, не имеющего глубокой научной базы перечня мероприятий и рекомендаций по улучшению состояния окружающей среды. Такой курс не затрагивает глубоко умы и чувства студентов. Между тем психологическая перестройка сознания молодых специалистов, формирование должного отношения к природным ресурсам нашей Родины не менее важны, чем вооружение знаниями по специальности. Курс охраны природы, по нашему убеждению, должен преподноситься студентам как важнейшая научная дисциплина, базирующаяся на диалектическом и историческом материализме и экологии, призванная правильно ориентировать научно-технический прогресс.

ОТ АВТОРОВ

Настоящая брошюра составлена коллективом кафедры охраны труда и окружающей среды Ленинградского технологического института целлюлозно-бумажной промышленности. Наряду с достижениями отечественной и мировой практики в борьбе с загрязнением окружающей среды в брошюре отражены и некоторые собственные научные разработки кафедры, а также учтен имеющийся опыт преподавания специальных дисциплин при подготовке технологгов-очистников.

Разделы 4 и 5 брошюры написаны доктором техн. наук профессором В. Ф. Максимовым, введение и разделы 1 и 9 — канд. хим. наук доцентом И. В. Вольфом, разделы 3 и 7 — канд. техн. наук доцентом О. И. Яковлевой, раздел 8 — канд. биол. наук доцентом Н. И. Ткаченко, разделы 2 и 6 — кандидатами техн. наук доцентом Л. М. Исяновым и ассистентом В. Б. Лесохиным, раздел 10 — доцентами И. В. Вольфом и Л. М. Исяновым.

Авторы будут признательны за все критические замечания, отзывы, пожелания и высказывания по затронутым в брошюре вопросам и просят направлять их по адресу: 198092 Ленинград. Л-92, ул. Ивана Черных, 4, Ленинградский технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Научно-технический прогресс и экология	6
2. Газопылевые выбросы	14
3. Сточные воды	17
4. Технологические методы сокращения выбросов	22
5. Получение ценных продуктов из отходов	27
6. Очистка газопылевых выбросов	31
7. Внутрицеховая очистка сточных вод	38
8. Биологическая очистка	43
9. Химическая очистка	50
10. Нерешенные проблемы и перспективы их разрешения	54
От авторов	60

Борьба с загрязнением окружающей среды в целлюлозно-бумажной промышленности

Редактор В. А. Поздышев

Художник А. Г. Шиманец

Худож. редактор В. Н. Конюхов

Техн. редактор А. М. Красавина

Корректор В. В. Каночкина

А 03397. Индекс заказа 64 111. Сдано в набор 15/IX 1976 г.
Подписано к печати 22/X 1976 г. Формат бумаги 84×108¹/₃₂.
Бумага типографская № 3. Бум. л. 1. Печ. л. 2. Усл. печ. л. 3,36.
Уч.-изд. л. 2,97 Тираж 43 490 экз.

Издательство «Знание». 101835, Москва, Центр, проезд
Серова, д. 4. Заказ 2041 Цена 11 коп.

г. Чехов, Московской области
Чеховский полиграфический комбинат Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли

Серия «Химия»

В брошюрах рассказывается о наиболее актуальных проблемах в области химии, об использовании достижений химии в народном хозяйстве нашей страны в текущей пятилетке — пятилетке эффективности и качества.

Рассчитана серия на инженерно-технических и научных работников химической науки и производства, преподавателей и студентов-химиков, на тех, кто интересуется достижениями современной химии.

В 1977 году подписчики получают 12 номеров. Среди них:

Биополимеры

Полимеры выполняют разнообразные функции в биологических системах. Особое значение имеют два класса полимерных веществ, непосредственно участвующих в процессах жизнедеятельности. Это — белки и нуклеиновые кислоты. Автор сосредоточивает внимание именно на этих двух типах полимеров, на успехах в их синтезе, а также в изучении их биохимической активности.

В о й т о в и ч В. А., кандидат технических наук
Химия на стройплощадке

Химия произвела подлинный переворот в производстве, обогатила человечество огромным количеством синтетических материалов, превратилась в мощную сырьевую базу практически для всех отраслей промышленности, в том числе и для строительства. Брошюра рассказывает о том, как новые химические вещества и новые химические технологии начинают широко использоваться как непосредственно на стройке, так и на заводах по изготовлению строительных материалов. Она показывает значение этого про-

цесса в деле снижения стоимости строительства, повышения качества промышленных и гражданских зданий, увеличения комфортности жилищ.

Зайков Г. Е., Афанасьева В. А.

Катализ в химической реакции

Скорость процесса — чрезвычайно важный фактор, определяющий производительность оборудования в химических производствах. Поэтому одной из основных задач, стоящих перед химиками-исследователями, является научно обоснованный поиск ускорителей химических реакций, так называемых катализаторов. В брошюре рассмотрен ряд каталитических теорий и гипотез. Особое внимание уделено катализу в биологических системах, а также использованию активированных реакций в химической промышленности: в крупнотоннажном органическом синтезе, в производстве полимеров и волокон.

Кафаров В. В., член-корреспондент АН СССР

Проблемы управления химическими процессами

Брошюра посвящена применению методов кибернетики в химической технологии. Автор рассматривает особенности химико-технологических процессов как объектов управления, дает современную классификацию систем автоматического управления, применяющихся на химических предприятиях, излагает сущность методов математического моделирования и оптимизации процессов и аппаратов химических производств.

Костандов Л. А., министр химической промышленности

Химическая промышленность в десятой пятилетке

Неизмеримо возросли задачи и возможности химической промышленности в решении крупных народнохозяйственных проблем, связанных с обеспечением населения продуктами питания, одеждой, обувью, осуществлением технического прогресса в промышленности, сельском хозяйстве, в строительстве и на транспорте. Автор рассказывает о тех больших задачах, которые стоят перед химической промышленностью в области повышения эффективности производства и качества продукции в десятой пятилетке; о том, как химическая промышленность встала на путь укрупненных единичных мощностей, как усилиями

химиков и машиностроителей разрабатываются мощные агрегаты для всей гаммы крупнотоннажных производств.

Лебедев Н. Н., доктор химических наук

Перспективы развития промышленного органического синтеза

Автор показывает, как развитие представлений о протекании реакций органических веществ через стадию ионов, радикалов, ионрадикалов позволяет создавать новые методы синтеза сложных органических веществ, которые найдут применение в химической и нефтехимической промышленности, а также в производстве лекарственных веществ.

Роговин З. А., доктор химических наук

Производство химических волокон

Более половины общего производства текстильных волокон в стране следует отнести на счет химической промышленности. Каковы дальнейшие перспективы производства синтетического волокна для легкой промышленности, как оно создается, на какие группы делится и какими свойствами обладает — рассказывает эта брошюра,

Новое в электрохимии

Брошюра знакомит с наиболее крупными достижениями электрохимии, прежде всего в области механизма и кинетики электродных процессов с участием органических веществ.

Подписная цена на год — 1 руб. 32 коп.

Индекс серии в каталоге «Союзпечати» — 70074

