

Ц Б К

Pulp

еллюлоза

Paper

умага

Board

артон

03 [2012]

- Основные события 2012 года.
- Рассказывают наши корреспонденты: Санкт-Петербург, Архангельск, Усть-Илимск...
- Обзор Рынка: картон и упаковка, туалетная бумага.
- "Большой Усть-Илимск" – начало проекта.
- Проект "Ильшвенница". Продолжение публикации.
- Наши интервью: Нововинск, Байкальск.
- Очередное заседание "Дискуссионного Клуба".
- Возможные последствия вступления России в ВТО?
- Предложения зарубежных поставщиков.
- Календарь выставок '2012. Продолжение публикации.

Вступление России в ВТО и проблемы водосбережения на целлюлозно-бумажных предприятиях

М. Н. Смирнов, Г. А. Гусарова, KWI;
Ю. Г. Мандре, Э. Л. Аким,
СПб ГТУ РП

Среди проблем, стоящих перед человечеством в I половине XXI века, наряду с проблемами бедности, голода, изменения климата и, связанными с этим проблемами перехода к воспроизводимым источникам энергии, ООН называет и проблему нехватки чистой пресной воды. По данным **ФАО ООН** (Продовольственной и сельскохозяйственной Организации ООН), уже в настоящее время свыше 1,2 миллиарда человек на планете не имеют доступа к достаточному количеству чистой питьевой воды. В то же время многие отрасли промышленности применяют при производстве продукции значительное количество чистой пресной воды. Международные экологические организации даже ввели специальный термин – «водный след» («water footprint»), характеризующий количество воды, расходуемое на единицу продукции в течение всего ее жизненного цикла (производство, использование, утилизация).

Целлюлозно-бумажная промышленность, как известно, относится к одному из наиболее «водоемких» видов производств. Именно по этой причине **Международный Совет Лесных и Бумажных ассоциаций мира («ICFRA»)** в своих экологических отчетах уделяет большое внимание проблемам сокращения расхода воды на производство и

улучшения качества очищенных сточных вод, сбрасываемых в водоемы.

Россия наконец вступила в ВТО. И вопрос о переходе к «наилучшим существующим технологиям (НСТ) в течение ближайшего времени реально станет вопросом сохранения конкурентоспособности Российской ЦБП не только на международном, но и на внутреннем рынке. В результате от призывов к повышению экологичности производства ЦБП России будет вынуждена в кратчайший срок перейти к полной ориентации на «наилучшие существующие технологии», на величины удельных сбросов загрязняющих веществ, отвечающих этим технологиям, осуществляя поэтапную реализацию экологотехнологической реконструкции предприятий. Так, как это сделал несколько раньше весь мир...

При этом речь должна идти о принципиальном изменении подходов – от оценки качества очистки стоков к экологической оценке работы основного технологического оборудования. Таким образом, фактически речь идет об изменении критериев управления и, соответственно, оптимизации всего производства.

Процессы стокообразования, очистки стоков и методы управления производством, учитывающие требования к охране окружающей среды и снижению нагрузки на окружающую среду («экологию»), не часто выделяют в качестве приоритетных при осуществлении оперативного управления предприятиями. Публичные декларации

некоторых руководителей предприятий о постоянной заботе об окружающей среде уже ни кого не убеждают.

В связи с этим возникает необходимость углубления знаний технологов – по экологическим проблемам, а специалистов по охране окружающей среде – по современным технологиям, по наилучшим существующим технологиям и путям поэтапного перехода к ним.

Предлагаемая статья ни в коем случае не является учебным пособием по стокообразованию и очистке стоков, она призвана обратить внимание технологов на основные технологические моменты, определяющие режим стокообразования и влияющие на качество стоков после очистки.

Проблемы водосбережения неразрывно связаны и с проблемами энергосбережения. Известно, что производство целлюлозы и бумаги считается одним из самых водопотребляющих производств. Уровень потребления воды на технологические нужды, в зависимости от конфигурации производства и достигнутой степени водооборота, колеблется в пределах от 100 до 250 м³ на тонну готовой продукции. Все процессы производства целлюлозы и бумаги, от варки щепы до отлива бумаги или целлюлозы на сушильных машинах, проводятся в водной среде и большая часть из них – при высокой температуре. При этом, чем больше удельный расход воды на производство, тем больше потери тепла со стоками производства. Так, при среднегодовой температуре забираемой воды для многих

предприятий от 7 до 10 °С, среднегодовая температура сбрасываемых очищенных стоков составляет 25-30 °С. Отсюда следует, что удельный расход воды на производство является одним из факторов, в значительной степени определяющих энергоемкость и себестоимость продукции.

Мотивов и причин для того, чтобы непрерывно заниматься улучшением экологических характеристик предприятий вроде бы хватает.

- Развитие технологии целлюлозно-бумажного производства и постоянное совершенствование технологического оборудования в сочетании с современными способами увеличения степени водооборота, позволяют значительно снизить потребление воды на технологические нужды и содержание загрязнений в сточных водах.

- Рационально подобранные технические решения по совершенствованию стокообразования, как правило, имеют самостоятельный положительный экономический эффект – в основном, за счет снижения удельного расхода химикатов, сырья и энергии на производство продукции.

- Размеры платежей за загрязнение окружающей среды и штрафы за превышение нормативов загрязнений составляют значительные суммы, и, казалось бы, это должно побуждать к улучшению показателей сточных вод, и, как следствие, и к снижению платежей.

Почему все же не происходит значительного улучшения природоохранной деятельности предприятий лесного комплекса? Почему европейцы, когда осознали, что практически лишились чистой питьевой воды, установили достаточно жесткие требования к нарушителям и приняли национальные программы по оздоровлению окружающей среды, а у нас не происходит ничего похожего? Почему в Китае объявлено, что предприятия, которые не устранят загрязнения окружающей среды в кратчайшие сроки, будут попросту закрыты, а у нас дальше деклараций дело не идет?

Представляется, что одна из основных причин этого – отсутствие не только эффективного экологического законодательства и подзаконных актов, но и достаточного экологического образования у большей части персонала предприятий, как управленческого, так и технологического персонала основных производств.

В самом деле, только достаточно узкий круг специалистов предприятий (в основном технологи очистных сооружений и специалисты отделов охраны окружающей среды) знают, какой вред природе наносят те или иные загрязнения, как влияют те или иные загрязнения стоков на эффективность работы очистных сооружений. В то же время эти специалисты зачастую отстранены от влияния на принятие решений по внедрению «наилучших существующих технологий». И наконец, не все главные технологи предприятий и технологи цехов, представляют себе, к каким экологическим последствиям приводят те или иные нарушения технологических процессов на вверенных им участках.

Таким образом, возникает необходимость повышения экологической культуры технологического и управленческого персонала и повышения статуса служб охраны природы.

Не все руководители среднего звена (от которых зависит реальное отношение предприятий к вопросам экологической безопасности предприятия) смогут профессионально ответить на следующие вопросы:

- Какие существуют загрязнения в стоках, и как эти загрязнения влияют на состояние водоемов?

- Какие методы очистки стоков существуют, и как правильно использовать сочетание методов очистки?

- Какие параметры основного производства в наибольшей степени влияют на качество стоков, сбрасываемых в водоем?

- Каковы пути оптимизации систем водопользования в условиях поэтапной эколого-технологической ре-

конструкции предприятий при их переходе к «наилучшим существующим технологиям»?

В предлагаемой статье мы постараемся дать доступные ответы на эти вопросы. Для большей наглядности в виде вставок приведены некоторые определения, связанные с характеристиками сточных вод (заимствованные из учебников и нормативных документов).

Как различные виды загрязнений влияют на водоем?

Растворенные органические загрязнения

Содержание органических загрязнений в стоках оценивается, в основном, по показателям БПК (биологическое потребление кислорода), ХПК (химическое потребление кислорода) и в некоторой степени по показателю «цветность».

Следует постоянно помнить, что поступление в водоем неочищенных (или недостаточно очищенных) сточных вод приводит к изменению свойств воды водоемов: органолептических (запах, вкус) физико-химических, физических, химических и биохимических.

Показатель БПК определяет количество кислорода, которое потребуются бактериям на окисление органических веществ в аэробных (в присутствии кислорода) условиях (легкоокисляемые органические вещества).

Показатель ХПК определяет количество кислорода, которое требуется для окисления содержащихся в воде органических и минеральных веществ, окисляемых одним из сильных химических окислителей при определенных условиях.

БПК – Количество растворенного кислорода ($\text{мгO}_2/\text{литр}$), потребляемого за установленное время и в определенных условиях при биохимическом окислении содержащихся в воде органических веществ.

ХПК – Количество кислорода ($\text{мгO}_2/\text{литр}$), потребляемое при химическом окислении содержащихся в воде органических и неорганических веществ под действием различных окислителей.

Вред от попадания в водоем большого количества органических загрязнений (легко- и трудноокисляемых) заключается, в основном, в ухудшении кислородного режима водоема (потребление растворенного в воде кислорода на окисление органических соединений, поступающих со стоками). Снижение содержания кислорода в водоеме подавляет жизнедеятельность водных организмов, гибель которых приводит к ухудшению процесса самоочистки водоема и образованию вторичных загрязнений из-за отмирания водорослей и водных организмов. Колонии бактерий, которые растут при потреблении легкоокисляемых органических веществ, поступающих со стоками, увеличивают содержание взвешенных веществ в воде (влияние взвешенных веществ на состояние водоема будет рассмотрено ниже).

Продукты частичной деструкции органических соединений стоков целлюлозно-бумажных производств (некоторые циклические органические соединения, хлорфенольные и др.) являются ядовитыми и мутагенными для высших организмов и, при попадании в водоем, могут приводить к гибели водных организмов и уменьшению биоразнообразия водоема.

Цветность

В основном, цветность стоков обусловлена наличием в них сильноокрашенных (содержащих большое количество хромофорных групп) органических веществ.

Цветность – Показатель, характеризующий интенсивность окраски воды. Обычно измеряется в градусах платино-кобальтовой шкалы.

Цветность снижает прозрачность воды и ухудшает проникновение солнечного света в толщу воды, что приводит к снижению эффективности фотосинтеза и биологической продуктивности водоема (водоросли являются нерестилищем и местом обитания и укрытия мальков), подавлению роста и гибели водорослей, что также ведет за собой нарушение биоценоза водоема и возникновению вторичных загрязнений.

Высокая цветность воды также ухудшает ее органолептические свойства.

Взвешенные вещества

Показатель «взвешенные вещества» определяет содержание в воде веществ ($\text{мг}/\text{литр}$), выделенных из воды путем фильтрования и (или) центрифугирования.

Попадание большого количества взвешенных веществ в водоем снижает прозрачность воды и приводит к нарушениям, о которых говорилось выше. Если взвешенные вещества представлены выносом погибшего активного ила из сооружений биологической очистки, то кроме снижения прозрачности воды происходит разложение

Взвешенные вещества влияют на температуру, состав растворенных компонентов поверхностных вод, адсорбцию токсичных веществ, а также на состав и распределение отложений и на скорость осадкообразования. Волокно может оседать на дно водоемов, лишая рыб нерестилищ и кормовых мест.

ила и увеличение образования вторичных загрязнений. Кроме того, это также приводит к забиванию илом жабр рыб. Если взвешенные вещества пред-

ставлены волокном, то здесь проявляются еще и вредные последствия, приходящие к сбросу растворенных органических соединений, так как волокно постепенно разлагается и загрязняет воду продуктами разложения.

Солесодержание и pH

Высокое солесодержание и значительные отклонения pH приводят к изменению привычных условий жизнедеятельности водных организмов, усилению роста (особенно при снижении pH) сине-зеленых водорослей, нитчатых и серобактерий, которые вырабатывают токсичные вещества, что приводит к гибели водных организмов.

Нефтепродукты и поверхностно-активные вещества

В присутствии нефтепродуктов вода приобретает специфический вкус и запах, изменяется ее цвет, pH. Кроме того, что эти вещества являются токсичными для водных организмов, они образуют на поверхности воды тонкую пленку, которая препятствует газовому обмену. Эта пленка также является сборником мелких водных организмов, которые погибают и служат ядовитым кормом для мальков и других мелких водных организмов, которые в свою очередь тоже погибают. Отрицательное влияние нефтепродуктов и присутствие их в виде пленки сказывается и на развитии высшей водной растительности.

Биогенные соли азота и фосфора

На станции биологической очистки стоков для обеспечения нормальной

жизнедеятельности и роста микроорганизмов, составляющих активный ил, производится дозирование в стоки перед очисткой питательных солей. Они содержат необходимое количество азота и фосфора. При этом поддерживают постоянное соотношение солей к биоразлагаемым легкоокисляемым органическим веществам.

В то же время, избыточное поступление биогенных элементов (азота и фосфора) является главной причиной антропогенного эвтрофирования водных объектов. Под эвтрофированием (по отношению к природным водоемам) понимают процесс роста общей продуктивности экосистемы водоема, включающей водные массы, донные отложения и населяющие их организмы. В результате увеличивается «не полезная» продуктивность, происходит усиленное развитие фитопланктона, тины, прибрежных зарослей, водорослей, «цветение воды» и др. Этот процесс ведет к увеличению общего содержания органического вещества в воде водоема, вследствие нарушения естественного баланса между образованием («продукцией») и деструкцией органических веществ. Отставание деструкции от продукции сопровождается изменением качественного состава органических веществ — происходит накопление трудноразлагаемых органических веществ вследствие вытеснения соответствующих видов бактерий.

Фосфор — важнейший биогенный элемент, чаще всего лимитирующий развитие продуктивности водоемов. Поэтому поступление избытка соединений фосфора с неочищенными или недоочищенными сточными водами приводит к резкому неконтролируемому приросту растительной биомассы водного объекта (это особенно характерно для непроточных и малопроточных водоемов). Происходит так называемое изменение трофического статуса водоема, сопровождающееся перестройкой всего водного сообщества и ведущее к преобладанию гнилостных процессов (и, соответственно, возрастанию

мутности, солёности, концентрации бактерий).

Один из вероятных аспектов процесса эвтрофикации (особенно при недостатке растворенного кислорода) — рост сине-зеленых водорослей (цианобактерий), многие из которых токсичны. Выделяемые этими организмами вещества относятся к группе фосфор- и серосодержащих органических соединений (многие из которых относятся к классу нервно-паралитических ядов).

Присутствие аммония в концентрациях порядка 1 мг/дм³ снижает способность гемоглобина рыб связывать кислород, наблюдается интоксикация. Механизм токсического действия — возбуждение центральной нервной системы, поражение жаберного эпителия, гемолиз (разрыв) эритроцитов. Токсичность аммония возрастает с повышением pH среды.

Любые вещества, попадающие от производства в сточные воды, являются загрязнителями водоема (приемника стоков) и оказывают негативный эффект на «здоровье» водоема и его обитателей.

Вторичные загрязнения

Одна из самых серьезных проблем, которые возникают на производстве и приводят к значительному увеличению содержания загрязнений в очищенных стоках, — образование вторичных загрязнений стоков.

Как правило возникновение вторичных загрязнений происходит при нарушениях стабильной работы основного производства и при неэффективной работе узла сбора, переборки и утилизации осадков очистных сооружений.

Примерами образования вторичных загрязнений могут служить:

- Загнивание массы в бассейнах хранения и, особенно в бассейнах сбора брака бумагоделательных машин.

- Образование застойных зон в коллекторах стоков, усреднителях, отстойниках, аэротенках и илоуплотнителях, где создаются анаэробные зоны и происходит гниение ила, волокна и других органических соединений. При этом происходит активный рост нитчатых бактерий, ухудшающих осаждаемость активного ила, анаэробной микрофлоры, являющейся конкурентной по отношению к бактериям активного ила. Происходит образование метана и сероводорода.

- Чрезмерное количество активного ила в аэротенках, приводящее к повышенному выносу ила из вторичных отстойников.

- Попадание ила в фильтрат от обезвоживания избыточного активного ила при неудовлетворительном состоянии (или неправильно выбранном типе) установок обезвоживания. При этом ил, попадающий в первичные отстойники и илоуплотнители, загнивает. Это приводит к эффекту флотации мертвого ила, волокна и других взвешенных веществ и выносу их в систему аэрации. Это, в свою очередь, вызывает нарушение работы активного ила, увеличивает нагрузку по органическим веществам, приводит к повышенному выносу взвешенных веществ из вторичных отстойников.

- Возврат плавающих веществ (на некоторых сооружениях первичные и вторичные отстойники оснащены устройствами сбора и удаления плавающих веществ) на вход очистных сооружений также приводит к циркуляции вторичных загрязнений.

Особенно неприятно то, что возникновение негативных последствий от образования вторичных загрязнений проявляются без явно выраженных нарушений стокообразования от основных производств. В связи с этим трудно быстро идентифицировать истинную причину сбоя в рабо-

те очистных сооружений и повышения содержания загрязнений в очищенных стоках.

Поиск причин образования и способов предотвращения появления вторичных загрязнений стоков – одна из важнейших задач по обеспечению максимальной эффективности работы очистных сооружений и снижения количества загрязнений, попадающих в водоем.

Как мы видим, в стоках практически нет загрязнений, которые бы не оказывали негативного воздействия на водоем. Поэтому количество стоков от производства и их качество должны быть внесены в перечень постоянно контролируемых основных показателей работы предприятия.

Нормативы сброса тех или иных загрязняющих веществ разрабатываются с учетом возможностей водоема – приемника стоков к самоочищению, наличия фоновых загрязнений, скорости течения, кратности разбавления, наличия населенных пунктов вниз по течению и т. п.

Практически на всех предприятиях ведется «диалог» с надзорными организациями по поводу нормативов сброса загрязняющих веществ. При этом позиция надзорных организаций может (и должна) базироваться на том, что каждый водоем имеет возможности к самоочищению, и объем загрязнений не должен превышать этого уровня. В случаях недостижения предприятием нормативного уровня загрязнений в очищенном стоке, надзорные органы обязаны требовать от предприятия разработки и внедрения мероприятий, обеспечивающих снижение уровня загрязнений до нормативного уровня.

Возражения предприятий могут возникать только в случае отсутствия отработанных технических решений, позволяющих достигать нормативных требований по некоторым из видов загрязнений.

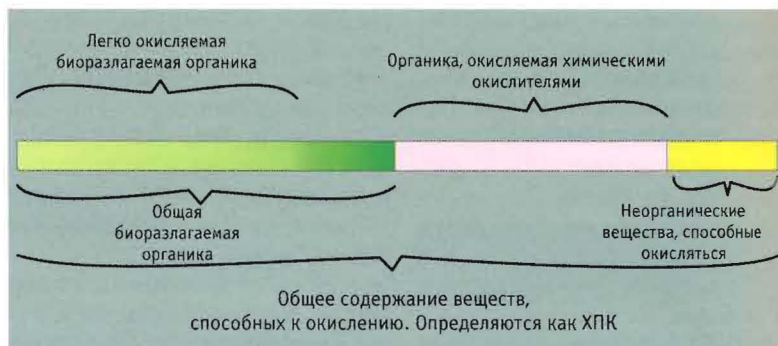


Рис. 1. Примерный состав стоков целлюлозно-бумажного предприятия.

Затратность мероприятия не должна рассматриваться как аргумент против его внедрения. Тем более, что 100 % предприятий имеют значительный потенциал для снижения отрицательного воздействия на окружающую среду не за счет крупных капитальных затрат, а за счет повышения технологической дисциплины, поддержания уже имеющегося технологического оборудования в работоспособном состоянии, постоянной работы по повышению эффективности технологических процессов, разработки и реализации программы поэтапной эколого-технологической реконструкции.

В Америке, а в настоящее время и в Китае, стоимость мероприятий по приведению сбросов предприятия к нормативному уровню надзорные органы не интересуют. Рассматривается только одна возможность продолжения деятельности предприятия – это безоговорочное соблюдение нормативов сброса и выброса загрязняющих веществ.

Норматив сброса по любому из видов загрязнений должен определяться из возможностей водоема – приемника стоков к самоочищению и полному исключению необратимых последствий от сброса загрязнений.

Для того, чтобы оценить, какие возможности по снижению объема загрязнений имеет предприятие, необходимо

для начала разобраться, какие загрязнения присутствуют в стоках, откуда они берутся и какими способами можно снизить количество этих загрязнений.

На рис. 1 представлено примерное соотношение способных к окислению веществ в стоках предприятия ЦБП. Из приведенных на рисунке данных видно, что в стоках присутствуют:

биоразлагаемые органические соединения, органические соединения, которые не окисляются микроорганизмами в условиях очистных сооружений биологической очистки, но определяемые в составе ХПК, неорганические вещества, способные к окислению и определяемые в составе ХПК.

Биоразлагаемые органические соединения – это смесь легко- и трудно-окисляемых органических соединений. Степень очистки от трудно-окисляемых органических соединений зависит в основном от количества циркулирующего активного ила в аэротенках, времени аэрации, которая определяется емкостью аэротенков, нагрузкой на ил и гидравлической нагрузкой. Чем сток больше разбавлен, тем ниже степень очистки трудно-окисляемых биоразлагаемых органических соединений.

Следует отметить, что в силу специфики окисления биоразлагаемых органических соединений с помощью микроорганизмов (БПК) и химическим способом (ХПК), значения потребления кислорода для окисления одного и того же количества органических веществ

будут различаться. Значения химического потребления кислорода (ХПК) для одних и тех же веществ будут всегда выше значений биологического потребления кислорода (БПК). Таким образом, существует формула

$$\text{ХПК} = \text{БПК} \times K.$$

В этой формуле K – коэффициент, всегда больше единицы.

Объясняется эта разница тем, что при биологическом разложении органических веществ только часть их окисляется до CO_2 , а оставшаяся часть расходуется на прирост биомассы бактерий, составляющих активный ил. Величина коэффициента зависит от времени аэрации и соотношения количества органических веществ и биогенных солей азота и фосфора. Чем больше количество биогенных солей, тем выше прирост биомассы.

Таким образом, график эффективности очистки стоков на сооружениях биологической очистки по группам загрязнений (представленных на рис. 1) в зависимости от продолжительности аэрации будет выглядеть примерно так, как представлено на рис. 2.

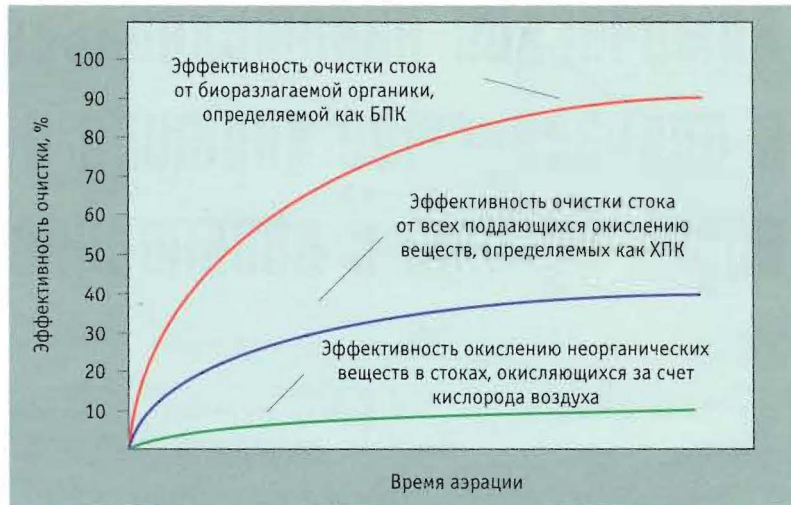


Рис. 2. Влияние продолжительности аэрации на эффективность очистки стоков по группам загрязнений.

Понимание характера загрязнений, причин их возникновения в зависимости от эффективности соблюдения технологических режимов и осознание степени негативного влияния на водоем – приемник стоков позволят руководителям высшего и среднего звена предприятий планомерно заниматься

снижением нагрузки на окружающую среду («экологию») от деятельности предприятия.

Различные методы локальной и общезаводской очистки стоков и их эффективность для различных видов загрязнений будут рассмотрены в следующей статье.