

СОВРЕМЕННЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ РЕШЕНИЯ В ОБРАБОТКЕ СТОЧНЫХ ВОД

Александр Смирнов¹, Валентина Юрченко², Михаил Есин¹, Андрей Артеменко²

¹ГК «Экополимер»,

Адрес: Россия, г. Москва, Б. Строченовский пер., 7,

E-mail: smimovav@ecopolymer.com

²Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

Адрес: Украина, г. Харьков, ул. Сумская, 40

E-mail: yurchenko.valentina@gmail.com

Аннотация. Проанализирован опыт компании «Экополимер» по внедрению энергосберегающих решений в очистке сточных вод, позволяющих снизить энергопотребление на очистных сооружениях на 65 %. Технический уровень модернизации предусматривает замену насосного и воздуходувного оборудования, установку аэраторов с высокими массообменными характеристиками, технологический - реализацию технологии нитри-денитрификации, оптимизационный - оснащение сооружений приборами контроля, учета и мониторинга процесса очистки сточных вод.

Ключевые слова: сточные воды, очистные сооружения, биологическая очистка, энергопотребление, модернизация.

ВВЕДЕНИЕ

Для соблюдения современных нормативов по содержанию остаточных загрязнений в сточных водах, сбрасываемых в природные водоемы, необходимо применять сложные и энергозатратные системы обработки, особенно на этапах биологической очистки. Практика эксплуатации сооружений биологической очистки сточных вод показывает, что себестоимость процесса очистки на 60-80 % зависит от эффективности применяемой системы аэрации, являющейся наиболее энергоемким элементом очистных сооружений. В связи с этим оптимизация процесса проектирования и эксплуатации аэрационных систем является весьма актуальной задачей.

Глобализация процессов эвтрофирования природных водоемов привела к радикальному снижению допустимого остаточного содержания биогенных элементов, в том числе азота, в очищенных сточных водах. Так, в странах Евросоюза допустимая концентрация общего азота в сточных водах - 10 мг/дм³ для объектов с условным населением свыше 100 тыс. человек и 15 мг/дм³ - для объектов с меньшим населением. Такой уровень требований обусловил активное внедрение методов глубокого удаления соединений азота, что существенно повысило энергозатраты на очистных сооружениях канализации. Известны различные методы удаления соединений азота из сточных вод, но наиболее перспективны, экономичны и эффективны биологические - нитрификация-денитрификация. Основным преимуществом технологии нитрификации-денитрификации является возможность ее реализации в традиционных сооружениях биологической очистки без дополнительных капитальных затрат.

Большой объем энергетических затрат на очистных сооружениях канализации связан также с недостаточной эффективностью и высоким потреблением электроэнергии установленного оборудования.

Современные нормы потребления электроэнергии, предъявляемые к отечественным сооружениям очистки сточных вод, требуют комплексного переоснащения технического оборудования, пересмотра существующих технологий эксплуатации, а также внедрение современных систем контроля и управления.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ, МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДОВ

Анализ литературных данных и опыта эксплуатации очистных сооружений позволяет определить основные категории энергозатрат и эффективность мероприятий по сокращению потребления электроэнергии [Energy efficiency in municipal wastewater treatment plants. Technology assessment. Lawrence J. Pakenas, P.E., 2012; Energy reference guide. Lawrence J. Pakenas, P.E., 2012; Валкина Е., Вернези С., Николенко И., Богущий П., 2010]. Распределение потребления электроэнергии в процессе очистки сточных вод представлено на рис. 1.

Как видно из рис. 1, основным потребителем электроэнергии на очистных сооружениях является аэрация (воздуходувные агрегаты) и насосное оборудование.

Сточные воды аэрируются посредством продувки их воздухом или кислородом в очистных сооружениях, а в некоторых случаях и перед выпуском в водоем. Воздух поступает в жидкость в виде пузырьков, которые всплывают и при движении через слой воды насыщают водную среду кислородом. Чем меньше размер пузырьков, тем большее количество кислорода переходит в жидкость из воздуха и, следовательно, тем ниже затраты энергии на работу аэрационного оборудования. Однако получение мелких пузырьков требует больше затрат энергии на диспергирование воздуха. Эффективность работы аэраторов характеризуется коэффициентом использования воздуха и эффективностью

аэрации. Эффективность аэрации – это расход электроэнергии, кВт·ч, на растворение 1 кг O_2 .

Для снижения энергозатрат и обеспечения современных норм потребления электроэнергии важнейшим резервом является повышение энергоэффективности работы оборудования и оптимизация энергетической схемы работы очистных сооружений [Energy reference guide. Lawrence J. Pakenas, P.E., 2012].

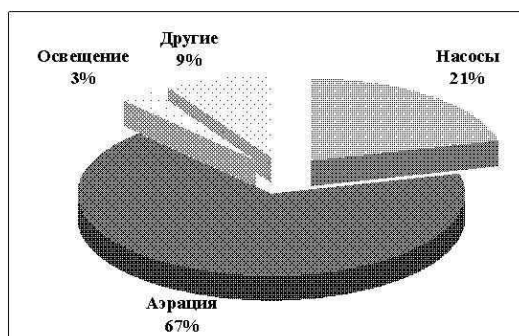


Рис. 1. Распределение потребления электроэнергии на очистных сооружениях канализации

Fig. 1. Distribution of a current consumption on waste water constructions of the sewerage

Необходимость глубокой очистки сточных вод от соединений азота обусловлена все возрастающей эвтрофикацией природных вод, что чрезвычайно осложняет водоподготовку для питьевого и промышленного водоснабжения (а в отдельных случаях полностью исключает возможность использования эвтрофированного водоема для такого водопользования), создает экологические проблемы для прилегающих регионов и проблемы для рыбного хозяйства. При общепринятых в Украине технологиях биологической очистки городских сточных вод в аэротенках удаляется основная масса органических загрязняющих веществ, но не обеспечивается глубокое удаление соединений азота. Эффективность удаления соединений этого элемента невысока, что не обеспечивает достижения требуемых нормативов на сбросе. При традиционной схеме биологической очистки аэротенк-отстойник достичь установленных нормативов на сбросе возможно только по аммонийному азоту, т.е. при организации процесса нитрификации. Но основным условием для проведения эффективной нитрификации является мелкопузырчатая система аэрации, подача необходимого количества воздуха, обеспечивающего высокую концентрацию растворенного кислорода, а также достаточное время аэрации (обычно более 6 часов), что чрезвычайно повысит расход электроэнергии.

Биологический метод глубокой очистки сточных вод от соединений азота основан на процессах нитрификации и денитрификации. Он заключается в окислении бактериями соединений азота до

нитритов и нитратов и последующего их восстановления до газообразного азота. Преимуществом двухфазных систем (отдельной для нитрификации и отдельной для денитрификации) является их высокая надежность, а недостатками – использование дополнительного источника органического субстрата, а также более высокие капитальные затраты. В практике очистки городских сточных вод более широко распространены однофазные системы [Жмур Н.С., 2003; Хенце М., Армозс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э., 2004; Nutrient Control Design Manual. State of Technology Review Report, 2009].

Несмотря на большое количество технологических схем удаления соединений азота, методы расчета таких технологий еще несовершенны и недостаточно разработаны. Реализация большинства известных технологических схем не позволяет обеспечить требуемое качество очищенных сточных вод по биогенным элементам. К настоящему времени нет общепризнанной методики определения параметров и конфигурации сооружений биологической очистки с глубоким удалением соединений азота из городских сточных вод. Также до сих пор остается нерешенной задача с критерием выбора наиболее эффективной технологической схемы для реализации на очистных сооружениях. При существовании более 10-ти различных конфигураций сооружений для глубокого удаления биогенных элементов, отсутствует механизм оценки технологической эффективности внедряемых технологических схем удаления соединений азота и фосфора. Особенно это касается сложных схем с большим количеством рециклов. Нет также надежной методики, позволяющей сделать выбор в пользу той или иной технологической схемы с учетом ряда таких параметров как качество очистки сточных вод и энергоемкость процесса.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью настоящей работы является анализ основных направлений снижения энергозатрат на различных этапах очистки городских сточных вод при обеспечении глубины удаления загрязнений (в том числе соединений азота) до нормативных требований для сброса в природный водоем.

В работе использовали данные научно-технической литературы, а также опыт компании «Экополимер» в реализации проектов строительства и реконструкции очистных сооружений канализации.

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Весь комплекс мероприятий и модернизаций, направленных на снижение энергопотребления при работе очистных сооружений канализации, можно разделить на 3 основных этапа:

1. **Технический этап.** Замена насосного и воздуходувного оборудования, замена аэрационной

системы с установкой аэраторов с высокими массообменными характеристиками.

2. **Технологический этап.** Реализация технологии нитри-денитрификации в схемах биологической очистки городских сточных вод с экономным энергопотреблением и низкими капитальными затратами.

3. **Оптимизационный этап.** Оснащение очистных сооружений приборами контроля, учета и мониторинга состояния процесса очистки сточных вод, а также централизация сигналов с оборудования в диспетчерский пункт для принятия решений и выбора оптимального режима работы. На этом этапе также реализуется система управления технологическими параметрами работы сооружений и оборудования.

При реализации указанных этапов специалисты компании «Экополимер» руководствуются принципами максимальной эффективности решений.

Среди наиболее распространенных и доступных мероприятий технического этапа можно выделить замену системы аэрации. Компания «Экополимер» на протяжении более 20 лет занимается изготовлением и комплексной заменой систем аэрации. Аэрационные системы «Экополимер» успешно работают на более чем 600 муниципальных и промышленных сооружениях очистки сточных вод. На смену фильтросных плит, которые имели невысокие массообменные характеристики, пришли пневматические мелкопузырчатые аэраторы из полимеров и дисковые аэраторы с эластичной мембраной. Как показывает опыт реализации проектов, экономия электроэнергии при замене системы аэрации достигает 15 %.

Наиболее перспективными диспергирующими элементами в последнее время считаются мембранные аэраторы. Аэраторы AP-420T – это дисковые торoidalные аэраторы, выполненные из полипропилена с мембраной из специальной резины, стойкой к агрессивным средам. Крепление аэраторов выполняется на закрепленных воздуховодах.

Сравнивая эти аэраторы с другими подобными (дисковыми) аэраторами выделяются следующие преимущества [Худенко Б.М., Шпирт Е.А. 1973]:

- мелкопузырчатая аэрация и высокие массообменные характеристики;
- широкий диапазон пропускной способности аэраторов по воздуху;
- малое гидравлическое сопротивление аэраторов;
- простота конструкции, монтажа и эксплуатации;
- способность работать в непрерывном и периодическом режиме аэрации;
- надежная защита от попадания сточных вод в воздухоподводящую систему, поэтому ненужно применение водовыбросных стояков;
- некольматируемая мембрана;

- способность резиновых мембран к регенерации в ходе эксплуатации системы путем периодической продувки повышенным расходом воздуха (без опорожнения аэротенка) или промывки наружной поверхности мембран (с опорожнением аэротенка);

- высокая надежность системы и длительный срок эксплуатации за счет изготовления большинства элементов системы аэрации из полимерных материалов и нержавеющей стали, за исключением резиновых мембран;

- удачное крепление воздухопроводов с аэраторами к днищу, не ограничивающее температурные расширения конструкции – не требуется применение термокомпенсаторов.

Наличие центрального отверстия (подобных аэраторов пока нет) при определенных расходах воздуха на аэратор приводит к созданию дополнительного подсосывающего эффекта. Это сказывается на форме факела аэрации и, соответственно, на улучшении массообменных характеристик аэратора.

Насосное оборудование многих отечественных очистных сооружений канализации имеют износ около 90-95%, что негативно сказывается на энергетическом балансе сооружений и на эффективности очистки в целом. Компанией «Экополимер» выполнены проекты с заменой насосного оборудования (Нижний Новгород, Черноголовка, Городец, Новая Каховка и др.), которые позволяют экономить до 15 % потребляемой электроэнергии.

Установка новых воздуходушных агрегатов с регулируемой производительностью, которые позволяют максимально экономить электроэнергию, является наиболее дорогостоящим этапом реконструкции. Элементы технического этапа энергоэффективных решений в плане замены воздуходушного оборудования снижают потребление электроэнергии на 30 %.

На станциях аэрации и на сооружениях, где требуются большие расходы сжатого воздуха с напором свыше 10 м, применяют многоступенчатые турбовоздуходувки (до 30 м) или турбокомпрессоры (30-100 м). Турбовоздуходувки, турбокомпрессоры и нагнетатели работают по такому же принципу, что и центробежные насосы. Сжатие и нагнетание воздуха в них происходит под действием центробежной силы, которая возникает при вращении рабочего колеса. Воздух из рабочего колеса попадает в неподвижный кольцевой диффузор, который служит для превращения кинетической энергии воздуха, полученной им в рабочем колесе, в потенциальную энергию (напор).

Для этого диффузор снабжен лопатками, образующими вместе с диффузором направляющий аппарат. В конструкции воздуходувок нового поколения присутствуют регулируемые лопатки, которые и позволяют регулировать производительность воздуходувки.

Для эффективной работы воздуходушных агрегатов в аэротенке устанавливаются датчики

измерения концентрации кислорода. Перед ротором на входе воздухоудовки устанавливаются направляющие лопатки, которые по показаниям датчиков растворенного кислорода меняют свой угол поворота (соответственно, меняется количество подаваемого воздуха в диапазоне от 40 до 100%). В качестве сигнала обратной связи могут использоваться любые другие датчики: давления, расхода, станции химического анализа и т.д. Двигатель воздухоудовки работает с постоянным количеством оборотов. Вал ротора воздухоудовки через мультиплексорную передачу поддерживает постоянные обороты, фиксированные скорости вращения. КПД при этом составляет 80-87%. Поток воздуха проходит через лопатки диффузора, установленного за ротором. Автоматически регулируемый угол наклона лопаток диффузора (устанавливается сервоприводом, смонтированным на обратной стороне диффузора) обеспечивает высокую линейность поддерживаемого избыточного давления и дополнительное тонкое регулирование потока воздуха.

Технологический этап мероприятий по оптимизации энергопотребления на биологических очистных сооружениях предполагает модернизацию технологической схемы обработки стоков. Среди предлагаемых в отрасли технологических схем очистки сточных вод с глубоким удалением соединений азота внедрение схем нитри-денитрификации является наиболее доступным и широко применяемым.

Инженеры компании «Экополимер» при подборе схем нитри-денитрификации используют собственную программу «ЭкоСим», которая основана на модели работы активного ила (ASM). После публикации Международной водной ассоциацией (IWA) моделей активного ила (ASM) [Gujer W., Henze M., Mino T., Van Loosdrecht M., 1999; Henze, M., Grady, C. P. L. Jr, Gujer, W., Marais, G. v. R., Matsuo, T., 1987; Henze M., Gujer W., Mino T., Matsuo T., Wentzel M. C., Marais G. v. R., Van Loosdrecht M., 1999; Gujer, W., Henze, M., Mino, T., Van Loosdrecht M., 1999], которые включают как нитрификацию, так и денитрификацию, применение этих моделей для систем с активным илом становится все более и более популярным. На основе этих математических моделей были разработаны различные имитационные программы [Hydromantis, in: GPS-X – Technical reference, GPS-x Version 5.0, 2006; Rieger L., Koch G., Kuhni M., Gujer W., Siegrist H., 2001; BiowinTM a wastewater treatment system simulator. EnviroSim Associates LTD; WRc Group. Plan-it STOAT], которые широко используются для исследования процессов с активным илом. Большинство этих программ включают не только классические модели ASM [Henze, M., Grady, C. P. L. Jr, Gujer, W., Marais, G. v. R., Matsuo, T., 1987], но и различные собственные разработки. К ним относится и разработанная в компании Экополимер программа «ЭкоСим» [Щетинин А. И., Реготун А.

А., 2000], которая после включения моделей удаления фосфора называется «ЭкоСим 3Р».

В отличие от других моделей [Gujer W., Henze M., Mino T., Van Loosdrecht M., 1999; Henze M., Gujer W., Mino T., Matsuo T., Wentzel M. C., Marais G. v. R., Van Loosdrecht M., 1999; Rieger L., Koch G., Kuhni M., Gujer W., Siegrist H., 2001], программа «ЭкоСим 3Р» включает гидравлическую схему системы «аэротенк - вторичный отстойник». Реакторы в гидравлической модели описываются как аппараты идеального перемешивания. Количество реакторов и их объем выбираются такими же, как количество и объем участков аэротенка, имеющего самостоятельные подводы воздуха, расход которого можно регулировать. Для каждого реактора сумма входящих потоков равна сумме выходящих потоков. Скорость изменения концентраций ингредиентов в каждом из реакторов описывается дифференциальными уравнениями. Потребность в кислороде определяется для каждого аэрационного участка, что дает возможность рассчитать систему аэрации.

Компьютерная имитация процессов биологической очистки сточных вод в аэротенках является мощным современным средством, необходимым при прогнозировании проектных и эксплуатационных параметров [Щетинин А.И., Есин М.А., Реготун А.А., Малбиев Б.Ю., 2010]. На основании такой имитации в ГК «Экополимер» разработан подход к ретехнологизации сооружений биологической очистки, с учетом:

- математических моделей биохимических процессов, осуществляемых активным илом;
- существующих воздухораспределительных систем;
- выбора оптимальной схемы биологической очистки (моделирование ≥ 10 вариантов схемы);
- оптимального баланса минимальных эксплуатационных энергозатрат и приемлемого качества очистки;
- минимального количества строительных работ при реконструкции.

Важнейшим резервом экономии электроэнергии при глубокой очистке сточных вод от соединений азота является использование технологии Анаммокс, которая обеспечивает экономию 2,2 кВт·ч на каждый кг удаленного азота по сравнению с традиционной нитри-денитрификацией.

Быстроразвивающийся научно-технический прогресс привносит в современный мир новые возможности электроники. На сегодняшний день в мире большую популярность получили так называемые «умные» технологии (smart technology), под которыми понимают приборы электроники с заранее запрограммированным алгоритмом операций. В связи с этим, автоматизация очистных сооружений канализации как элемент оптимизационного этапа, приобретает четко сформированный характер.

Основа автоматизации технологических процессов – это перераспределение материальных,

энергетических и информационных потоков в соответствии с принятым критерием управления (оптимальности). Под автоматической системой управления технологическими процессами (АСУ ТП) обычно понимается комплексное решение, обеспечивающее автоматизацию основных технологических операций технологического процесса на сооружениях в целом или на каком-то отдельном его участке.

Термин «автоматизированный» в отличие от термина «автоматический» подчеркивает необходимость участия человека в отдельных операциях, как в целях сохранения контроля над процессом, так и в связи со сложностью или нецелесообразностью автоматизации отдельных операций.

АСУ ТП, как правило, имеют трехуровневую систему:

- нижний уровень — система контроля и автоматического управления технологическими подсистемами и объектами на базе микропроцессорных контроллеров, приборов КИПиА, специализированного измерительного оборудования, счетчиков;
- средний уровень образуют устройства концентрации, обработки и передачи информации от устройств нижнего уровня на верхний уровень и от верхнего уровня на нижний;
- верхний уровень — средства передачи, хранения, накопления и представления информации, а также средства локальной вычислительной сети, объединяющей рабочие станции системы.

Как правило, АСУТП имеет единую систему операторского управления технологическим процессом в виде одного или нескольких пультов управления, средства обработки и архивирования информации о ходе процесса, типовые элементы автоматики: датчики, устройства управления, исполнительные устройства. Для информационной связи всех подсистем используются промышленные сети.

Современный ассортимент и уровень КИПиА позволяет вывести АСУ ТП очистных сооружений на новый уровень: обустройство мониторинга и регистрации качества сточных вод, необходимое для оценки работы (расход, уровень, концентрации соединений азота и фосфора, доза и индекс ила, концентрация растворенного кислорода и органических соединений), построение автономных блоков работы (контроль уровня растворенного кислорода, динамический нитратный рецикл, автоматическая ферментация сырого осадка и т.д.), верхний уровень логического контроля и прогнозирования работы очистных сооружений канализации на основе математических моделей работы активного ила (рис. 2).

За последние 10 лет по проектам компании были выполнены работы по строительству и реконструкции более 20 объектов [Щетинин А.И., 2002; Щетинин А.И., Есин М.А., Есин А.М., 2007] с внедрением технологии удаления биогенных элементов (табл. 2).

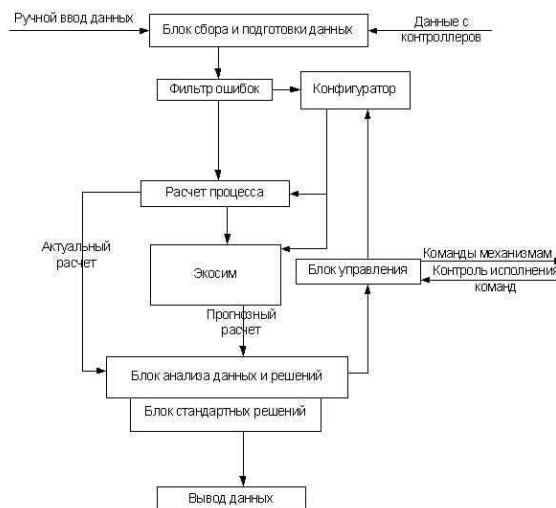


Рис. 2. Блок - схема взаимодействий верхнего уровня
Fig. 2. The block - scheme of interactions of top level

На сегодняшний день наиболее интересными проектами в плане реализации энергоэффективных решений можно отметить проект реконструкции очистных сооружений канализации г. Вологда и проект строительства очистных сооружений канализации г. Адлера.

Проект реконструкции очистных сооружений канализации г. Вологда реализуется за счет средств Европейского банка реконструкции и развития, генподрядчиком выступила компания «Экополимер» [Мешенгиссер Ю.М., Зброх С.Ю., Вавилов О.Ю., 2011]. При реализации проекта были решены следующие задачи:

- повышение эффективности работы очистных сооружений канализации и качества очистки стоков;
- использование процессов нитри-денитрификации в технологической схеме биологической очистки для снижения содержания соединения азота;
- модернизация воздухоподводящего оборудования;
- снижение (в перспективе) затрат на утилизацию обезвоженного осадка;
- повышение уровня автоматизации с одновременным сокращением времени технического обслуживания, осуществляемого эксплуатационным персоналом.

В рамках этого проекта выполнена ретехнологизация сооружений биологической очистки и модернизация воздухоподводящей станции. Для реализации технологии нитри-денитрификации существующие первичные отстойники переоборудованы под зоны перемешивания и включены в состав сооружений биологической очистки (рис. 3).

Таблица 1. Перечень очистных сооружений, на которых реализованы технологии удаления биогенных элементов или выполнены проекты реконструкции сооружений (РП)

Table 1. The list of clearing constructions on which technologies of biogenic elements removal are realized or projects of constructions reconstruction are executed

Наименование объекта	Краткая характеристика схемы	Расход, м ³ /сут	Год внедрения
ОСК г. Шостка	Ступенчатая денитрификация с пневматическим перемешиванием	30 000	2003
ОСК г. Набережные Челны	Ступенчатая денитрификация с пневматическим перемешиванием	320 000	2004
ОСК «Саратоворгсинтез»	Ступенчатая денитрификация с механическими мешалками	40 000	2004
ОСК г. Черноголовка	Собственная схема	15 000	2005
ОСК г. Щелково	А/О процесс с механическим перемешиванием и внутренней рециркуляцией	320 000	2005
ОСК ООО «Конкордия» г. Калининград	А/О процесс с механическим перемешиванием и внутренней рециркуляцией	2 000	2007
ОСК г. Нижний Новгород	Ступенчатая денитрификация с механическими мешалками (позаэтапная реконструкция)	744 200	2008 (РП), 2009
ОСК г. Городец	А/О процесс с механическим перемешиванием и внутренней рециркуляцией	10 000	2008 (РП)
ОСК г. Харьков (КБЮД, КБОУБ)	А ² /О процесс с механическим перемешиванием и внутренней рециркуляцией (экспериментальный блок)	50 000 50 000	2009 (РП) 2010 (РП)
БОС г. Магнитогорск (ЛБ)	А/О процесс с механическим перемешиванием и внутренней рециркуляцией	55 000	2010 (РП)
Челябинск	Ступенчатая денитрификация с механическим перемешиванием и внутренней рециркуляцией (позаэтапная реконструкция)	150 000	2010 (РП), 2011
ОСК г. Адлер	Ступенчатая денитрификация с механическим перемешиванием и внутренней рециркуляцией	100 000	2011
ОСК г. Смоленск	А ² /О процесс с механическим перемешиванием и внутренней рециркуляцией	160 000	2011 (РП)
БОС г. Новочебоксарск 3-я очередь	А ² /О процесс с механическим перемешиванием и внутренней рециркуляцией	100 000	2012
ОСК г. Вологда	А/О процесс с механическим перемешиванием и внутренней рециркуляцией	120 000	2012



Рис. 3. Анаэробный резервуар с мешалками (бывший первичный отстойник)
Fig. 3. The anaerobic tank with mixers (a former preliminary sedimentation tank)



Рис. 4. Аэротенки до (слева) и после (справа) реконструкции
Fig. 4. Aerotanks: before (at the left) and after (on the right) reconstruction

Это позволило повысить надежность работы сооружений биологической очистки с обеспечением нормативного качества очистки сточных вод (рис. 4).

В воздуходувной станции установлены современные воздуходувки с диапазоном регулирования 40-100 % (рис. 5). Регулирование производительности возду-

ходувок осуществляется по сигналам датчиков концентрации растворенного кислорода, установленных в аэротенках. Также сооружения оснащены датчиками концентрации аммонийного азота, а также анализаторами концентрации нитратов, по показаниям которых осуществляется управление внутренним нитратным рециклом иловой смеси.

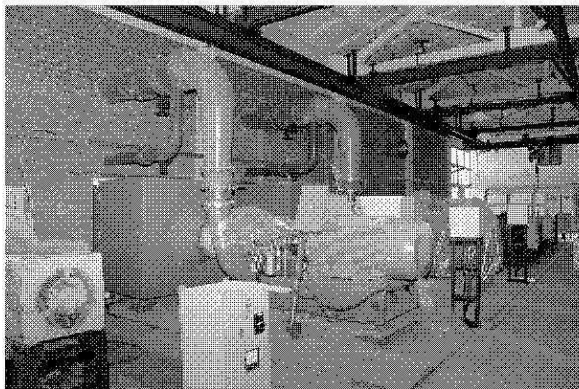


Рис. 5. Новые воздуходувные агрегаты
Fig. 5. New pressure-blowing units

Проект строительства сооружений в г. Адлере реализован в рамках программы подготовки к Зимним Олимпийским играм 2014 г. Эти сооружения построены с реализацией современных технологических решений, а также с применением современного энергоэффективного оборудования (рис. 6). Сооружения оснащены современными средствами КИПиА, средствами автоматизации и управления основными технологическими процессами. Реализованные мероприятия (высокоэффективные системы аэрации, регулируемые воздуходувки, регулируемые рециклы иловой смеси, оснащение приборами КИПиА и т.д.) позволяют осуществлять процесс очистки сточных вод с максимальной энергоэффективностью и поддержанием стабильного качества очистки сточных вод.



Рис. 6. Крытые сооружения аэротенков в г. Адлер
Fig. 6. Covered constructions of aerotanks in Adler

На примере этих сооружений показана реализация всего комплекса мероприятий, направленных на оптимизацию энергопотребления с достижением нормативного качества очищенных сточных вод.

На сегодняшний день оптимизационный этап является наиболее актуальной темой обсуждения. Оснащение сооружений приборами КИПиА, построение единой диспетчерской, а также программирование верхнего (логического) уровня является завершающим и наиболее дорогостоящим этапом реконструкции и модернизации сооружений.

В мировой практике нет аналогов полностью автоматических систем управления очистными сооружениями – системы, которая бы осуществляла управление большинством процессов на очистных сооружениях. Компания «Экополимер» совместно с мировыми лидерами производства КИПиА ведет разработки такой системы.

По мнению специалистов компании «Экополимер» внедрение перечисленных энергосберегающих решений позволяет снизить энергопотребление на очистных сооружениях канализации приблизительно на 65% (табл. 2).

Таблица 2. Эффективность предлагаемых энергосберегающих решений в очистке сточных вод на различных этапах модернизации
Table 2. Efficiency of offered energy-saving decisions in sewage treatment at various stages of modernization

Этапы модернизации	Эффективность энергосбережения, %	Мероприятия по модернизации
Технический	≥20	Замена технологического оборудования
Технологический	≥25	Специальные технологии биологической очистки
Оптимизационный	≤25	АСУ, КИПиА

ВЫВОДЫ

Опыт компании «Экополимер» доказывает, что комплексное техническое перевооружение эксплуатируемых сооружений очистки сточных вод, внедрение экономичных технологий глубокого удаления биогенных элементов и современных систем контроля и управления процессом повышает энергоэффективность сооружений минимум на 20 % на каждом этапе модернизации. Выполнение всего комплекса энергоэффективных решений позволяет снизить энергопотребление до 65 %. При этом эффективность очистки сточных вод обеспечивает достижение нормативных требований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Валкина Е., Вернези С., Николенко И., Богуцкий П., 2010. Использование методов водоочистки в новейших энергосберегающих технологиях. MOTROL. – Commission of motorization and energetic in agriculture: Polish Academy of sciences. - Lublin.- Vol.12C. – 114-120.
2. Жмур Н.С., 2003. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. – М.: АКВАРОС. – 512.
3. Мешенгиссер Ю.М., Зброх С.Ю., Вавилов О.Ю., 2011. Опыт реализации контрактов, финансируемых международными организациями. Водоснабжение и санитарная техника. – №12. – 3-9.
4. Хенце М., Армоэс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э., 2004. Очистка сточных вод: Пер. с англ. – М.: Мир, – 480.
5. Худенко Б.М., Шпирт Е.А., 1973. Аэраторы для очистки сточных вод. М.: Стройиздат. – 112.
6. Щетинин А. И., Реготун А. А., 2000. Определение возможного качества очистки сточных вод активным илом при помощи программы «ЭкоСим». Водоснабжение и санитарная техника. – №12. ч. 2. – 18 – 19.
7. Щетинин А.И., Есин М.А., Есин А.М., 2007. Эффективность биологического удаления соединений азота и фосфора из сточных вод. Сб. докладов Международного конгресса «ЭТЭВК-2007». – 212-215.
8. Щетинин А.И., Есин М.А., Реготун А.А., Малбиев Б.Ю., 2010. Моделирование биохимических процессов очистки сточных вод как основа ретехнологизации сооружений. Водоснабжение и санитарная техника. — № 11.- 60-69.
9. Щетинин А.И., 2002. Особенности реконструкции городских очистных сооружений канализации в настоящий период. Вода экология: проблемы и решения. — №2. – 22-28.
10. Biowin™ a wastewater treatment system simulator. EnviroSim Associates LTD. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.envirosim.com/>.
11. Gujer W., Henze M., Mino T., Van Loosdrecht M., 1999. Activated Sludge Model No.3. Wat. Sci. Tech. — 39 (1). — 183-193.
12. Henze, M., Grady, C. P. L. Jr, Gujer, W, Marais, G. v. R., Matsuo, T., 1987. “Activated Sludge Model No.1”. IAWPRC Scientific and Technical Report No.1. London, UK: IAWPRC.
13. Henze M., Gujer W., Mino T., Matsuo T., Wentzel M. C., Marais G. v. R., Van Loosdrecht M., 1999. Activated Sludge Model No.2d. ASM2d. Wat. Sci. Tech. — 39 (1). 165-182.
14. Gujer, W., Henze, M., Mino, T., Van Loosdrecht M., 1999. “Activated Sludge Model No.3”. Wat. Sci. Tech. — 39(1). 183-193.
15. Hydromantis, in: GPS-X – Technical reference, GPS-x Version 5.0, 2006. Ontario, Canada. — 113.
16. Energy efficiency in municipal wastewater treatment plants. Technology assessment. Lawrence J. Pakenas, P.E., 2012. New York state, Energy research and development authority.
17. Energy reference guide. Lawrence J. Pakenas, P.E., 2012. New York state, Energy research and development authority. Wastewater treatment and sludge management.
18. Nutrient Control Design Manual. State of Technology Review Report, 2009. – U.S. Environmental Protection Agency. (EPA/600/R-09/012) – Cincinnati, OH 45268. — 102.
19. Rieger L., Koch G., Kuhni M., Gujer W., Siegrist H., 2001. The Eawag Bio-P Module for Activated Sludge Model No 3. Wat. Res. – 35 (18). – 3887-3903.
20. Shahriari H., Eskicioglu C., Droste R. L. 2006. Simulating Activated Sludge System by Simple-to-Advanced Models. Journal of Environmental Engineering. – Vol. 132. – №1. – 42-50.
21. WRc Group. Plan-it STOAT. wastewater modelling software. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.wrcplc.co.uk>.

MODERN ENERGY-SAVING DECISIONS IN PROCESSING OF WASTE WATER

Alexander Smirnov, Valentina Iurchenko, Michael Esin, Andrey Artemenko

Summary. The experience of company "Ekopolimer" on introduction of energy-saving decisions in the waste water treatment is analysed. These decisions allow for lower power consumption on clearing constructions on 65 %. The technological level of the modernization provides replacement of the pump and pressure-blowing equipment, installation aerators with high mass-transfer characteristics, technological – the realization of technology nitrification- denitrification, optimization - equipment of constructions by devices of the control, account and monitoring of waste water treatment process.

Key words: waste water, clearing constructions, biological clearing, power consumption, modernization.