Углеродный след коммунальных очистных сооружений: оценка, сокращение, сертификация

Углеродный след как индикатор устойчивого развития получает все большее распространение в мире. В статье обсуждаются международные стандарты отчетности, подходы к оценке углеродного следа, а также методы его сокращения, используемые российскими водоканалами

Т.В. Гусева
ученый секретарь
Российского химико–технологического университета имени Д.И. Менделеева (РХТУ им. Д.И. Менделеева), Москва, tguseva@muctr.ru,
д–р техн. наук, профессор

М.В. Бегак
ведущий научный сотрудник
Санкт–Петербургского научно–исследовательского центра экологической безопасности РАН, С.–Петербург,
канд. техн. наук

Я.П. Молчанова
доцент кафедры менеджмента и маркетинга РХТУ им. Д.И. Менделеева,
Москва,
канд. техн. наук

ключевые слова

индикаторы устойчивого развития, экологический след, углеродный след, природоохранные предприятия

Движение человечества по пути устойчивого развития невозможно без наличия некоего компаса, показывающего верное направление. Таким компасом является система индикаторов устойчивого развития. Впервые необходимость их разработки была отмечена в «Повестке дня на XXI век», которая была принята на Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро (1992 г.) [1].

С тех пор разработка показателей идет в двух направлениях:

- путем построения систем индикаторов — групп показателей, характеризующих экологическое, экономическое и социальное развитие;
- с помощью разработки интегральных показателей, комплексно оценивающих ситуацию в определенном районе, отрасли и т.д.

Примерами интегральных индикаторов могут служить экологический след и углеродный след. Предложение использовать экологический след в качестве показателя устойчивости человеческой деятельности было выдвинуто в 90-е годы XX века на основе концепции ассимиляционной емкости биосферы.

Современный подход к определению уровня потребления населения в единицах площади (концепция экологического следа) систематизирован в работах Уильяма Риса и Матиса Вакернагеля [3].

Согласно данной концепции экологический след представляет собой общую площадь продуктивных территорий суши и водных ресурсов, необходимую для производства зерновых культур, даров моря, мяса, древесины, обеспечения энергией, предоставления пространства для размещения инфраструктуры и т.п. Индикатор позволяет рассчитать, сколько ресурсов способна дать Земля без ущерба для себя (в пределах биологической емкости) и сколько ресурсов в действительности потребляют люди (собственно экологический след). Биологическую емкость и экологический след принято выражать в глобальных гектарах (гга). Экологический след включает шесть компонентов: растениеводческий, животноводческий, лесной, рыбный, строительный и энергетический (углеродный) следы.

Углеродный след (УС) — это совокупность выбросов парниковых газов (ПГ), произведенных прямо и косвенно человеком, организацией, регионом, связанных с осуществлением какой-либо деятельности, предоставлением услуги, производством продукции или даже ее жизненным циклом в целом. Оценить УС можно, рассчитав выбросы ПГ и прежде всего диоксида углерода, метана, закиси азота и ряда фторсодержащих соединений [4]. Таким образом, углеродный след сопровождает практически каждый шаг человека, любое его решение о приобретении того или иного товара, о путешествии самолетом или поездом, об экономном расходовании электроэнергии, газа или воды. Точно так же и каждая компания, предлагающая на рынке товары и услуги, оставляет свой УС.

Деятельность природоохранных предприятий России

Но есть особые организации, деятельность которых направлена на сокращение углеродного следа клиентов — будь то частные лица или всевозможные организации. К ним можно отнести предприятия водоснабжения и водоотведения (водоканалы), выполняющие экологическую функцию и обеспечивающие очистку сточных вод многочисленных городов и по-

селков. Несмотря на очевидный вклад водоканалов в сокращение негативного воздействия на окружающую среду (ОС), их нередко считают чуть ли не основными загрязнителями водных систем. Поэтому водоканалы крупных городов стремятся не только оптимизировать производственные процессы, но и донести до потребителей достоверную информацию об экологических аспектах своей деятельности. Системы менеджмента качества и системы экологического менеджмента внедрены на многих предприятиях. Открытые отчеты, включающие значительные разделы, посвященные охране ОС, готовят и распространяют МГУП «Мосводоканал», ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», ОАО «Производственное объединение «Водоканал города Ростова-на-Дону», МУП «Горводоканал» г. Новосибирска, другие организации отрасли. В то же время ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», по всей вероятности, является единственным в России предприятием водоснабжения и водоотведения, выносящим на суд заинтересованных сторон «Отчет в области устойчивого развития» [5].

С прошлого года ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» полностью выполняет строгие требования Хельсинкской комиссии по защите морской среды Балтийского моря (ХЕЛКОМ), предъявляемые к качеству очистки сточных вод. По итогам того же года предприятие вошло в число финалистов премии Европейского фонда менеджмента качества Excellence Award 2011. Поэтому неудивительно, что специалисты этого предприятия стали инициаторами разработки и реализации проекта «Мониторинг и сокращение углеродного следа российских предприятий водоснабжения и водоотведения».

Проект посвящен разработке и апробации методологии оценки выбросов парниковых газов водоканалами России, а также обсуждению основных направлений повышения энергоэффективности и экологической результативности очистки сточных вод. Он выполняется АНО «Эколайн» и Санкт-Петербургским научно-исследовательским центром экологической безопасности РАН при поддержке Фонда благосостояния (Великобритания). Партнерами проекта являются Российская ассоциация водоснабжения и водоотведения и Экологический центр РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Цели проекта

Сооружения очистки сточных вод по своей сути являются природоохранными предприятиями. Их основная задача — «вытирать» экологические следы своих абонентов. Но эффективность очистки сточных вод в плане энергетических затрат на проведение процесса, транспортировку илового осадка и выполнение других операций на производственных площадках требует внимательного изучения. Результатом исследования станет установление УС как интегральной меры эффективности очистки сточных вод конкретным предприятием водопроводно-канализационного хозяйства.

В целом процесс определения углеродного следа включает следующие этапы:

1. Определение временных и пространственных границ оценки (период оценки, этапы производства).

2. Анализ имеющихся данных и составление всей цепочки этапов жизненного цикла. Необходимо выяснить, достаточно ли данных для оценки каждого этапа жизненного цикла или оценка возможна только на входе и выходе.

3. Определение существующих правил оценки, характерных для данного производственного процесса (отрасли).

4. Поиск информации о каждой технологической операции (сведений о потребляемых ресурсах, в том числе и энергетических, о производстве энергии, образовании отходов и т.д.).

5. Верификация.

Для того чтобы унифицировать подходы к расчету выбросов парниковых газов и отчетности в этой области, Международная организация по стандартизации выпустила стандарт ISO 14064:2006, русская версия этого

справка

Идея применения индикатора, учитывающего площадь территории для оценки развития тех или иных регионов, сама по себе не нова. Одним из первых такой подход предложил французский историк Фернан Бродель. Он использовал площадь территории в качестве показателя торговли, потребления и производства сельскохозяйственной продукции, поскольку считал, что гектар — намного более точный показатель экономической активности, чем постоянно меняющая курс единица валюты [2]. Сегодня экологов–экономистов гектар привлекает по сходным причинам: он обеспечивает подходящую «валюту» для оценки воздействия на природные ресурсы и окружающую среду и является хорошей мерой определения устойчивости

документа (ГОСТ Р 14064–2007) носит название «Требования и руководство по количественному определению и отчетности о выбросах и удалении парниковых газов на уровне организации» [6]. Британский институт стандартов подготовил спецификацию по оценке выбросов ПГ на протяжении жизненного цикла продукции и услуг [7]. В рамках программы Energy Star (США) формируются рейтинги предприятий водоснабжения и водоотведения, при этом также учитываются энергоэффективность компаний и их углеродный след [8].

В соответствии с рекомендациями стандарта по корпоративной отчетности, разработанного Всемирным советом бизнеса по устойчивому развитию, определение УС любой организации может производиться в нескольких приближениях, различающихся масштабами охвата процессов [9]. Рассмотрим эти приближения.

Приближение 1. Подсчет выбросов ПГ ограничивается только производственной площадкой предприятия. Это могут быть организованные выбросы, возникающие при сжигании ископаемого топлива, и выбросы фугитивные (летучие), являющиеся следствием происходящих на площадке процессов (утечка хладагентов из холодильников или кондиционеров, например).

Приближение 2. Учитывается вся электроэнергия, потребляемая на производственной площадке. Поскольку, как правило, электричество поставляется из сетей централизованно, то в этом случае выбросы парниковых газов определяются путем умножения величины потребленной энергии на национальный коэффициент, определяющий выбросы ПГ в единицах CO_2-эквивалента, приходящиеся на единицу (квт·час) потребленной электроэнергии.

Приближение 3. Учитываются выбросы ПГ вне производственной площадки, не связанные с производством электроэнергии. Это могут быть выбросы от используемого предприятием транспорта, включая общественный и личный транспорт, занятый перевозками работников предприятия. Могут также учитываться выбросы, получаемые от используемых компанией материалов.

Для станции очистки сточных вод (канализационных очистных сооружений, или КОС) приближение 1 включает:

- выбросы ПГ в процессе очистки;
- выбросы от использования топлива, необходимого для поддержания процесса очистки сточных вод;
- выбросы, обусловленные транспортными операциями в пределах производственной площадки.

К фугитивным эмиссиям ПГ относятся:

- выбросы метана (CH_4) вследствие анаэробных процессов в первичных и вторичных отстойниках;
- выбросы закиси азота (N_2O) вследствие процессов нитрификации и денитрификации;
- выбросы метана в процессах сбраживания и компостирования осадка, передачи газа по трубам, компостирования, размещения на полигонах.

В приближении 2 учитывается эмиссия ПГ при производстве покупаемой предприятием электроэнергии (расходуемой на перекачивание сточных вод, аэрацию, освещение производственных помещений и площадок, ультрафиолетовое обеззараживание сточных вод), а также энергия, генерация которой необходима для выработки тепла, пара, вентиляции, кондиционирования и т.д.

В приближении 3 учитываются все выбросы парниковых газов, не описанные в приближениях 1 и 2, но связанные с производственными процессами. Это, в первую очередь, транспортировка персонала (личный и общественный транспорт), а также доставка необходимых для очистки сточных вод расходных материалов (химикаты, запчасти). В ряде моделей учитываются также эмиссии ПГ при производстве таких реагентов, как сульфаты железа и алюминия, полимерные флокулянты, метанол, а также применяемые на заводах по сжиганию осадка сточных вод известь, щелочи и кислоты.

справка

Комиссия по защите морской среды Балтийского моря (ХЕЛКОМ) — постоянно действующий международный орган со штаб–квартирой в Хельсинки. Является руководящим органом Хельсинкской конвенции 1992 года, принятой в целях защиты морской среды района Балтийского моря. Объединяет девять стран, расположенных по берегам Балтийского моря: Россию, Германию, Данию, Финляндию, Швецию, Польшу, Латвию, Литву и Эстонию

Европейский фонд менеджмента качества (EFQM) — некоммерческая организация, созданная в 1988 году при поддержке Европейской организации качества и Комиссии ЕС с целью содействия конкурентоспособности европейской экономики путем распространения новых подходов к менеджменту, стимулирования к обучению его основам. Членами EFQM являются более 800 организаций из различных европейских стран

Всемирный совет бизнеса по устойчивому развитию создан по инициативе Международной торговой палаты в январе 1995 года. Объединяет 200 крупнейших компаний из 36 стран мира, представляющих более 22 отраслей промышленности и других видов предпринимательской деятельности. Общая капитализация компаний — членов Совета составляет 8 триллионов долларов

Все это вполне соответствует принципам оценки жизненного цикла, изложенным в международном стандарте ISO 14040:2006 [10]. При проведении такой оценки границы продукционной системы (географические, физические) в каждой конкретной ситуации определяются целью исследования. Примером могут служить результаты, полученные в США для предприятия по очистке сточных вод, расположенного на северо-западе страны [11]. В ходе выполнения сравнительного анализа было установлено соотношение выбросов парниковых газов, обусловленных потреблением энергии и использованием химических веществ (прежде всего сульфата алюминия). При использовании химических, биохимических и комбинированных методов удаления фосфора общая эмиссия ПГ варьирует от 0,16 до 0,25 млн т CO_2-экв. на 1 млн кубометров сточных вод, поступивших на очистку. При этом доля выбросов CO_2, обусловленных использованием энергии для очистки сточных вод, составляет более 60 %. При сжигании топлива, необходимого для транспортировки осадка сточных вод и химических реагентов, образуется свыше 30 % выбросов ПГ. Сульфат алюминия (с учетом добычи руды и производства реагента) добавляет до 5 % углеродного следа очистных сооружений. Порядки величин весьма показательны и могут служить информацией для принятия решений о размещении заводов по сжиганию осадка, о выборе поставщиков реагентов и способе транспортировки как осадка, так и химикатов.

Однако следует помнить, что при реализации описанного подхода существует вероятность двойного учета одних и тех же выбросов (например, связанных с добычей руды и производством сульфата алюминия) в общем балансе по стране.

Источниками выбросов других парниковых газов являются следующие процессы и устройства:

- метана — анаэробные процессы в первичных (главным образом) и во вторичных отстойниках, а также в анаэробных и аноксидных зонах аэротенков, уплотнение и центрифугирование илового осадка, сбраживание осадка в метантенках, размещение илового осадка на полигонах;
- закиси азота — процессы нитрификации и денитрификации.

Отметим, что в соответствии с принятыми подходами учета ПГ не учитываются фугитивные выбросы CO_2 при процессе очистки сточных вод: считается, что тот углерод, который поступает в атмосферу при разложении органики сточных вод, был когда-то, при создании этой органики (продуктов питания, древесины и пр.), из атмосферы изъят.

Для определения выбросов парниковых газов от КОС существует несколько моделей. Наиболее адекватные модели основаны на рекомендациях Рамочной конвенции ООН по изменению климата. Все подходы определения выбросов ПГ разрабатываются членами Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) и проходят обсуждения на сайте Рамочной конвенции [12].

В таблице приведены источники выбросов ПГ, обычно включаемые в границы системы при анализе углеродного следа канализационных очистных сооружений (по [12]).

Оценивая УС российских водоканалов, исполнители проекта приняли решение включить в границы системы производственные площадки, где расположены КОС, полигоны размещения илового осадка, трассы, по которым иловый осадок перевозится на полигоны, и здания, где работают сотрудники предприятия. Доступная информация систематизируется с учетом опыта аналогичных европейских компаний, которые уже оценивают УС и сообщают о его сокращении в открытой отчетности.

Регламентирование подходов к оценке углеродного следа

Среди документов, представляющих интерес для специалистов, следует упомянуть отчеты и руководства для руководителей и специалистов канализационных очистных

справка

В Санкт–Петербурге сейчас работают три завода по сжиганию осадка сточных вод: на Центральной станции аэрации (с 1997 года), на Северной станции аэрации (с 2007 года) и на Юго–Западных очистных сооружениях (с 2007 года). Получаемое при утилизации осадка сточных вод тепло в виде пара используется для выработки электроэнергии на турбогенераторах для собственных нужд. Так, например, в 2011 году на Северной станции аэрации (ССА) было выработано 8,2 тыс. МВт собственной электроэнергии (что составляет 6,2 % от суммарного энергопотребления ССА), а на Юго–Западных очистных сооружениях (ЮЗОС) — 2,3 тыс. МВт (6 % от суммарного энергопотребления ЮЗОС) [19]. Строительство метантенков на Северной и Центральной станциях аэрации — часть масштабной программы ГУП «Водоканал Санкт–Петербурга» по повышению энергоэффективности, которая рассчитана на несколько лет. Это предприятие наметило в 2014 году запустить метантенки на очистных сооружениях города. Получаемый биогаз планируется направлять на выработку тепловой и электрической энергии, что позволит уменьшить потребление энергии от внешних источников и, следовательно, получить двойной эффект снижения углеродного следа

Таблица
Источники эмиссий парниковых газов, включаемые при определении общего выброса ПГ от КОС

	Источник	Газ	Включается	Обоснование/Объяснение
Основная схема	Очистка сточной воды и переработка осадка	CH_4	Да	Главный источник эмиссий в основной схеме
		N_2O	Нет	Для простоты исключено. Влияние незначительное
		CO_2	Нет	Эмиссии CO_2 от разложения органических веществ не учитываются
	Генерация электрической и тепловой энергии	CO_2	Да	В основной схеме выбросы, связанные с производством электрической и тепловой энергии, происходят от: ▸ импортируемой электрической и тепловой энергии, используемой для очистки сточной воды и обработки осадка; ▸ электрической и тепловой энергии, замененной на энергию, полученную при использовании биогаза
		CH_4	Нет	Для простоты исключено. Влияние незначительное
		N_2O	Нет	Для простоты исключено. Влияние незначительное
	Транспортировка илового осадка	CO_2	Да	Выбросы от транспортировки осадка могут быть включены
		CH_4	Нет	Для простоты исключено. Этот источник эмиссий предполагается очень малым
		N_2O	Нет	Для простоты исключено. Этот источник эмиссий предполагается очень малым
Варианты	Очистка сточной воды и переработка осадка	CH_4	Да	Главный источник эмиссий в основной схеме
		CO_2	Нет	Эмиссии CO_2 от разложения органического вещества не учитываются
		N_2O	Да	В том случае, если иловый осадок вносится в почву для удобрения и улучшения ее структуры, может быть важным источником выброса ПГ
	Генерация электрической и тепловой энергии из ископаемого топлива на площадке	CO_2	Да	Может быть существенным источником эмиссий
		CH_4	Нет	Для простоты исключено. Этот источник эмиссий предполагается очень малым
		N_2O	Нет	Для простоты исключено. Этот источник эмиссий предполагается очень малым
	Транспортировка илового осадка	CO_2	Да	Эмиссии от транспортировки осадка могут включаться
		CH_4	Нет	Для простоты исключено. Этот источник эмиссий предполагается очень малым
		N_2O	Нет	Для простоты исключено. Этот источник эмиссий предполагается очень малым

сооружений, подготовленные Агентством по охране окружающей среды Великобритании [13, 14]. В свободном доступе можно также найти стандарт ведения учета и составления отчетности для компаний, обязанных подготавливать отчеты по выбросам шести ПГ, перечисленных в Киотском протоколе к Рамочной конвенции ООН об изменении климата [15].

Обсуждаемые документы интересны не только тем, что позволяют упорядочить подходы к оценке углеродного следа, но и тем, что открывают возможности для систематизации информации и обоснованного распространения сведений об этом важном показателе. Так, европейские органы по сертификации, лидирующие на рынке подтверждения соответствия систем менеджмента качества, экологического менеджмента, энергоменеджмента, активно продвигают новую услугу — сертификацию УС. Таким образом, кроме включения в открытую отчетность сведений об энергоэффективности и выбросах ПГ, организации получают возможность распространять заверенную третьей (независимой) стороной информацию об углеродном следе.

Широкое добровольное информирование различных заинтересованных сторон служит хорошим средством профилактики возможных конфликтов и недоразумений, создает дополнительные возможности в установлении коммуникаций с органами власти, потребителями, общественностью, то есть в целом вносит свой вклад в формирование обоснованно благоприятного общественного мнения. Отчетность в области устойчивого развития представляет собой практику измерения, раскрытия информации и подотчетности внутренним и внешним заинтересованным сторонам, предметом

которых являются результаты деятельности организации в отношении цели устойчивого развития.

В набирающем все большую популярность добровольном международном стандарте — Руководстве «Глобальная инициатива по отчетности» (Global Reporting Initiative) [16] среди рекомендованных показателей экологической результативности компаний есть три, непосредственно отражающие выбросы парниковых газов:

- полные прямые и косвенные выбросы ПГ с указанием массы;
- прочие существенные косвенные выбросы парниковых газов с указанием массы;
- инициативы по снижению выбросов ПГ и достигнутое снижение.

Между тем в принятой сегодня в России системе экологической статистической отчетности показатели выбросов CO_2 не нормируются. Поэтому можно ожидать, что проводимая компаниями на инициативной основе оценка УС снизит и затраты на выпуск открытых отчетов. Кроме того, известно, что подготовка отчетности практически всегда способствует улучшению систематизации информации в компании и укреплению систем менеджмента. Детальный анализ углеродного следа поможет выделить приоритетные источники выбросов ПГ (как «энергетические», так и связанные с различными химическими превращениями) и разработать меры по сокращению этих выбросов.

Основные способы уменьшения углеродного следа

В целом для предприятий водоснабжения и водоотведения можно выделить следующие основные способы уменьшения УС:

- декарборнизация электроэнергетики в целом (при всех достоинствах этого пути сами водоканалы не могут оказать существенного влияния на данное направление);
- использование водоканалами возобновляемых источников энергии;
- содействие изменениям в поведении потребителей: экономное расходование, осознание ценности воды (в последние годы в России благодаря планомерной политике по водосбережению, широкому внедрению современных ресурсосберегающих бытовых приборов и санитарно-технических устройств сохраняется тенденция снижения объемов сточных вод, поступающих в городскую канализацию);
- сокращение образования загрязняющих веществ в их источниках;
- поддержка научных исследований по внедрению новых технологий.

Наиболее реальными возможностями борьбы с парниковым эффектом, которыми располагает человечество сегодня, являются повышение энергоэффективности и энергосбережение, а также использование возобновляемых источников энергии. Предприятия водоснабжения и канализации потенциально могут стать достаточно значимыми производителями возобновляемой энергии из биогаза, образующегося в процессе сбраживания осадка сточных вод. Опыт его утилизации в метантенках широко распространен в европейских странах: Финляндии, Швеции, Норвегии, Германии, Великобритании, Нидерландах и др.

Использование метантенков — современный способ сокращения загрязняющих веществ на источнике их образования. Однако в России до сих пор метантенки используются весьма редко. Наиболее успешным считается опыт двух крупнейших станций очистки сточных вод Москвы: Курьяновской и Люберецкой. В настоящее время на очистных сооружениях МГУП «Мосводоканал» находятся 44 метантенка общим объемом 280 тыс. $м^3$, в том числе на Курьяновских очистных сооружениях — 24 метантенка и 20 — на Люберецких [17]. Ранее весь биогаз направлялся в котельные для выработки тепловой энергии. В летний период количество вырабатываемого тепла стало превышать технологические потребности очистных сооружений. Это позволило перейти к следующему этапу — утилизации биогаза на мини-ТЭС с выработкой электроэнергии и получением дополнительного тепла в газо-

справка

Анаэробный — существующий или протекающий в отсутствие кислорода (организм, процесс и т.д.)

Аноксидный процесс — процесс биохимического окисления с прерывистой или постоянной продувкой воздухом очищаемой воды. При этом концентрация кислорода в очищаемой воде может достигать до 0,5 мг на один литр

Аэротенк — сооружение для биологической очистки. Обычно представляет собой резервуар прямоугольного сечения, по которому протекает сточная вода, смешанная с активным илом

Метантенк — устройство для анаэробного брожения жидких органических отходов с получением метана. В отличие от аэротенков в них поступает, как правило, не сама сточная жидкость, а концентрированный осадок, выпадающий в отстойниках

Декарбонизация — удаление из воды свободного диоксида углерода CO_2 для предотвращения углекислотной коррозии оборудования и сетей. Является одним из самых сложных массообменных процессов в цепочке подготовки воды в теплоэнергетике

Глобальный гектар (гга) — один гектар биопродуктивной территории или морской акватории со среднемировой продуктивностью

поршневых двигателях. С 2009 года на Курьяновских очистных сооружениях эксплуатируется современная теплоэлектростанция мощностью 10 МВт с ежегодной выработкой электроэнергии более 70 млн кВт·ч. Аналогичная мини-ТЭС построена на Люберецких очистных сооружениях. Мини-ТЭС работает параллельно с сетью ОАО «МОЭСК» и обеспечивает 50 % потребностей станции в электро- и теплоэнергии [17]. Это позволяет проводить процесс очистки сточных вод в условиях возможного отключения внешних источников энергоснабжения. Подобные проекты способствуют некоторому снижению выбросов ПГ. Так, расчеты [18] показывают, что в результате сокращения потребления электроэнергии из распределительной сети города выбросы CO_2 в атмосферу уменьшаются на 6500 т/год.[1]

[1] Соответствует сокращению выбросов ПГ МГУП «Мосводоканал» на ~1 %

Распространение подходов оценки и сокращения УС водоканалами России зависит от многих факторов. С одной стороны, снижение следа практически всегда связано с повышением энергоэффективности и использованием биогаза. Это мощный положительный фактор. С другой стороны, перспективы участия России в международных соглашениях, направленных на сокращение выбросов ПГ, остаются неясными. Сложно ожидать и появления обязательной отчетности по выбросам таких веществ. Это отрицательный фактор. Тем не менее оценка, мониторинг и сокращение углеродного следа — современные инструменты менеджмента, которые компании-лидеры могут успешно использовать на добровольной основе для демонстрации своей конкурентоспособности и приверженности целям устойчивого развития. ■

Список литературы

1. Повестка дня на XXI век. Принята на Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио–де–Жанейро (1992 г.). URL: http://www.un.org/russian/conferen/wssd/agenda21/.
2. Бродель Ф. Материальная цивилизация, экономика и капитализм, XV–XVIII вв. В 3–х тт. — М.: Прогресс, 1988. Т. 2.
3. Wackernagel Mathis and William Rees. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. Gabriola Island, British Columbia: New Society Publishers, 1996.
4. Гусева Т.В., Бегак М.В., Молчанова Я.П., Аверочкин Е.М. Углеродный след предприятий водоснабжения и водоотведения: оценка и перспективы сокращения // Экологический вестник России. — 2012. — № 8.
5. Отчет в области устойчивого развития. — СПб.: ГУП «Водоканал Санкт–Петербурга», 2011. URL: http://www.vodokanal.spb.ru/script/file/2e5bc7428d928daf17d7393cd724363d.pdf.
6. ГОСТ Р 14064–2007. Требования и руководство по количественному определению и отчетности о выбросах и удалении парниковых газов на уровне организации.
7. PAS 2050:2011. Publicly Available Specification. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. URL: http://www.bsigroup.com/Standards–and–Publications/How–we–can–help–you/Professional–Standards–Service/PAS–2050.
8. ENERGY STAR Performance Ratings Technical Methodology for Wastewater Treatment Plant. URL: http://www.energystar.gov/index.cfm?c=water.wastewater_drinking_water. ENERGY STAR Performance Ratings Technical Methodology. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http:// www.energystar.gov/ia/business/evaluate_performance/General_Overview_tech_methodology.pdf.
9. The greenhouse gas protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard. World Business Council for Sustainable Development. Hague, 27 p. URL: http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/ public/ghg–protocol–revised.pdf.
10. ISO 14040:2006. Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework.
11. Coats Erik R., Watkins David L., Kranenburg Dan. A Comparative Environmental Life–Cycle Analysis for Removing Phosphorus from Wastewater: Biological versus Physical/Chemical Processes // Water Environment Research, 2011. Vol. 83. # 8.
12. Approved baseline and monitoring methodology AM0080. Mitigation of greenhouse gases emissions with treatment of wastewater in aerobic wastewater treatment plants — Version 1.0 http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/6DITU9V0SFOR7EUYEBBVRHCAO2RD3Q.
13. Evidence. Transforming wastewater treatment to reduce carbon emissions. Environment Agency, UK. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://publications.environment–agency.gov.uk/PDF/SCHO1209BRNZ–E–E.pdf.
14. Evidence. A Low Carbon Water Industry in 2050. Environment Agency, UK. URL: http://publications.environment–agency.gov.uk/PDF/SCHO1209BROB–E–E.pdf.
15. Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard, World Resources Institute, World Business Council for Sustainable Development, 146 p. URL: http://pdf.wri.org/ghgp_product_life_cycle_standard.pdf.
16. Руководство по отчетности в области устойчивого развития, версия G 3.1. URL: www.globalreporting.org.
17. Вода — наша профессия. Годовой отчет за 2011 г. — М.: МГУП «Мосводоканал», 2012.
18. Пахомов А.Н. Мини–ТЭС на биогазе: опыт МГУП «Мосводоканал» / Энергобезопасность и энергосбережение. — 2009. — № 3. URL: http://www.combienergy.ru/stat1051.html.
19. Васильев Б.В. Сжигание осадков сточных вод в Санкт–Петербурге. URL: http://www.vrenergy.ru/index.php/water/179–2010–12–21–06–41–02.html.