УДК 628.474.76

С. Н. Кузнецов, Е. П. Волынкина

МОДЕЛЬ И ПРОГРАММА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ ТВЕРДЫМИ БЫТОВЫМИ ОТХОДАМИ НА МЕСТНОМ УРОВНЕ

Твердые бытовые отходы составляют незначительную (около 1 %) долю в общей массе отходов в России. С другой стороны, производители ТБО – жители страны или региона, наоборот, являются значительно более массовыми по сравнению с промышленными отходами. При этом ответственность за организацию обращения с ТБО возложена по законодательству на региональные и местные органы власти, т.е. также очень сильно рассеяна по сравнению с ответственностью за промышленные отходы, так как только городов в России насчитывается 998.

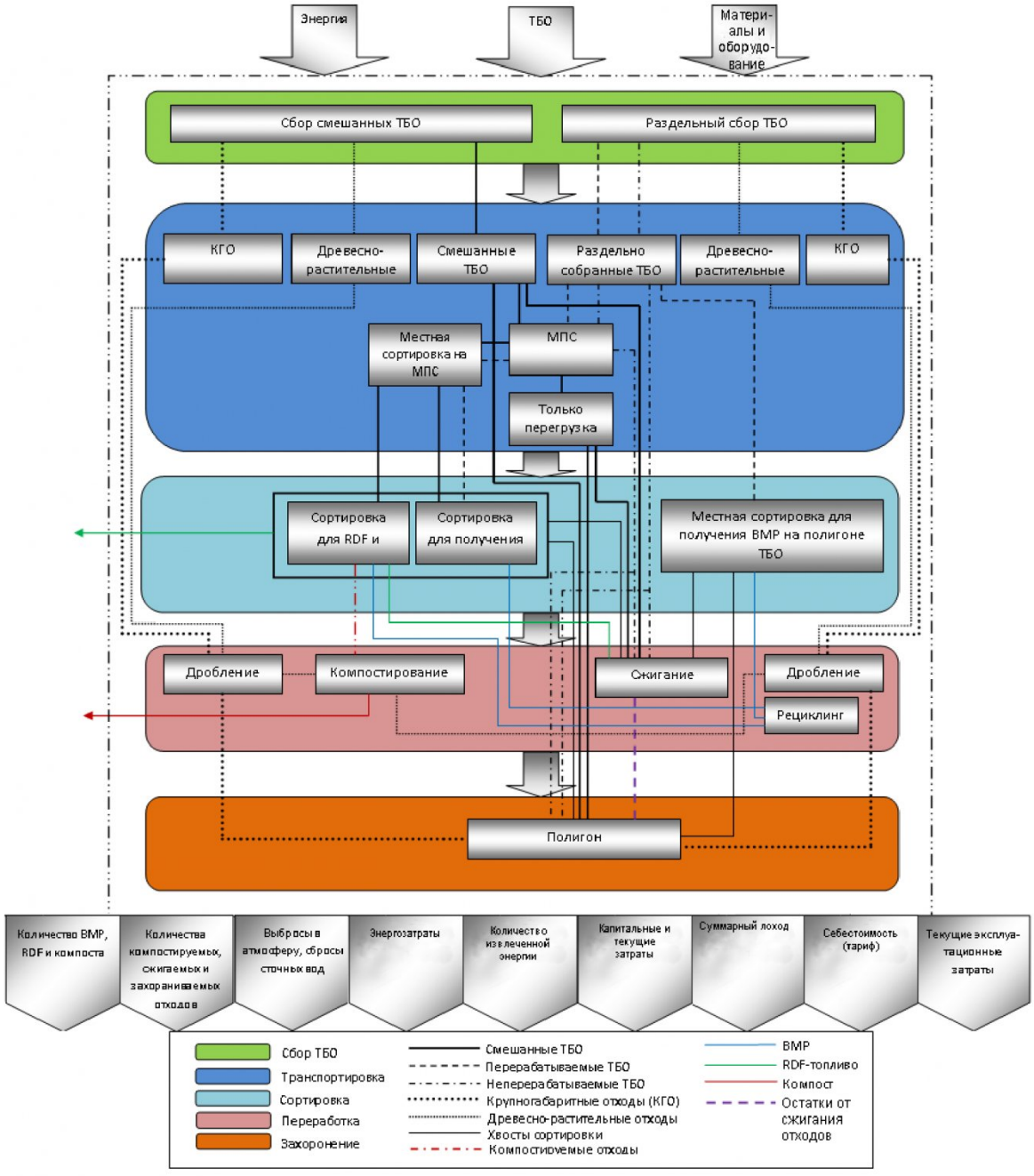

Рис. 1. Модель регионального управления ТБО (схема и система связей)

Как правило, организацией управления ТБО занимаются отделы или комитеты местных администраций, отвечающие в целом за ЖКХ, вынужденные решать множество других проблем в этой области и не имеющие достаточного времени и специалистов для создания эффективной и экологически безопасной системы управления ТБО на своей территории.

В то же время, известные организационные и технологические решения обращения с ТБО являются типовыми во всем мире и входят в перечень наилучших доступных технологий. В связи с этим целесообразно разработать универсальную модель управления ТБО, которая может быть использована в любом регионе или городе.

В регионе могут использоваться различные системы сбора ТБО и технологии их утилизации, обуславливающие различную величину тарифа (затрат) и разный уровень воздействия на окружающую среду. Поэтому региональные и местные органы власти должны иметь возможность оценить эти факторы, как в условиях существующей системы, так и в перспективе с учетом конкретного варианта технологии сбора или утилизации. Это позволит создать планы по управлению отходами и реализовать в них экономически и экологически обоснованную и эффективную политику обращения с отходами. Для этой цели разработана модель регионального управления ТБО, реализованная в программе Excel с Visual Basic interface.

Модель регионального управления ТБО разработанная на основании жизненного цикла отходов, соединенного с управляющими компонентами процесса управления для ТБО, представлена на рис. 1.

Жизненный цикл ТБО начинается с момента образования и заканчивается захоронением отходов на полигоне и включает ряд стадий управления или т.н. операций по обращению с твердыми отходами потребления. В модель заложены следующие стадии управления ТБО:

1) сбор;
2) транспортировка;
3) сортировка;
4) переработка;
5) захоронение.

Входными параметрами модели являются:

– затрачиваемая энергия;
– масса образующихся ТБО;
– капитальные затраты.

Выходными параметрами модели являются:

– количество компостируемых, сжигаемых и захораниваемых отходов;
– текущие эксплуатационные затраты;
– полученная энергия и энергетическая эффективность модели;
– выбросы загрязняющих веществ и сбросы сточных вод;
– количество получаемых ВМР, вторичного топлива RDF и компоста;
– суммарный доход модели.

Модель предполагает ряд стратегий (сценариев) управления, которые включают в себя определенный набор операций (стадий) по обращению с ТБО. В модель заложено 13 основных сценариев:

1. Сбор смешанных ТБО → транспортировка на полигон ТБО → захоронение на полигоне;
2. Сбор смешанных ТБО → транспортировка на МСЗ → сжигание смешанных ТБО на МСЗ.
3. Сбор смешанных ТБО → транспортировка на МПС → мусороперегрузка на МПС → транспортировка на полигон ТБО → захоронение на полигоне;
4. Сбор смешанных ТБО → транспортировка на МПС → мусороперегрузка на МПС → транспортировка на МСЗ → сжигание смешанных ТБО на МСЗ;
5. Сбор смешанных ТБО → транспортировка на МПС → местная сортировка на МПС с целью извлечения ВМР → транспортировка хвостов сортировки МСЗ → сжигание хвостов на МСЗ;
6. Сбор смешанных ТБО → транспортировка на МПС → местная сортировка на МПС с целью получения RDF и компоста → компостирование → транспортировка хвостов сортировки и RDF на МСЗ → сжигание хвостов сортировки и RDF на МСЗ;
7. Сбор смешанных ТБО → транспортировка на МПС → местная сортировка на МПС с целью извлечения ВМР → транспортировка хвостов сортировки на полигон ТБО → захоронение на полигоне;
8. Сбор смешанных ТБО → транспортировка на МПС → местная сортировка на МПС с целью получения RDF и компоста → компостирование → транспортировка хвостов сортировки на полигон ТБО и RDF на МСЗ → сжигание RDF на МСЗ → захоронение хвостов сортировки на полигоне.
9. Сбор смешанных ТБО → транспортировка на полигон ТБО → местная сортировка на полигоне с целью извлечения ВМР → захоронение хвостов сортировки на полигоне;
10. Сбор смешанных ТБО → транспортировка на полигон ТБО → местная сортировка на полигоне ТБО с целью получения RDF и компоста → компостирование →захоронение хвостов на полигоне;
11. Раздельный сбор ТБО на два потока (см. 2.1.1.1) → транспортировка на МПС → местная досортировка на МПС с целью извлечения ВМР → транспортировка хвостов на полигон ТБО → захоронение на полигоне;
12. Раздельный сбор ТБО на два потока → транспортировка на МПС, местная досортировка на МПС с целью извлечения ВМР → транспортировка хвостов на МСЗ → сжигание на МСЗ.
13. Раздельный сбор ТБО на два потока → транспортировка на полигон ТБО → местная досортировка на полигоне с целью извлечения ВМР → захоронение хвостов на полигоне.

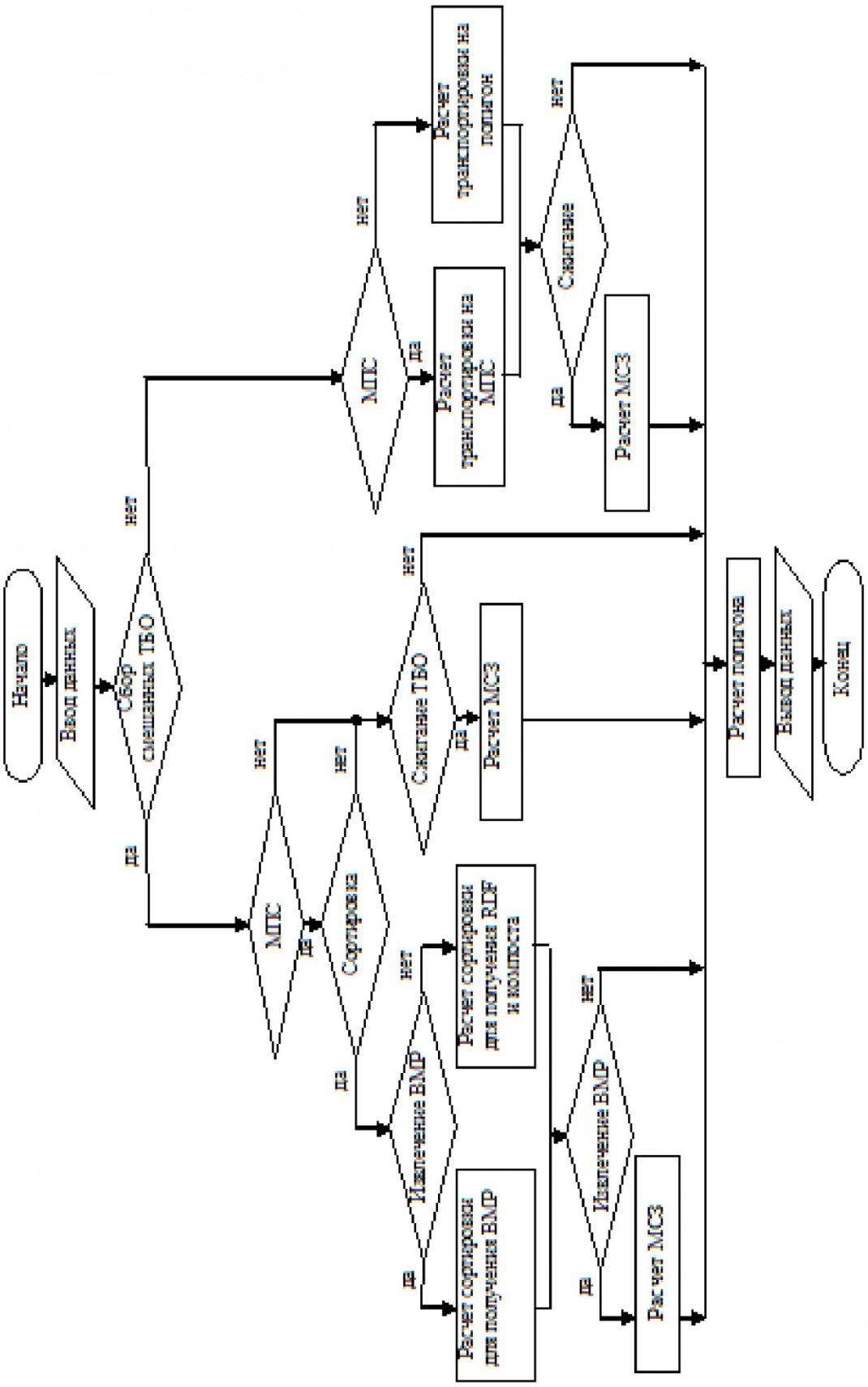

Рис. 2. Блок-схема алгоритма управления ТБО

смешанных и раздельно собираемых ТБО, а также методики расчета материальных, энергетических потоков и экологических воздействий.

На основе созданной модели разработана программа «Оценка систем управления ТБО», включающая комплексную оценку четырех критериев конечных параметров сценариев модели:

1. Материальные потоки (материальный баланс) отходов (ТБО, хвосты сортировки, ЗШО от сжигания отходов) и продукции из ТБО (BMP, RDF, компост).

2. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу и сбросы сточных вод.

3. Энергетические потоки (затраты и получение энергии, энергетическая эффективность сценария).

4. Экономические параметры (капитальные, текущие (эксплуатационные) затраты, суммарный доход и экономическая эффективность сценария).

Блок-схема алгоритма программы представлена на рис. 2.

Программа содержит 9 рабочих листов:

1. Входные параметры;
2. Смешанные ТБО;
3. Раздельный сбор;
4. Сортировка;
5. Компостирование;
6. Сжигание;
7. Захоронение на полигоне;
8. Таблица сценариев;

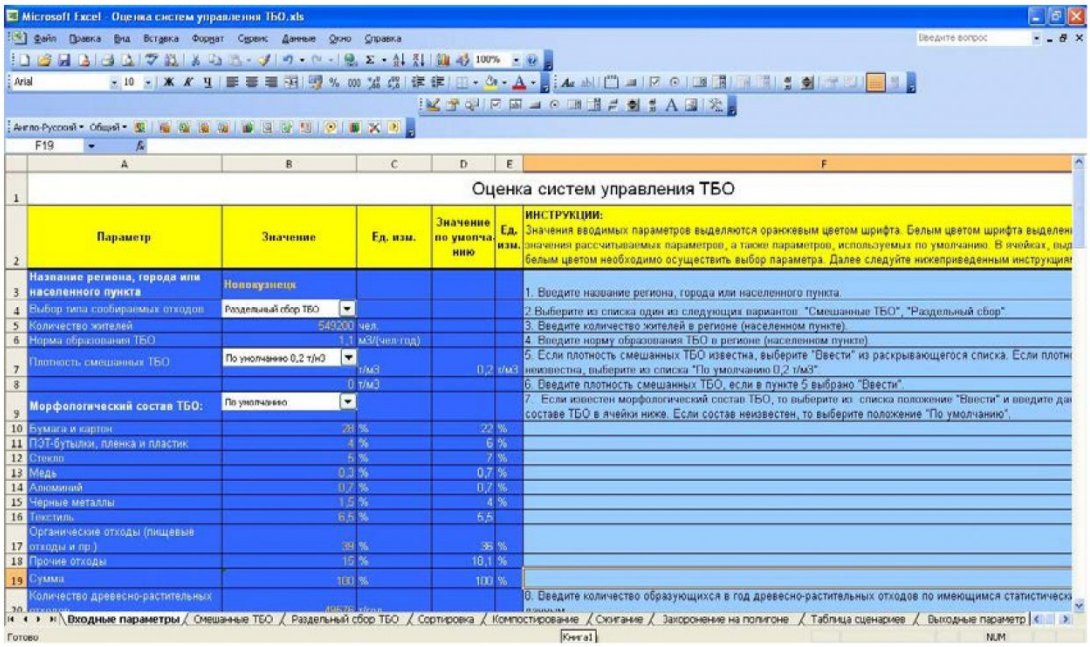

Рис. 3. Вид и оформление рабочих листов программы

Рис. 4. Выбор параметра сценария

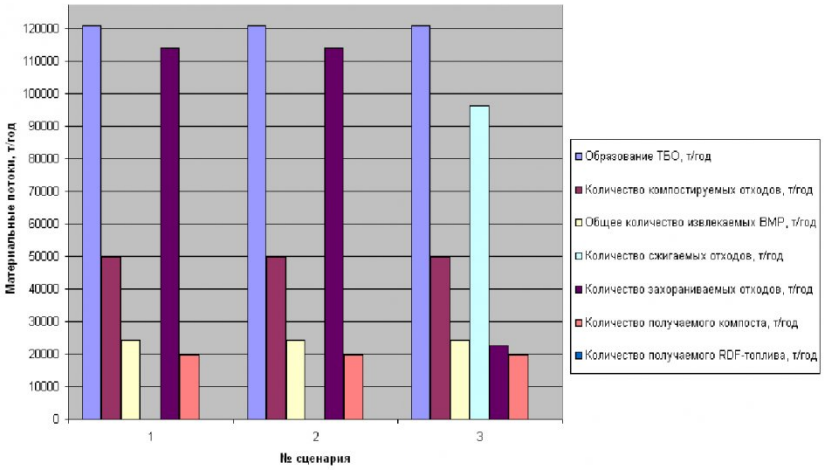

Рис. 5. Материальные потоки сравниваемых сценариев управления ТБО

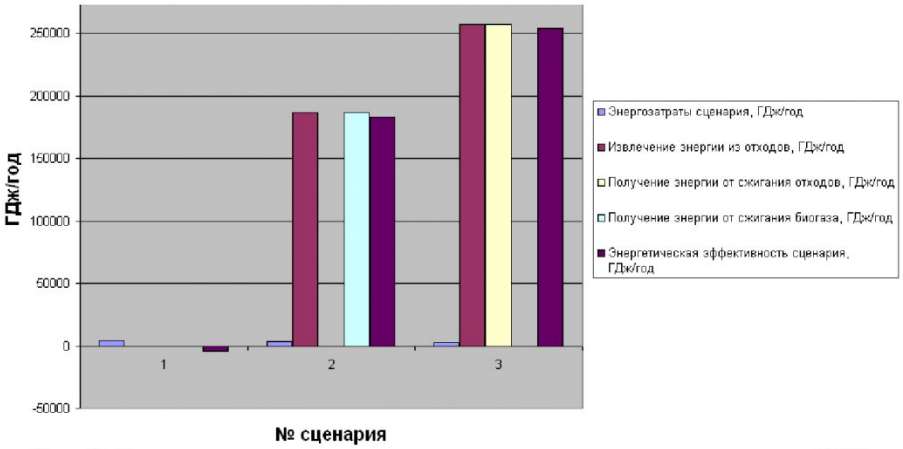

Рис. 6. Энергетические потоки сравниваемых сценариев управления ТБО

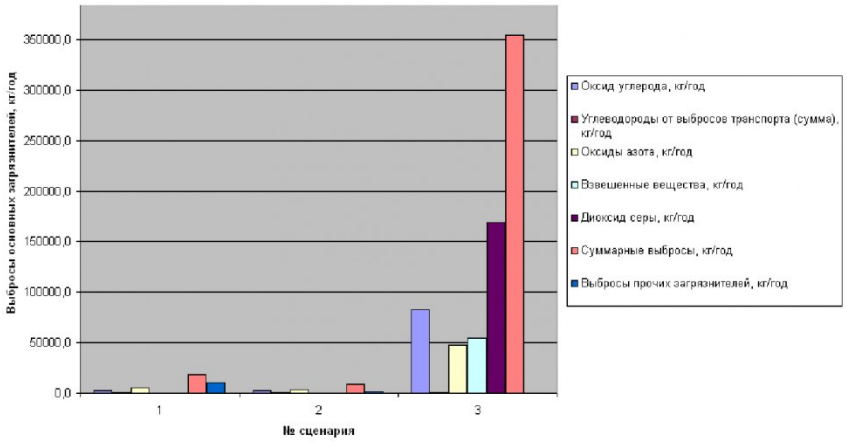

Рис. 7. Выбросы в атмосферу сравниваемых сценариев управления ТБО

9. Выходные параметры.

Вид и оформление рабочих листов представлены на рис. 3.

На каждом рабочем листе приведены подробные инструкции по вводу исходных данных. Исходные данные вводятся в соответствующие ячейки электронной таблицы Excel. Значения вводимых параметров выделяются оранжевым цветом шрифта. Значения рассчитываемых параметров, а также параметров, используемых по умолчанию, выделены белым цветом. В ячейках, выделенных белым цветом необходимо осуществить выбор параметра сценария управления ТБО (рис. 4).

После того как введены данные на текущем рабочем листе, переходят на следующий лист для дальнейшего ввода данных, для чего необходимо кликнуть левой кнопкой мыши по вкладке соответствующего листа.

Рассчитываемые в программе выходные параметры, представленные как в табличном виде, так и графически, включают материальные и энергетические потоки; экологические и экономические показатели.

.Программа содержит сводную таблицу всех

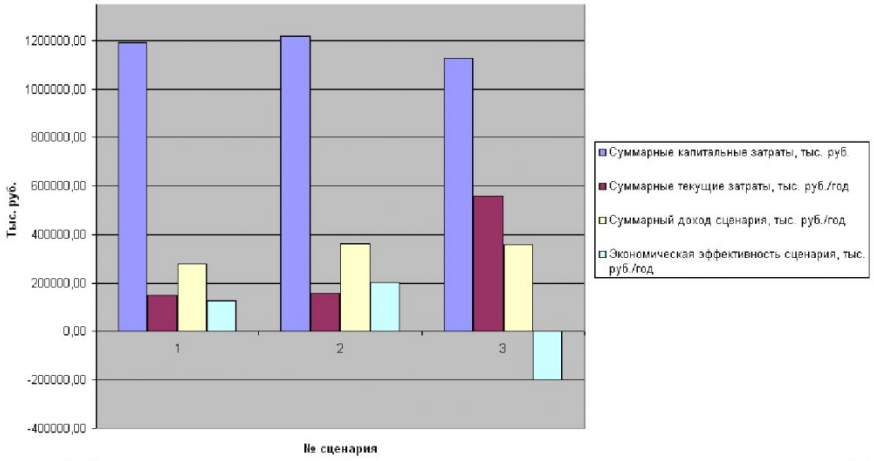

Рис. 8. Экономические показатели сравниваемых сценариев управления ТБО

введенных в программу сценариев и позволяет выполнить их сравнительную оценку по каждому выходному параметру.

Для оценки материальных потоков рассчитываются следующие показатели:

– образование ТБО, т/год;

– количество компостируемых отходов, т/год;

– количество сжигаемых отходов, т/год;

– количество захораниваемых отходов, т/год;

– общее количество извлекаемых ВМР, т/год;

– количество получаемого RDF-топлива, т/год;

– количество получаемого компоста, т/год.

Экологическая оценка сценариев производится по следующим показателям:

– выбросы в атмосферу, кг/год (оксид углерод, углеводороды, оксиды азота, взвешенные вещества, диоксид серы, аммиак, сероводород, хлор и др., суммарные выбросы;

– сбросы сточных вод, $м^3$/год, включая фильтрат полигонов и сточные воды площадок компостирования.

Энергетическая оценка сценариев производится по показателям (ГДж/год):

– суммарные энергозатраты;

– количество извлекаемой энергии из отходов (тепловой и электрической в сумме;

– количество получаемой энергии от сжигания биогаза;

– количество получаемой энергии от сжигания отходов (тепловой и электроэнергии в сумме),

– энергетическая эффективность сценария.

Экономические показатели включают:

– суммарные и удельные капитальные затраты данного сценария, тыс. руб./год и руб./т отходов;

– суммарные и удельные эксплуатационные затраты сценария, тыс. руб./год, руб./т отходов и руб./(чел·год);

– суммарный доход сценария, тыс. руб./год;

– экономическая эффективность сценария, тыс. руб./год.

Сравнительная оценка нескольких сценариев и выбор оптимального сценария производятся по следующим критериям (расположены в порядке убывания важности):

1. Минимальное количество отходов, подлежащих захоронению, и максимальное вовлечение вторичных ресурсов в хозяйственный оборот.

2. Наибольшая энергетическая эффективность с минимальными затратами энергоресурсов.

3. Наименьший объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и сбросов сточных вод.

4. Низкие срок окупаемости и эксплуатационные затраты.

На рис. 5 – 8 представлены результаты расчетов, выполненных для г. Новокузнецка, по трем сценариям:

1) существующая система обращения с ТБО;

2) сбор смешанных ТБО – транспортировка на МПС – сортировка на МПС для получения ВМР – транспортировка хвостов сортировки на полигон ТБО – захоронение с извлечением энергии;

3) раздельный сбор ТБО – транспортировка на МПС – местная сортировка на МПС для извлечения ВМР – транспортировка хвостов сортировки и неперерабатываемых ТБО на МСЗ – сжигание на МСЗ – захоронение ЗШО на полигоне.

Представленные результаты расчетов показывают, что существующий сценарий управления ТБО в г. Новокузнецке уступает предлагаемым сценариям по всем оцененным критериям. По результатам оценки в соответствии с приоритетностью критериев оптимальным из рассмотренных сценариев является сценарий 3. Разработанная программа может быть использована для любого населенного пункта или региона.

Авторы статьи

Кузнецов Сергей Николаевич, магистр СибГИУ, email: kaf@ercm.sibsiu.ru

Волынкина Екатерина Петровна, докто. техн.х наук, доцент, профессор каф. теплоэнергетики и экологии СибГИУ , email: kaf@ercm.sibsiu.ru

Поступило в редакцию 30.11.2014