

DOI: 10.15593/2224-9354/2019.1.23

УДК 664.12:658.5(470.57)

Р.Е. Мансуров, А.А. Заседова

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СВЕКЛОСАХАРНОГО
ПОДКОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН
ЗА СЧЕТ МОДЕРНИЗАЦИИ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА
С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК**

Дана оценка потенциала свеклосахарного подкомплекса Республики Башкортостан по возможностям выработки биогаза из свекловичного жома сахарных заводов. Актуальность данной темы обусловлена тем, что в настоящее время свекловичный жом, остающийся в большом количестве после основного технологического процесса не находит дальнейшего широкого применения и постепенно сгнивает в жомовых ямах, ухудшая экологические показатели. В то же время существуют технологии производства биогаза из свеклосахарного жома. При этом установки очистки полученного биогаза позволяют добавлять его в общую газовую сеть. С позиции сахарного завода экономический эффект будет достигаться за счет замещения покупного природного газа биогазом, а также за счет реализации избытков тепловой и электрической энергии, произведенной из данного вида топлива. В целях технико-экономической оценки перспективности модернизации заводов с использованием биогазовых установок в работе дан прогноз объема производства сахарной свеклы до 2023 года. Исходя из него рассчитаны основные технико-экономические показатели деятельности заводов. В целом приведенный в работе укрупненный технико-экономический анализ показал экономическую целесообразность дальнейшей практической проработки данного вопроса.

Ключевые слова: биогаз, биогазовая установка, свекловичный жом, сахарные заводы, эффективность производства сахара.

Применяемая в настоящее время традиционная технология производства сахара из сахарной свеклы основана на переработке достаточно большого количества сырья и, как следствие, получение свекловичного жома в виде отходов производства. Количество получаемого свекловичного жома достаточно велико и, как правило, составляет 70–90 % от веса переработанного сырья [1, 2]. Данные показатели зависят от установленного оборудования. Свекловичный жом представляет собой свекловичную стружку толщиной не более 2 мм после удаления из нее сахара [3]. Дальнейшее основное применение свекловичный жом находит в животноводстве, в качестве корма для крупного рогатого скота и свиней [4]. При этом он содержит большое количество воды (до 95 %) и, следовательно,

© Мансуров Р.Е., Заседова А.А., 2019

Мансуров Руслан Евгеньевич – канд. экон. наук, доцент кафедры инноваций и инвестиций ФГБОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», e-mail: gissoft@bk.ru.

Заседова Алина Анатольевна – канд. экон. наук, доцент кафедры инновационного предпринимательства и финансового менеджмента Института управления инновациями ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», e-mail: zalina0312@yandex.ru.

является плохо транспортабельным, особенно в холодное время года. Но, как известно, основная переработка сахарной свеклы осуществляется именно в холодное время. С целью решения данной проблемы свекловичный жом перед отправкой потребителю прессуют и сушат с использованием специального дополнительного оборудования [1]. При этом, как правило, такое применение жома на кормовые нужды не столь существенно и его основная часть порядка 70–80 % [4] направляется на длительное хранение в жомовую яму. Где он теряет свои кормовые свойства и постепенно гниет. В ближайшей перспективе вряд ли возможно ожидать резкое увеличение потребления жома на кормовые цели. Не было этого и в советское время, когда объем производства продукции животноводства был существенно выше. Кроме того, сбалансированный рацион питания крупного рогатого скота и свиней не может содержать высокую долю свекловичного жома. Таким образом, получается, что в настоящее время большое количество отходов свеклосахарного производства не находит рационального применения и загрязняет окружающую среду. Актуальным представляется поиск решения этой проблемы. И в настоящей статье дается технико-экономическая оценка возможности решения этой задачи за счет возможной модернизации оборудования сахарных заводов с использованием биогазовых установок. Также в данной работе предпринимается попытка оценки потенциала региона по выработке биогаза из свекловичного жома.

Зарубежный [5–7], а также отечественный опыт [8–10] показывает, что свекловичный жом отлично подходит в качестве сырья для биогазовых установок. Следовательно, логичным и рациональным является рассмотрение возможности встраивания биогазовой станции непосредственно в технологический процесс свеклосахарного производства. Это обусловлено, с одной стороны, близостью сырья – свеклосахарного жома, а с другой стороны, возможностью замещения объемов покупного природного газа объемами произведенного собственного биогаза.

На рис. 1 представлена возможная принципиальная технологическая схема встраивания биогазовой станции в технологию сахарного производства. Приведем ее краткое описание.

Свекловичный жом после выхода из основного производственного процесса обладает оптимальной для анаэробного (без доступа свободного кислорода) сбраживания влажностью 90–95 % и, следовательно, должен прямо поступать в приемный резервуар биогазовой установки. Если это не осуществляется, то необходимо будет доводить влажность сырья до оптимальных параметров. В приемном резервуаре сырье подогревается до оптимальной для сбраживания температуры – 37 °С. Подогрев осуществляется за счет теплоносителя – горячей воды, поступающей с тепловой электрической централи (ТЭЦ) сахарного завода. Затем в реакторе биогазовой станции происходит анаэробное многоступенчатое сбраживание свеклосахарной жомовой массы.

В результате данных процессов выделяется биогаз, который после очистки направляется в систему газоснабжения сахарного завода.

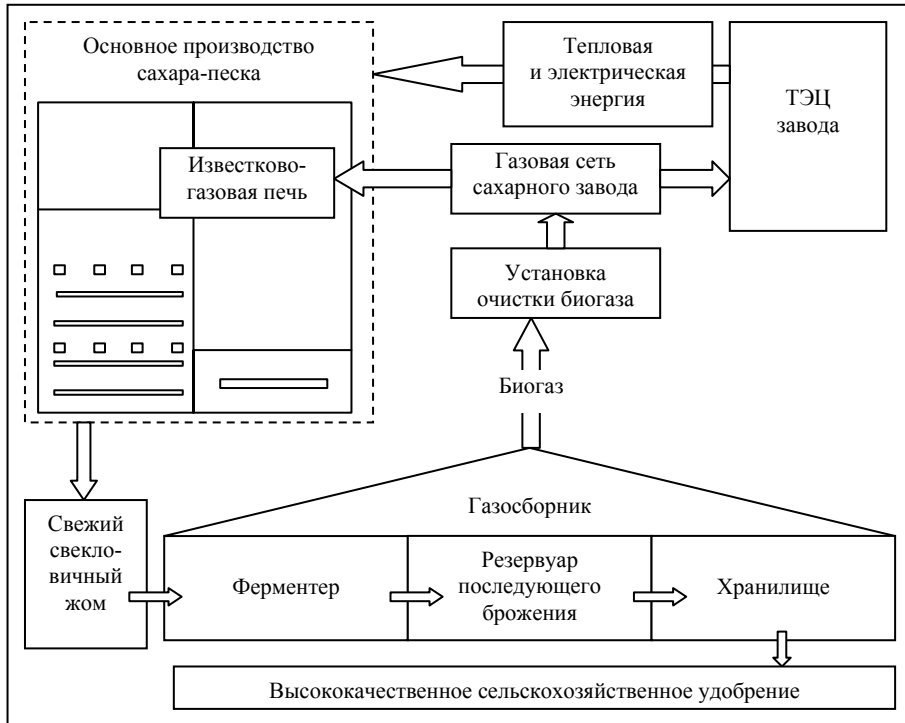


Рис. 1. Возможная принципиальная технологическая схема встраивания биогазовой станции в технологию сахарного производства

Очевидно, что произведенный биогаз замещает объемы покупного природного газа, что соответственно снижает затраты завода на топливо. Таким образом, основной экономический эффект будет складываться за счет экономии средств на закупку природного газа. Дополнительный доход может быть получен за счет реализации излишков произведенной ТЭЦ завода тепловой и электрической энергии, полученной из биогаза. Более того, при такой системе работы ТЭЦ завода может работать практически круглогодично, используя биогаз, а не только в период сахароварения [11].

Далее переходим к анализу ситуации в свеклосахарном подкомплексе Республики Башкортостан. В настоящее время в республике согласно данным отраслевого сайта «Saharonline» действует три сахарных завода:

1. ОАО «Чишминский сахарный завод» (ЧСЗ). Расположен в п. Чишмы. Установленная мощность по переработке сахарной свеклы 3100 т/сут.
2. ООО «Карламанский сахар» (КС). Расположен в Кармаскалинском районе, п. Прибельский. Установленная мощность по переработке сахарной свеклы 3500 т/сут.

3. ООО «Мелеузовский сахарный завод» (МСЗ). Расположен в г. Мелеуз. Установленная мощность по переработке сахарной свеклы 3017 т/сут.

Далее рассмотрим ресурсную, сырьевую составляющую деятельности данных заводов.

Районы возделывания сахарной свеклы в республике известны и располагаются вблизи мест расположения сахарных заводов – п. Чишмы, п. Прибельский и г. Мелеуз. Они составляют их сырьевые зоны. Отнесение посевов муниципальных районов к той или иной сырьевой зоне в целом однозначно и легко определяется визуально по административной карте. Очевидно, что посевы сахарной свеклы должны располагаться как можно ближе к месту переработки. Таким образом, было получено географическое распределение посевов сахарной свеклы муниципальных районов по сырьевым зонам заводов (рис. 2).

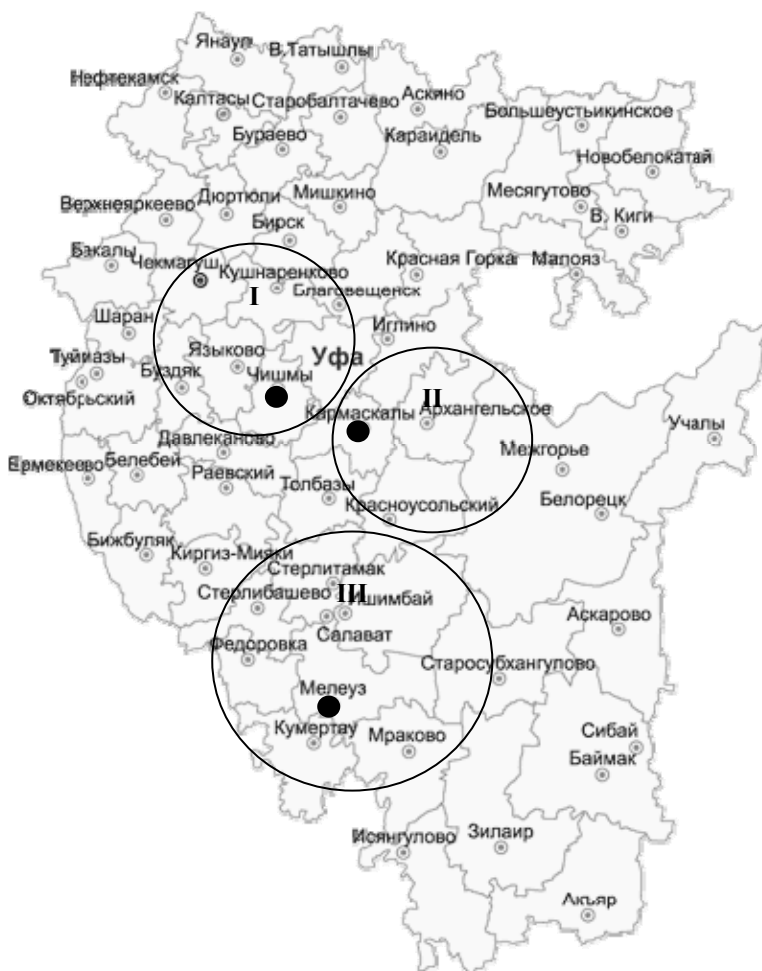


Рис. 2. Сырьевые зоны сахарных заводов Республики Башкортостан
(I – ОАО «Чишминский сахарный завод» (ЧСЗ); II – ООО «Карламанский сахар» (КС);
III – ООО «Мелеузовский сахарный завод» (МСЗ))

Далее с помощью имеющихся статистических данных об объеме заготовок сахарной свеклы по муниципальным районам Республики Башкортостан [12] и их географической распределенности (см. рис. 2) были получены значения объемов заготовок по сырьевым зонам сахарных заводов (табл. 1).

Таблица 1

Объем заготовок сахарной свеклы в разрезе муниципальных районов и сырьевых зон сахарных заводов за 2012–2017 годы

Муниципальные районы и городские округа	Фактический объем заготовок сахарной свеклы, т					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<i>Сырьевая зона ОАО «Чишминский сахарный завод»</i>						
Чишминский	137058,5	179043,9	152304,5	171880,8	199156,4	214958,3
Кушнаренковский	9041,9	6328	9843,2	5016	0	6850
Уфимский	15	0	0	14,7	0	4454
Кармаскалинский	103764,6	194415,3	81658,6	82312,2	79731,5	30343,9
Благоварский	134204,8	318098,1	205963,7	172658,9	0	208144,5
Бакалинский	23408,1	39019,5	37592,9	52792	74393	62835
Туймазинский	16374,6	32465,7	21543,4	18989	18224	18223,3
Чекмагушевский	47817,4	88529,8	71034,2	59185,7	82057,5	122200,1
Шаранский	13717	25965,2	18966,5	11963,4	19915	22692,1
Итого по зоне	485401,9	883865,5	598907	574812,7	473477,4	690701,2
<i>Сырьевая зона ООО «Карламанский сахар»</i>						
Альшеевский	63127,5	171832,1	115076,6	143823,7	105050,2	147271
Аургазинский	42093,5	65610,4	40457,7	46298,3	43549,9	49694
Миякинский	14736,6	31682,5	20429,8	19246,2	29087,3	15917
Бижбулякский	7771,7	12768,9	7178,3	7705,2	2589,3	1941,9
Белебеевский	0	0	240	0	0	2800
Буздякский	108485,9	214522,5	156615,4	136060,1	150806,4	200418,5
Давлекановский	6050,2	25230,4	22762	40050	60013	104231,8
Ермекеевский	13372,2	29497,7	15483,7	20156,6	30932,3	37086,6
Итого по зоне	255637,6	551144,5	378243,5	413340,1	422028,4	559360,8
<i>Сырьевая зона ОАО «Мелеузовский сахарный завод»</i>						
Мелеузовский	65216,9	130822,8	81889	82370,9	74530,7	75458,7
Ишимбайский	6015,9	9600,2	0	8000	0	5000
Федоровский	57614,4	80025,6	71302,2	84228,5	60361,8	65312
Стерлибашевский	9197,7	26353,3	11600	8720	8943,8	9071
Кугарчинский	4472,4	8897	1643,4	13054,8	7833	12209
Куюргазинский	22163,3	20269,4	0	29821	18064	23350
Гафурийский	29597	57392	65904,7	86891,5	101788,2	138959,6
Итого по зоне	194277,6	333360,3	232339,3	313086,7	271521,5	329360,3
Всего	935317,1	1768370,3	1209489,8	1301239,5	1167027,3	1579422,3

Используя вышеприведенные статистические данные, осуществим прогнозирование объемов заготовок сахарной свеклы на 2018–2022 годы методом скользящей средней (табл. 2).

Для этого примем величину интервала сглаживания, равную 3 ($n = 3$). Рассчитаем скользящую среднюю для первых трех периодов (2012–2014 годы):

- для ЧСЗ: $m_{2013}^{ЧСЗ} = (y_{2012} + y_{2013} + y_{2014})/3 = (485401,9 + 883865,5 + 598907)/3 = 656058,1$;
- для КС: $m_{2013}^{КС} = (255638 + 551145 + 378244)/3 = 395008,5$;
- для МСЗ: $m_{2013}^{МСЗ} = (194278 + 333360 + 232339)/3 = 253325,7$.

Полученные значения заносим в табл. 2.

Далее рассчитаем m для следующих трех периодов (2013–2015 годы):

$$m_{2014}^{ЧСЗ} = (y_{2013} + y_{2014} + y_{2015})/3 = (883866 + 598907 + 574813)/3 = 685861,7;$$

$$m_{2014}^{КС} = (551145 + 378244 + 413340)/3 = 447576;$$

$$m_{2014}^{МСЗ} = (333360 + 232339 + 313087)/3 = 292928,8.$$

Затем аналогично рассчитываем значения m по оставшимся периодам и сырьевым зонам и заносим значения в табл. 2.

Таблица 2

Расчет параметров прогнозирования объемов заготовок сахарной свеклы на 2018–2022 годы методом скользящей средней

Год	Фактический объем заготовок сахарной свеклы, т			Скользящая средняя m , т			Средняя относительная ошибка*		
	ЧСЗ	КС	МСЗ	ЧСЗ	КС	МСЗ	ЧСЗ	КС	МСЗ
2012	485401,9	255637,6	194277,6	–	–	–	–	–	–
2013	883865,5	551144,5	333360,3	656058,1	395008,5	253325,7	25,8	28,3	24,0
2014	598907	378243,5	232339,3	685861,7	447576,0	292928,8	14,5	18,3	26,1
2015	574812,7	413340,1	313086,7	549065,7	404537,333	272315,833	4,5	2,1	13,0
2016	473477,4	422028,4	271521,5	579663,767	464909,767	304656,167	22,4	10,2	12,2
2017	690701,2	559360,8	329360,3	–	–	–	–	–	–
Итого							67,2	58,9	75,3

* Расчет по формуле $|y_{\phi} - y_p| / y_{\phi} \cdot 100\%$.

Определив значения скользящей средней для всех периодов и сырьевых зон, рассчитываем прогнозные значения на 2018 год:

$$y_{t+1} = m_{t-1} + \frac{1}{n}(y_t - y_{t-1}),$$

где $t + 1$ – прогнозный период; t – период, предшествующий прогнозному периоду (год); y_{t+1} – прогнозируемый объем заготовок; m_{t-1} – скользящая средняя за два периода до прогнозного; n – число уровней, входящих в интервал сглаживания (равно 3); y_t – фактическое значение объема заготовок за предшествующий период; y_{t-1} – фактическое значение объема заготовок за два периода, предшествующих прогнозному.

Для БСЗ: $y_{2018}^{ЧСЗ} = 579663,8 + 1/3(690701 - 473477) = 652071,7$.

Для ЗС: $y_{2018}^{КС} = 464909,8 + 1/3(559361 - 422028) = 510687,2$.

Для МСЗ: $y_{2018}^{МСЗ} = 304656,2 + 1/3(329360 - 271522) = 323935,8$.

Аналогично вышеприведенному далее определяем скользящую среднюю m для 2017 года:

$m_{2017}^{ЧСЗ} = (y_{2016} + y_{2017} + y_{2018})/3 = (473477 + 690701 + 652071,7)/3 = 605416,8$;

$m_{2017}^{КС} = (422028 + 559361 + 510687,2)/3 = 497358,8$;

$m_{2017}^{МСЗ} = (271522 + 329360 + 323935,8)/3 = 308272,5$.

Далее аналогично рассчитываем прогнозные значения на 2019 год:

для ЧСЗ: $y_{2019}^{ЧСЗ} = 605416,8 + 1/3(652071,7 - 690701) = 592540,3$;

для КС: $y_{2019}^{КС} = 497358,8 + 1/3(510687,2 - 559361) = 481134,3$;

для МСЗ: $y_{2019}^{МСЗ} = 308272,5 + 1/3(323935,8 - 329360) = 306464,3$.

Аналогичным образом производим расчеты прогнозных значений объемов заготовок сахарной свеклы до 2023 года. Результаты прогноза заносим в табл. 3.

Таблица 3

Результаты прогнозирования объемов сбора сахарной свеклы по сырьевым зонам сахарных заводов на 2018–2023 годы

Сырьевая зона	Прогнозный объем заготовок сахарной свеклы, т					
	2018	2019	2020	2021	2022	2023
ЧСЗ	652071,7	592540,3	625260,6	634197,6	620311,8	621961,4
КС	510687,2	481134,3	507209,8	508368,9	499290,7	501930,4
МСЗ	323935,8	306464,3	314096,3	317376,1	313738,9	313858,0
Всего	1486694,7	1380138,9	1446566,7	1459942,7	1433341,43	1437749,86

Оценим среднюю относительную ошибку прогнозирования по следующей формуле:

$$\varepsilon = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|y_{\phi} - y_p|}{y_{\phi}} \cdot 100.$$

Получаем:

для ЧСЗ: $\varepsilon^{ЧСЗ} = 67,2 / 4 = 16,8 \%$;

для КС: $\varepsilon^{КС} = 58,9 / 4 = 14,7 \%$;

для МСЗ: $\varepsilon^{МСЗ} = 75,3 / 4 = 18,8 \%$.

При значении $\varepsilon < 20$ считается, что точность прогноза высокая, при значении ε от 20 до 30 точность прогноза хорошая. На основании этого делаем

вывод о высокой точности полученных прогнозных значений по объему сбора сахарной свеклы.

Прогнозирование объемов сбора сахарной свеклы осуществлялось в целях проведения дальнейших расчетов технико-экономических прогнозных показателей, характеризующих перспективы модернизации сахарных заводов на основе использования биогазовых установок.

Далее рассчитаем основные расчетные технико-экономические показатели деятельности сахарных заводов с учетом возможности встраивания биогазовой станции в технологический процесс свеклосахарного производства. Результаты проведенных расчетов представлены в табл. 4.

Таблица 4

Основные расчетные технико-экономические показатели деятельности сахарных заводов Республики Башкортостан с учетом использования биогазовых станций

№ п/п	Показатель	ЧСЗ	КС	МСЗ
1	Установленная мощность по переработке сахарной свеклы, т/сут	3100	3500	3017
2	Выход свекловичного жома, т/сут	2170	2450	2111,9
3	Выход биогаза, тыс. м ³ /сут	260	294	253
4	Расход биогаза на собственные нужды установки, тыс. м ³ /сут	65	74	63
5	Выход биогаза за вычетом собственных нужд, тыс. м ³ /сут	195	221	190
6	Выход электрической энергии из полученного объема биогаза (без учета собственных нужд), МВт·ч	624,96	705,6	608,2272
7	Выход тепловой энергии из полученного объема биогаза (без учета собственных нужд), Гкал·ч	19530	22050	19007,1

Прокомментируем ход проведенных расчетов.

Установленная мощность по переработке сахарной свеклы (показатель 1) известна. В целях данных расчетов используется максимальная мощность и не учитывается возможная недозагрузка оборудования.

Выход свекловичного жома (показатель 2) принимаем на уровне 70 % от веса переработанной сахарной свеклы. Такой подход применяется с учетом работ ряда авторов [3, 13, 14], в которых приводятся данные по выходу жома при работе на периодической диффузионной батарее – 90 %, а при работе на непрерывно действующей батарее – 70–80 %.

Выход биогаза (показатель 3) на основе результатов исследования Р.Я. Дыгановой, З.Р. Зайнашевой [8] принимаем на уровне 0,12 м³ из 1 кг свекловичного жома.

Расход биогаза на собственные нужды (показатель 4), в частности на выработку тепловой и электрической энергии для работы биогазовой установки, принимаем в размере 25 %. Принимаем экспертно с использованием методических подходов, разработанных А.А. Ковалевым [15].

Выход биогаза за вычетом собственных нужд, тыс.м³/сут. (показатель 5) определялся как разница показателей 3 и 4.

Выход электрической энергии из полученного объема биогаза (без учета собственных нужд) (показатель 6) рассчитывался на основе данных отечественных исследователей [8, 15], согласно которым из 1 м³ биогаза может быть получено 3,2 кВт·ч электрической энергии.

Выход тепловой энергии из полученного объема биогаза (без учета собственных нужд) (показатель 7) также рассчитывался на основе данных работ [8, 15, 16] согласно которым из 1 м³ биогаза может быть получено 100 ккал·ч тепловой энергии.

Далее рассчитаем основные предполагаемые и прогнозные технико-экономические показатели деятельности заводов за период с 2012 по 2023 год. Результаты проведенных расчетов представлены в табл. 5. Прокомментируем ход проведенных расчетов.

Объем заготовок сахарной свеклы в сырьевой зоне завода (показатель 1) рассчитывался и прогнозировался нами ранее (см. табл. 1, 3).

Объем свекловичного жома (показатель 2) рассчитывался аналогично подходу, изложенному выше (см. табл. 4), т.е. принимался в размере 70 % от переработанного сырья. Кроме того, в рамках настоящего исследования условно принимаем, что объем потерь сырья при доставке и хранении будет составлять 5 %. Такой подход основан на исследованиях отечественных авторов [3, 4], согласно которым потери составляют в среднем 5–10 %.

Показатели 3–6 рассчитывались аналогично методическому подходу, изложенному выше (см. табл. 4).

Годовой экономический эффект (показатель 7), как было сказано выше, складывается из следующих составляющих:

1. За счет замещения покупного природного газа биогазом. Экономический эффект рассчитывался исходя из того, что в настоящее время стоимость природного газа для промышленных предприятий составляет 4537 руб. за 1000 м³.

2. За счет реализации электрической энергии, произведенной из биогаза. Экономический эффект рассчитывался исходя из того, что в настоящее время стоимость электрической энергии для промышленных предприятий составляет в среднем 2205 руб/(МВт·ч).

3. За счет реализации тепловой энергии, произведенной из биогаза. Экономический эффект рассчитывался исходя из того, что в настоящее время стоимость тепловой энергии для промышленных предприятий составляет в среднем 1870 руб/Гкал.

Таблица 5

Предполагаемые (рассчитанные за фактический период) и прогнозные показатели деятельности сахарных заводов Республики Башкортостан с учетом возможности использования биогазовых станций

№ п/п	Показатель	Предполагаемые значения (рассчитанные за фактический период)										Прогнозные значения												
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	<i>Сырьевая зона ОАО «Чиминский сахарный завод»</i>										
1.1	Объем заготовок сахарной свеклы в сырьевой зоне завода, тыс. т	485,4	883,9	598,9	574,8	473,5	690,7	652,1	592,5	625,3	634,2	620,3	622,0											
1.2	Объем свекловичного жома, тыс. т	322,8	587,8	398,3	382,3	314,9	459,3	433,6	394,0	415,8	421,7	412,5	413,6											
1.3	Объем биогаза, тыс. м ³	38,7	70,5	47,8	45,9	37,8	55,1	52,0	47,3	49,9	50,6	49,5	49,6											
1.4	Объем биогаза за вычетом собственных нужд, тыс. м ³	29,1	52,9	35,8	34,4	28,3	41,3	39,0	35,5	37,4	38,0	37,1	37,2											
1.5	Объем производства электр. энергии из полученного объема биогаза, МВт·ч	93,0	169,3	114,7	110,1	90,7	132,3	124,9	113,5	119,7	121,5	118,8	119,1											
1.6	Объем производства тепловой энергии из полученного объема биогаза, Гкал·ч	290,5	529,0	358,4	344,0	283,4	413,4	390,3	354,6	374,2	379,6	371,3	372,2											
1.7	Годовой экономический эффект, тыс. руб.	880,1	1602,5	1085,8	1042,2	858,4	1252,3	1182,2	1074,3	1133,6	1149,8	1124,6	1127,6											
	В том числе:																							
	за счет замещения природного газа биогазом, тыс. руб.	131,8	240,0	162,6	156,1	128,6	187,6	177,1	160,9	169,8	172,2	168,4	168,9											
	за счет реализации электр. энергии, произведенной из биогаза, тыс. руб.	205,0	373,3	252,9	242,7	200,0	291,7	275,4	250,2	264,0	267,8	262,0	262,7											
	за счет реализации тепловой энергии, произведенной из биогаза, тыс. руб.	543,3	989,2	670,3	643,3	529,9	773,0	729,8	663,2	699,8	709,8	694,2	696,1											

Продолжение табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.8	Инвестиционные вложения на установку биогазовой станции, млн руб.						14,1						
1.9	Срок окупаемости, лет						12,5						
<i>Сырьевая зона ООО «Карламанский сахар»</i>													
2.1	Объем заготовок сахарной свеклы, тыс. т	255,6	551,1	378,2	413,3	422,0	559,4	510,7	481,1	507,2	508,4	499,3	501,9
2.2	Объем свекловичного жома, тыс. т	170,0	366,5	251,5	274,9	280,6	372,0	339,6	320,0	337,3	338,1	332,0	333,8
2.3	Объем биогаза, тыс. м ³	20,4	44,0	30,2	33,0	33,7	44,6	40,8	38,4	40,5	40,6	39,8	40,1
2.4	Объем биогаза за вычетом собственных нужд, тыс. м ³	15,3	33,0	22,6	24,7	25,3	33,5	30,6	28,8	30,4	30,4	29,9	30,0
2.5	Объем производства электр. энергии из полученного объема биогаза, МВт·ч	49,0	105,6	72,4	79,2	80,8	107,1	97,8	92,1	97,1	97,4	95,6	96,1
2.6	Объем производства тепловой энергии из полученного объема биогаза, Гкал·ч	153,0	329,9	226,4	247,4	252,6	334,8	305,6	288,0	303,6	304,3	298,8	300,4
2.7	Годовой экономический эффект, тыс. руб.	463,5	999,2	685,8	749,4	765,2	1014	925,9	872,3	919,6	921,7	905,2	910,0
2.8	Инвестиционные вложения на установку биогазовой станции, млн руб.						8,9						
2.9	Срок окупаемости, лет						10,6						
<i>Сырьевая зона ОАО «Мелеузовский сахарный завод»</i>													
3.1	Объем заготовок сахарной свеклы, тыс. т	194,3	333,4	232,3	313,1	271,5	329,4	323,9	306,5	314,1	317,4	313,7	313,9

Окончание табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3.2	Объем свежловинного жома, тыс. т	129,2	221,7	154,5	208,2	180,6	219,0	215,4	203,8	208,9	211,1	208,6	208,7
3.3	Объем биогаза, тыс. м ³	15,5	26,6	18,5	25,0	21,7	26,3	25,9	24,5	25,1	25,3	25,0	25,0
3.4	Объем биогаза за вычетом собственных нужд, тыс. м ³	11,6	20,0	13,9	18,7	16,3	19,7	19,4	18,3	18,8	19,0	18,8	18,8
3.5	Объем производства электроэнергии из полученного биогаза, МВт·ч	37,2	63,8	44,5	60,0	52,0	63,1	62,0	58,7	60,2	60,8	60,1	60,1
3.6	Объем производства тепл. энергии из полученного биогаза, МВт·ч	116,3	199,5	139,1	187,4	162,5	197,1	193,9	183,4	188,0	189,9	187,8	187,8
3.7	Годовой экономический эффект, тыс. руб.	352,2	604,4	421,2	567,6	492,3	597,1	587,3	555,6	569,5	575,4	568,8	569,0
3.8	Инвестиционные вложения на установку биогазовой станции, млн руб.	5,3											
3.9	Срок окупаемости, лет	9,9											

Инвестиционные вложения на установку биогазовой станции, млн руб. (показатель 8) рассчитывался на основе анализа ряда предложений компаний, реализующих проекты по поставке и монтажу биогазовых установок [5, 17–20]. Данный анализ показал, что в настоящее время готового решения для наших условий. Каждый сахарный завод обладает своими производственными параметрами и для конкретной детальной проработки вопроса требуется проведение проектно-изыскательских работ. В то же время средний показатель инвестиционных вложений для аналогичных проектов составляет 200–220 тыс. руб. за 1 м³ реактора.

Сопоставив инвестиционные вложения с рассчитанным среднегодовым экономическим эффектом, получим срок окупаемости (показатель 9). Дисконтирование в рамках данного исследования осознанно не учитывалось, чтобы не усложнять расчеты.

Таким образом, проведенный анализ показал, что свеклосахарный подкомплекс республики и, в частности, сахарные заводы обладают хорошим потенциалом для внедрения биогазовых технологий. Данное направление модернизации свеклосахарного производства является очень перспективным направлением, дающим экономический и экологический эффекты. Расчеты показали, что средний уровень окупаемости инвестиционных проектов с использованием биогазовых станций составляет порядка 10–12 лет. При этом очевидно, что данные результаты носят ориентировочный характер вследствие того, что практическая реализация таких проектов требует более глубокой практической проработки с разработкой проектной документации. В то же время ситуация в свеклосахарной отрасли в настоящее время достаточно сложная, обусловленная перепроизводством сахара-песка на внутреннем рынке и, как следствие, снижением цен на продукцию. В этих условиях сахарные заводы в настоящее время не имеют достаточных средств для проведения такой модернизации. С другой стороны, с точки зрения повышения долгосрочной экономической эффективности модернизация с использованием биогазовых технологий является весьма перспективным направлением.

Список литературы

1. Гребенюк С.М. Технологическое оборудование сахарных заводов. – М.: Колос, 2007. – 520 с.
2. Славянский А.А. Технологическое оборудование сахарных заводов / МГУПП. – М., 2006. – 119 с.
3. Сапронов А.А. Технология сахарного производства. – М.: Колос, 1999. – 495 с.
4. Славянский А.А. Промышленное производство сахара / МГУТУ им. К.Г. Разумовского. – М., 2015. – 255 с.

5. MT-Energie – один из ведущих производителей биогазовых установок // Презентация компании MT-Energie. – URL: <http://docplayer.ru/73078-Mt-energie-odin-iz-vedushchih-proizvoditeley-biogazovyh-ustanovok-andrey-krapivskiy-e-mail-andriy-krapivskyy-mt-energie-com.html> (дата обращения: 20.06.2018).

6. В Молдове открыт первый завод по производству биогаза из свекловичного жома // Сайт совместного молдово-немецкого предприятия Südzucker Moldova SA. – URL: <http://www.suedzucker.md/rus/events/first-biogas-plant-working-sugar-beet-press-pulp-opened-drochia> (дата обращения: 20.06.2018).

7. Опыт ЕС в использовании биогаза в энергетике // Сайт об альтернативной и возобновляемой энергетике zeleneet.com. – URL: <http://zeleneet.com/opyt-es-v-ispolzovanii-biogaza-v-energetike/2619/> (дата обращения: 02.03.2016).

8. Дыганова Р.Я., Зайнашева З.Р. Технология переработки свекловичного жома с использованием биоэнергетической установки // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2015. – Т. 221, № 1. – С. 64–67.

9. Биогаз из жома // Сельскохозяйственные вести: электрон. журн. – URL: <https://agri-news.ru/zhurnal/2013/%E2%84%961/2013/bioenergiya/biogaz-iz-zhoma.html> (дата обращения: 20.06.2018).

10. Применение свекловичного жома позволило биогазовой станции «Лучки» на треть сократить затраты на сырье [Электронный ресурс] // Международная биоэнергетика. – 2013. – 11 марта. – URL: <http://www.biointernational.ru/news/2262.html> (дата обращения: 20.06.2018).

11. Мансуров Р.Е. Оценка перспектив модернизации сахарных заводов Республики Татарстан на основе использования биогазовых установок // Сахар. – 2016. – № 4. – С. 26–28

12. База данных показателей муниципальных образований // Федер. служба гос. статистики: офиц. сайт. – URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/bd_munst/munst.htm (дата обращения: 20.06.2018).

13. Карамнова Н.В. Организационно-технологическая оценка деятельности предприятий сахарной промышленности // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2014. – № 3. – С. 82–88.

14. Апасов И.В. Основные направления повышения эффективности свеклосахарного комплекса России в современных условиях // Сахарная свекла. – 2012. – № 3. – С. 6–10.

15. Ковалев А.А. Повышение энергетической эффективности биогазовых установок: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2014. – 114 с.

16. Биогазовая установка // Alter220.ru: сайт. – URL: <https://alter220.ru/bio/biogazovaya-ustanovka.html> (дата обращения: 20.06.2018).

17. Объем капитальных затрат на строительство российских биогазовых установок производства ООО «Агробιοгаз» // ООО «Агробιοгаз»: сайт. – URL: <http://www.agrobiogaz.ru/price.php> (дата обращения: 20.06.2018).

18. Производство биогаза // Компания «Биоэнергосила»: сайт. – URL: <http://www.bioenergosi.ru/services/biogaz/biogaz/> (дата обращения: 20.06.2018).

19. Биогазовые установки для сельского хозяйства // Инновационно-трастовая энергетическая компания: сайт. – URL: <http://itk-energo.narod.ru/Predlogenie2.2.htm> (дата обращения: 20.06.2018).

20. Сатьянов С.В. Повышение эффективности биоустановок путем получения альтернативной энергии и биоудобрений: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Рос. гос. аграр. заоч. ун-т. – М., 2011. – 23 с.

References

1. Grebeniuk S.M. Tekhnologicheskoe oborudovanie sakharnykh zavodov [Technological equipment of the sugar factories]. Moscow, Kolos, 2007, 520 p.

2. Slavianskii A.A. Tekhnologicheskoe oborudovanie sakharnykh zavodov [Technological equipment of the sugar factories]. Moscow, Moscow State University of Food Production, 2006, 119 p.

3. Sapronov A.A. Tekhnologiiia sakharnogo proizvodstva [Sugar production technology]. Moscow, Kolos, 1999, 495 p.

4. Slavianskii A.A. Promyshlennoe proizvodstvo sakhara [Sugar industry]. Moscow, Moscow State University of Technologies and Management named after K.G. Razumovsky, 2015, 255 p.

5. MT-Energie – odin iz vedushchikh proizvoditelei biogazovykh ustanovok [MT-Energie – one of the leading producers of biogas facilities]. *Prezentatsiia kompanii MT-Energie*, available at: <http://docplayer.ru/73078-Mt-energie-odin-iz-vedushchih-proizvoditeley-biogazovyh-ustanovok-andrey-krapivskiy-e-mail-andriy-krapivskyy-mt-energie-com.html> (accessed 20 June 2018).

6. V Moldove otkryt pervyi zavod po proizvodstvu biogaza iz sveklovichnogo zhoma [The first plant for the production of biogas from beet pulp has been opened in Moldova], *Sait Sovmestnogo moldovo-nemetskogo predpriiatiia Suedzucker Moldova SA*, available at: <http://www.suedzucker.md/rus/events/first-biogaz-plant-working-sugar-beet-press-pulp-opened-drochia> (accessed 20 June 2018).

7. Opyt ES v ispol'zovanii biogaza v energetike [EU experience in use of biogas in energy]. *Sait ob al'ternativnoi i vozobnovliaemoi energetike zeleneet.com*, available at: <http://zeleneet.com/opyt-es-v-ispolzovanii-biogaza-v-energetike/2619/> (accessed 2 March 2016).

8. Dyganova R.Ia., Zainasheva Z.R. Tekhnologiiia pererabotki sveklovichnogo zhoma s ispol'zovaniem bioenergeticheskoi ustanovki [Beet pulp processing technolo-

gy using bioenergetic machinery]. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Baumana*, 2015, vol. 221, no. 1, pp. 64–67.

9. Biogaz iz zhoma [Biogas of beet pulp]. *Sel'skokhoziaistvennye vesti: elektronnyi zhurnal*, available at: <https://agri-news.ru/zhurnal/2013/№1/2013/bioenergiya/biogaz-iz-zhoma.html> (accessed 20 June 2018).

10. Primenenie sveklovichnogo zhoma pozvolilo biogazovoi stantsii “Luchki” na tret' sokratit' zatraty na syr'e [The use of beet pulp allowed the biogas station “Luchki” to reduce raw materials costs by one third]. *Mezhdunarodnaia bioenergetika*, 2013, 11 of March, available at: <http://www.biointernational.ru/news/2262.html> (accessed 20 June 2018).

11. Mansurov R.E. Otsenka perspektiv modernizatsii sakharnykh zavodov Respubliki Tatarstan na osnove ispol'zovaniia biogazovykh ustanovok [Assessment of prospects of sugar factories modernization in the Republic of Tatarstan through implementation of biogas plants]. *Sakhar*, 2016, no. 4, pp. 26–28.

12. Baza dannykh pokazatelei munitsipal'nykh obrazovaniu [Database of municipalities' indicators]. Federal Service of State Statistics, available at: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/bd_munst/munst.htm (accessed 20 June 2018).

13. Karamnova N.V. Organizatsionno-tekhnologicheskai otsenka deiatel'nosti predpriatii sakharnoi promyshlennosti [Organization and technology assessment of the activities of sugar industry enterprises]. *Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvaiushchei promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniia*, 2014, no. 3, pp. 82–88.

14. Apasov I.V. Osnovnye napravleniia povysheniia effektivnosti sveklosakharnogo kompleksa Rossii v sovremennykh usloviiakh [The main directions of increasing the efficiency of the sugar beet complex of Russia in modern conditions]. *Sakharnaia svekla*, 2012, no. 3, pp. 6–10.

15. Kovalev A.A. Povyshenie energeticheskoi effektivnosti biogazovykh ustanovok [Improving energy efficiency of the biogas plants]. Ph.D. thesis, Moscow, 2014, 114 p.

16. Biogazovaia ustanovka [The biogas plant]. Available at: <https://alter220.ru/bio/biogazovaya-ustanovka.html> (accessed 20 June 2018).

17. Ob"em kapital'nykh zatrat na stroitel'stvo rossiiskikh biogazovykh ustanovok proizvodstva OOO “Agrobiogaz” [Capital costs for the construction of Russian biogas plants manufactured by Agrobiogaz Ltd.]. Available at: <http://www.agrobiogaz.ru/price.php> (accessed 20 June 2018).

18. Proizvodstvo biogaza [Biogas production]. *Official website of Bioenergosi*, available at: <http://www.bioenergosi.ru/services/biogaz/biogaz/> (accessed 20 June 2018).

19. Biogazovye ustanovki dlia sel'skogo khoziaistva [Biogas plants for agriculture]. *Innovatsionno-trastovaia energeticheskai kompaniia*, available at: <http://itk-energo.narod.ru/Predlogenie2.2.htm> (accessed 20 June 2018).

20. Sat'ianov S.V. Povyshenie effektivnosti bioustanovok putem polucheniia al'ternativnoi energii i bioudobrenii [Improving the efficiency of bioplants by means of recovering alternative energy and biofertilizers]. Abstract of Ph.D. thesis. Russian State Agrarian Correspondence University, Moscow, 2011, 23 p.

Оригинальность 88 %

Получено 12.07.2018 Принято 06.08.2018 Опубликовано 03.04.2019

R.E. Mansurov, A.A. Zasedova

**PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE SUGAR BEET
SUB-COMPLEX OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN
THROUGH THE MODERNIZATION OF SUGAR PRODUCTION
USING BIOGAS PLANTS**

The potential of sugar beet subcomplex of the Republic of Bashkortostan in terms of biogas production from sugar beet pulp is estimated. The relevance of this topic is explained by the fact that at present beet pulp is available in large quantities as a by-product of the main technological process but is not largely made use of, gradually rotting in the pulp pits, worsening environmental conditions. At the same time, there are technologies of biogas production from sugar beet pulp. Moreover, the plants for purification of the obtained biogas make it possible to add it to the general gas network. From the standpoint of a sugar plant, an economic effect will be achieved by replacing purchased natural gas with biogas, as well as by selling excess heat and electricity produced from this type of fuel. In order to make a technical and economic assessment of feasible modernization of the plants using biogas units, a forecast of the sugar beet production volume until 2023 is given. Based on this forecast, the main technical and economic indicators of the plants' activity are calculated. In general, the enlarged technical and economic analysis given in the work showed the economic feasibility of further practical study of this issue.

Keywords: biogas, biogas plant, beet pulp, sugar plants, sugar production efficiency.

Ruslan E. Mansurov – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Innovations and Investments, Kazan Federal University, e-mail: gissoft@bk.ru.

Alina A. Zasedova – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Innovative Entrepreneurship and Financial Management, Institute of Innovation Management, Kazan National Research Technological University, e-mail: zalina0312@yandex.ru.

Received 12.07.2018 Accepted 06.08.2018 Published 03.04.2019