

УДК 332.135
ББК 65.3

Регион: экономика и социология, 2014, № 2 (82), с. 185–200

ЭВОЛЮЦИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОБЪЕДИНЕНИЙ: ПРОМЫШЛЕННЫЙ СИМБИОЗ

И.Ю. Блам

ИЭОПП СО РАН

К. Борсекова, К. Петрикова

Университет Матей Бел (Словакия)

*Статья подготовлена по результатам исследовательского проекта
FP7-PEOPLE-2011 IRSES 295050, финансируемого по 7-й Рамочной
программе Европейского союза*

Аннотация

Промышленный симбиоз предполагает добровольное сотрудничество предприятий с целью оптимизации производственных издержек путем использования побочных продуктов и отходов одних производств другими в качестве сырья, а также совместное потребление информационных, энергетических, водных и иных ресурсов. В статье рассматриваются находящиеся на разных стадиях своего развития спонтанные промышленные симбиотические объединения, которые функционируют на территориях Дании, Словакии и России, внося значимый вклад в устойчивое развитие регионов в этих странах.

Ключевые слова: промышленный симбиоз, устойчивое развитие региона, эколого-промышленный парк, управление отходами

Abstract

Industrial symbiosis is a voluntary cooperation of enterprises that aims to reduce manufacturing costs by leveraging each other's wastes or by-products as raw materials and sharing resources: information, energy, water, etc. This paper investigates the spontaneous industrial networks based on the principles of industrial symbiosis in Denmark, Russia and Slovakia, which are currently on different stages of development. The identified cases contribute to the sustainable development of regions where they are localized.

Keywords: industrial symbiosis, regional sustainable development, eco-industrial park, waste management

Анализ экономического развития регионов невозможен без учета основных современных тенденций, в первую очередь таких, как интенсификация процессов глобализации и индивидуализация рыночных сегментов, значительное изменение функциональной гибкости технологий и мобильности ресурсов, а также ужесточение конкуренции регионов на фоне насыщенности рынков и растущей роли субститутов. Кроме того, нельзя не уделить внимание феномену промышленного симбиоза¹, представляющего собой одну из наиболее успешных современных рыночных моделей, возникших в результате эволюции территориальных эколого-экономических объединений. Промышленный симбиоз предполагает добровольное сотрудничество предприятий с целью оптимизации производственных издержек путем использования побочных продуктов и отходов одних производств другими в качестве сырья, а также совместное потребление информационных, энергетических и прочих ресурсов. В одном из определений, получивших распространение в научной литературе, промышленный

¹ Имеются в виду как спонтанные симбиотические связи, так и созданные плановым путем эколого-промышленные парки. В настоящей статье рассматриваются спонтанные промышленные симбиотические объединения, находящиеся на разных стадиях своего развития и функционирующие в специфических условиях, определяемых действующим на территориях Дании, Словакии и России природоохранным законодательством. Они вносят значимый вклад в повышение конкурентоспособности регионов и снижение негативного воздействия на окружающую природную среду.

симбиоз характеризуется как «процесс, объединяющий традиционно независимые отрасли в единый организм с целью получения конкурентных преимуществ за счет обмена материалами, энергией, водой, отходами и побочными продуктами производства», при этом акцент делается на «возникающие ввиду географической близости синергетические возможности» [1, р. 313].

На эволюцию материальных, энергетических и информационных потоков между компаниями не может не оказывать влияния внешняя среда: социальные и экологические факторы, изменение действующего законодательства, инновации и рыночная конъюнктура обуславливают создание новых связей и разрыв старых. Отраслевая принадлежность предприятий в некоторой мере определяет структуру симбиотических сетей. Существующие исследования указывают на то, что двухэлементные партнерские связи, как правило, устанавливаются между производителями цемента, удобрений, биологического топлива, бумаги, нефтеперерабатывающими и фармацевтическими компаниями, а также предприятиями пищевой и добывающей отраслей. На следующем этапе развития промышленного симбиоза возможен переход к снабжению остаточными отходами и побочными продуктами производства фермерских, рыбоводческих хозяйств, пивоварен и т.п. [2, 3]. Симбиотические сети второго типа обычно возникают вокруг якорной организации, напрямую связанной с потребителями и, как правило, обеспечивающей партнеров ключевыми ресурсами (водой, электрической или тепловой энергией) или предоставляющей мощности для переработки отходов. Третья, наиболее развитая, модель промышленного симбиоза предполагает наличие комплексной сети и тесных взаимосвязей между компаниями-участницами.

Симбиотические связи могут возникать и развиваться спонтанно, как, например, это произошло в г. Калундборге (Дания), где сегодня функционирует одна из наиболее известных в мире моделей промышленного симбиоза. К сожалению, такие объединения встречаются достаточно редко, причем их становление занимает не один год (Калундборгу потребовалось более 40 лет: первые случаи использования побочных продуктов и отходов соседних предприятий были зафиксированы в городе в 1960-х годах).

С учетом величины как экономических, так и экологических benefits промышленного симбиоза идея искусственного планирования и строительства жизнеспособных эколого-промышленных систем является чрезвычайно привлекательной. К настоящему моменту в мировой практике апробировано несколько подходов к конструированию интегрированных эколого-экономических систем, симбиотические связи в которых предполагают снижение негативного воздействия на окружающую природную среду за счет обмена избыточными энергетическими, тепловыми и водными ресурсами, а также использование отходов и побочных продуктов производства компаниями-партнерами.

Эколого-промышленные парки являются одной из наиболее распространенных форм искусственного моделирования симбиотических систем, их функционирование предполагает наличие у предприятий тесных взаимных связей, аналогичных существующим в природных экосистемах. Как правило, эколого-промышленные парки развиваются в пределах промышленной агломерации или одного и того же территориального образования. Альтернативный подход к конструированию симбиотических производственных систем предусматривает развитие связей между предприятиями, которые находятся в разных регионах, но для которых симбиотические связи являются привлекательными с экономической или какой-либо иной точки зрения. Однако, как показывает практика, планирование симбиотических связей в большинстве случаев оказывается неудачным. Координационная и информационная деятельность лишь помогает развить существующие связи в рамках успешно функционирующей симбиотической сети [4].

На уровне фирмы основной мотивацией большинства обменных операций является стремление к получению дополнительной прибыли за счет размещения побочных продуктов и отходов или за счет снижения собственных издержек посредством использования в процессе производства более дешевых, чем традиционное сырье, отходов. Развитию промышленного симбиоза также может способствовать природоохранное законодательство. В России законодательство не стимулирует добровольный обмен между предприятиями-соседями. Одна-

ко компании, стремясь к повышению конкурентоспособности своей продукции, снижению себестоимости производства, осуществляют модернизацию, внедряя современные технологии, которые эффективны как с производственной, так и с природоохранной точки зрения. Будучи менее затратными, новые технологии, как правило, являются менее энергоемкими и обеспечивают сокращение выбросов загрязняющих веществ.

Основная проблема российского природоохранного законодательства – фискальная ориентация существующей системы экологических выплат. Министерство природных ресурсов и экологии РФ, признавая на словах необходимость реформирования, стремится прежде всего не решать накопившиеся проблемы, а наращивать доходы, увеличивая размер ставок платы за негативное воздействие на окружающую среду. Штрафы и административные платежи, являясь основными инструментами природоохранной политики в России, сегодня не выполняют свою функцию в полной мере. Во-первых, система нормирования, лежащая в их основе, далека от идеальной. Во-вторых, после поступления в бюджеты различных уровней экологические платежи отнюдь не всегда используются для решения проблем, связанных с загрязнением окружающей среды. Кроме того, большинство природопользователей, решивших осуществить корректировку платы за негативное воздействие на окружающую среду путем зачета средств, затраченных на природоохранные мероприятия, сталкиваются с попытками территориальных органов Росприроднадзора по тем или иным основаниям отказать в этой корректировке, хотя она могла бы стать значимым стимулом для модернизации технологических процессов и улучшения экологической ситуации.

По нашему мнению, экологическая эффективность производства была бы значительно выше, чем при существующей системе штрафов и платежей, если бы

- расходы на строительство природоохранных объектов учитывались в платежах за негативное воздействие на окружающую среду;

- предприятиям были предоставлены налоговые льготы на балансовую стоимость имущества природоохранного назначения;
- налог на прибыль, полученную в результате деятельности по использованию и обезвреживанию отходов предприятия, по производству оборудования природоохранного назначения, был снижен;
- предприятиям предоставлялись особые условия финансирования при модернизации производства и внедрении современных технологий;
- были введены льготные транспортные тарифы на перевозку вторичных ресурсов и продукции, получаемых из отходов производства и потребления.

Даже сейчас, при отсутствии экономических стимулов со стороны государства, предприятия много делают для охраны окружающей среды, модернизируя производство за счет как собственных, так и заемных средств. Поддержка же экологических инициатив и модернизации производственных процессов позволила бы добиться более значимых результатов. Хотя соответствующая экологическая политика могла бы создать стимулы для циркуляции отходов и побочных продуктов между фирмами, эти инструменты в России не задействованы. В настоящий момент единственным стимулом для российских предприятий является получение дополнительной прибыли от управления отходами, остаточными ресурсами и побочными продуктами производства.

Промышленный симбиоз зарекомендовал себя в качестве крайне эффективной модели сотрудничества, однако в странах Восточной Европы, так же как и в России, он пока не получил широкого распространения. Так, в 2010–2011 гг. в Словакии в рамках проекта REPROWIS на основе данных, полученных при обследовании 500 предприятий малого и среднего бизнеса, были проанализированы возможности взаимовыгодного использования промышленных отходов и побочных продуктов производства, а также сокращения объемов выбросов вредных веществ. Результаты исследования указывают на незаинтересованность предприятий в снижении негативного воздействия на окружающую природную среду. Только на семи из

500 обследованных предприятий действовала система экологического менеджмента ISO 14001, а природоохранные мероприятия осуществлялись компаниями исключительно при условии отсутствия дополнительных затрат. Основными препятствиями для экологических инноваций, согласно результатам исследования, являются недостаток информации о современных экономически эффективных природоохранных технологиях и отсутствие заинтересованности в их использовании. Тем не менее нами была идентифицирована спонтанно развивающаяся симбиотическая сеть в г. Детва, которая, расширяясь и изменяясь в течение последнего десятилетия, адаптировалась к разнообразным, порой противоречивым условиям экономического развития страны.

Рассмотрим примеры успешной реализации симбиотических связей между компаниями в Дании, России и Словакии.

Промышленный парк г. Калундборга существует уже более 40 лет. Симбиотическая сеть объединяет девять предприятий различных форм собственности, среди которых крупнейшие мировые производители инсулина и энзимов – «Novo Nordisk» и «Novozymes», компании, занимающиеся очисткой сточных вод, переработкой отходов и рекультивацией земель, мощнейшая электростанция Дании «Asnæs» и самый большой в Балтийском регионе нефтеперерабатывающий завод «Statoil» [5]. Изначальным мотивом в установлении сотрудничества предприятий было стремление к снижению себестоимости продукции за счет использования отходов, побочных продуктов и остаточных ресурсов соседних предприятий в качестве источников сырья, однако с течением времени выяснилось, что кооперация позволяет не только увеличить прибыли компаний-участниц, но и снизить негативное воздействие на окружающую природную среду. Опыт Калундборга указывает на то, что даже единичный обмен между предприятиями может стать значимым шагом в развитии промышленного симбиоза. В экономической литературе отмечается, что успешная организация обмена между фирмами-соседями часто изменяет сам образ мышления, становясь стимулом для поиска дальнейших вариантов сотрудничества [6].

Симбиотическая сеть в Калундборге возникла и развивалась спонтанным образом вокруг нескольких якорных предприятий, обеспечивающих остальных участников водой, электроэнергией и предоставляющих им возможность пользоваться очистными сооружениями. Якорные организации продолжают оказывать значительное влияние на развитие симбиоза и в наши дни. Так, планируемое изменение энергетической политики поставщика электроэнергии «Dong Energy», предусматривающее закрытие угольной электростанции и установку ветрогенераторов, ожидаемо приведет к исчезновению таких побочных продуктов производства, как пар и остаточные теплые воды электростанции. Соответственно, компаниям-потребителям придется либо искать альтернативные источники ресурсов, либо изменять технологию производства.

На начальном этапе развития промышленного симбиоза в 1970-х годах компания «Gyros» разместила в Калундборге завод по производству гипсовых плит и построила газопровод, поскольку ее устраивала низкая цена на горючее – побочный продукт «Statoil». Гипс, получаемый после известковой очистки отходящих газов электростанции, также используется на заводе, обеспечивая более двух третей потребности в сырье для производства гипсовых плит.

В 1979 г. цементный завод начал использовать в производстве золу с электростанции, а двумя годами позже муниципалитет Калундборга завершил строительство городской отопительной системы, и электростанция «Asnæs» начала снабжать город отработанным паром, причем паровое отопление позволило ликвидировать частные печи, представляющие собой громадный рассредоточенный источник загрязнения атмосферы. В течение следующего года заводы компаний «Novo Nordisk» и «Statoil» также стали потреблять пар, поставляемый «Asnæs». Сеть развивалась спонтанно, путем заключения двусторонних контрактов, никакого первоначального плана не существовало, все делалось на основании личных договоренностей с целью получения взаимной выгоды. Впоследствии электростанция стала использовать для охлаждения морскую воду вместо пресной из оз. Тиссо, с 1989 г. направляя отработанные теплые воды в рыбководческие хозяйства. С 1992 г. на электростанции часть угля заменили

газом, поступающим с завода компании «Statoil». Это стало возможным после того, как, вслед за изменением природоохранного законодательства, на нефтеперерабатывающем заводе построили установку для очистки отходящих газов от серы (до этого момента газы не соответствовали техническим требованиям). Помимо этого, начиная с 1976 г. активный ил, получаемый после очистки воды прудов для разведения рыбы, и отходы фармацевтического завода используются в качестве удобрения на окрестных растениеводческих фермах. «Novozymes» не только бесплатно обеспечивает фермеров биомассой, но и оплачивает транспортные издержки, экономя на издержках размещения отходов. Кроме того, избыточные дрожжи, остающиеся от производства инсулина на предприятии «Novo Nordisk», используются в качестве корма для свиней.

Симбиотические связи подвержены постоянным изменениям, поскольку на рынок отходов и побочных продуктов оказывают влияние инновационные и законодательные процессы. Так, до недавнего времени нефтеперерабатывающий завод компании «Statoil» поставлял жидкую серу, получаемую в результате десульфуризации углеводородного сырья, производителю серной кислоты «Kemira». Однако промышленный симбиоз предполагает, что продажи побочных продуктов основаны на традиционных рыночных отношениях и продолжают до тех пор, пока они экономически выгодны. Соответственно, «Statoil» прекратила поставки серы, после того как партнер переместил производство из Дании в Финляндию и возросшие транспортные издержки сделали сотрудничество невыгодным. В поисках новых возможностей реализации побочного продукта «Statoil» приобрела запатентованную технологию для производства сульфата аммония из серы, которую закупает производитель удобрений «Dan Godning», чьи производственные мощности находятся за пределами индустриального парка. Кроме того, предприятие вынужденно прекратило поставки бутана заводу компании «Gyros», когда последний перешел на более дешевый природный газ. В качестве еще одного примера влияния инновационных процессов на развитие промышленного симбиоза приведем станцию водоочистки, на которой, для того чтобы производить

биомассу высокого качества по новой технологии, в настоящее время строится водорослевая ферма.

Перечисленные связи далеко не исчерпывают энергетические и материальные потоки в Калундборге, где в результате более чем 40-летнего сотрудничества двусторонние связи сплелись в комплексную многомерную сеть, позволяющую значительно снизить производственные издержки и повысить экологическую эффективность производства.

Особенностью промышленного симбиоза Калундборга является социальная и экологическая ответственность компаний-участниц, выражающаяся в стремлении к внедрению «чистых» технологий на территории всего промышленного парка, к привлечению инвестиций в регион, к созданию дополнительных рабочих мест и развитию инфраструктуры. На территории муниципального образования действует симбиотический центр, задачей которого является информирование о существующих проблемах и возможностях, а также обсуждение стратегий дальнейшего развития компаний-участниц.

Представляет интерес *симбиотическая сеть в г. Новосибирске*, основанная на двусторонних отношениях. Промышленная экосистема находится на начальном этапе своего развития². В 2006 г. на предприятии, являющемся крупнейшим в России производителем ядра кедрового ореха и кедрового масла, было принято решение об использовании собственных производственных отходов, а именно скорлупы кедрового ореха, в качестве топлива. До этого скорлупу вывозили за территорию предприятия и бесплатно засыпали ею овраги и ямы на дорогах Новосибирской области (если бы ореховую скорлупу вывозили на свалку, то за размещение отходов приходилось бы платить). Для реализации проекта на предприятии была построена котельная и установлен специальный, рассчитанный на применение сыпучего топлива (опилки, лузги подсолнечника, ореховой скорлупы и т.п.) ко-

² При подготовке статьи использованы интервью с заместителем директора предприятия, проведенные авторами на условиях анонимности в рамках проекта № FPT.PEOPLE-2011-IRSES 295050 «Functioning of the Local Production Systems in the Conditions of Economic Crisis: Comparative Analysis and Benchmarking for the EU and Beyond» (FOLSPEC).

тел мощностью 200 кВт. Кроме того, на территории предприятия были проложены дополнительные трубы и построен бойлерный узел, позволяющий распределять нагрузку между центральным и собственным отоплением в зависимости от температуры на улице (центральное отопление может быть отключено полностью). Получаемое тепло идет в основном на технологические нужды – сушку ореха, а избыток, если он есть, – на отопление помещений.

Как уже отмечалось выше, даже единичный случай использования отходов и побочных продуктов производства коренным образом меняет отношение к ним и заставляет искать новые возможности их применения или реализации. Соответственно, в том же году были заключены первые контракты на поставку ореховой скорлупы для мульчирования почвы на приусадебных участках и ландшафтного дизайна. Кроме того, молотой ореховой скорлупой определенной фракции (0,4–0,6 мм) заинтересовалась московская косметическая фирма, с тех пор ежегодно приобретающая 2–2,5 т молотой скорлупы, которую предварительно приходится сушить, молоть и отсеивать. Основными стимулами для развития двусторонних отношений между предприятиями послужили, с одной стороны, стремление к получению выгоды от продаж ореховой скорлупы и экономия на размещении отходов и, с другой стороны, возможность приобретать сырье по конкурентной цене.

К 2011 г. количество потребителей ореховой скорлупы увеличилось. Всего в том году было заготовлено 1850 т кедрового ореха, после переработки которого было получено 1150 т скорлупы (объемы заготовок кедрового ореха не являются постоянными и зависят от годовой промысловой урожайности кедровых массивов). Из них 240 т продали компании, занимающейся изготовлением добавок в буровые растворы для нефтяников, около 20 т – фирмам и физическим лицам для мульчирования почвы на приусадебных участках и ландшафтного дизайна, еще около 2 т – для изготовления косметического скраба. В 2012 г. было заготовлено 5580 т ореха, из этого количества переработано 4000 т, а 1580 т оставлено на следующий сезон. Хотя было получено 2680 т скорлупы, к этому времени на предприятии уже был поставлен дополнительный котел и построена котельная на дочернем

консервном заводе в г. Барнауле, и объемы продаж резко сократились, поскольку практически вся скорлупа стала использоваться в качестве топлива. Сейчас предприятие продает скорлупу, предварительно ее обработав, только косметической фирме.

Таким образом, несмотря на отсутствие информационной поддержки и внешних стимулов для реализации отходов и побочных продуктов, спонтанно установившиеся симбиотические связи и использование отходов в качестве топлива позволили не только повысить прибыльность и энергетическую эффективность производства, но и снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Симбиотическая сеть г. Девта. В Словакии в основе развития симбиотических связей между предприятиями и муниципальными образованиями также в первую очередь лежит стремление к снижению производственных затрат. Кроме того, действующее на территории страны экологическое законодательство создает дополнительные стимулы для вторичного использования ресурсов. В частности, правительство Словацкой Республики, понимая, что биоэнергетика сегодня является одним из перспективных направлений развития альтернативных методов получения энергии, поддерживает развитие производства биогаза³. Производство этого сырья имеет большой потенциал в плане создания новых рабочих мест в сельской местности, а биогазовые станции являются практически идеальным как с экономической, так и с экологической точки зрения децентрализованным источником энергии. В 2012 г. на территории Словакии действовало более 60 биогазовых станций, производящих ежегодно около 69 ГВт·ч электроэнергии [7].

Заметим, что в настоящее время все большее распространение получает технология производства электрической энергии и тепла из биомассы с использованием биогаза, полученного при переработке сельскохозяйственных отходов и специально выращенных энер-

³ Биогаз – газ, получаемый в результате микробного разложения биомассы. Он состоит в основном из метана (55–70%) и диоксида углерода (45–30%), но также содержит некоторые включения, которые удаляются на биогазовой станции. По своим свойствам биогаз наиболее близок к природному газу (80–98% метана). Он не имеет цвета и запаха.

гетических культур. Производство биогаза имеет ряд неоспоримых преимуществ. Во-первых, в тех регионах, где производится и используется биогаз, заметно улучшается экологическая обстановка. Работа биогазовой станции не только решает энергетические проблемы территории, но и способствует эффективной утилизации отходов органического происхождения и санитарной обработке сточных вод. Кроме того, завод по производству биогаза нередко выступает в качестве якорного предприятия при развитии спонтанных симбиотических сетей.

Словацкая компания «Agrosev» создана в 1998 г. на основе бывшего сельскохозяйственного кооператива в с. Виглаш⁴. Первоначально компания занималась исключительно производством и переработкой сельскохозяйственной продукции. Необходимость утилизации отходов животноводства и растениеводства возникла ввиду значительно увеличившихся объемов производства.

Органические отходы не могут сразу использоваться в качестве эффективного биоудобрения, они должны перебродить, чтобы минеральные вещества освободились от органических связей. В обычных условиях этот процесс занимает от трех до пяти лет и сопровождается неприятным запахом и токсичными выбросами, негативно влияющими на здоровье людей и животных. Производство биогаза, являясь экономически выгодным и экологичным способом переработки сельскохозяйственных отходов, позволяет предприятию самостоятельно вырабатывать необходимые ресурсы для самообеспечения электроэнергией и теплом, а при соответствующей очистке также использовать эти ресурсы в качестве автомобильного топлива. В результате работы биореактора получается не только биогаз, но и качественные биоудобрения, повышающие урожайность сельскохозяйственных культур на 30–50%. Важно, что после переработки

⁴ До 1989 г. в сельском хозяйстве Словакии преобладали животноводческие и растениеводческие кооперативы. Затем в течение переходного периода, начавшегося в 1990 г., большинство кооперативов было приватизировано, земля продана или сдана в аренду.

удобрения можно использовать практически сразу, а их себестоимость крайне низкая.

Сооружение в Детве в 2009 г. при финансовой поддержке Евросоюза биогазовой станции мощностью 1 МВт, перерабатывающей отходы сельскохозяйственного производства в биогаз и биоудобрения, стало первым шагом в становлении и развитии симбиотического узла. В 2012 г., когда первый завод был перестроен и расширен, а в Желобузе построен второй завод (сегодня их суммарная мощность составляет 3 МВт), энергетический потенциал симбиотической сети значительно увеличился.

Здесь необходимо подчеркнуть, что одним из значимых условий получения финансовой помощи от Европейского союза (распределяемой на конкурсной основе) была экологическая и социальная направленность проекта. Производство биогаза позволило снизить поступление метана в атмосферу, внося свой вклад в предотвращение глобального потепления, а побочный продукт производства биогаза – тепло, используется в отопительной системе Детвы в течение зимнего периода. Для получения льготного финансирования компании пришлось расширить проект, предусмотрев строительство трубопровода для транспортировки тепла жителям муниципального образования.

Биогазовые установки в Детве и Желобузе производят биогаз путем контролируемого сбраживания биомассы в анаэробных условиях. Основную часть топлива составляют навоз (компост, удобрение) и суспензия, взвесь, другой важной составляющей топлива являются кукурузный силос и сорго. Для увеличения выхода газа в холодное время года добавляются так называемые коферменты, за счет которых гомогенизируется производимый газ. Объем производства газа варьирует в зависимости от вещества: из 1 куб. м навоза крупного рогатого скота можно получить 20 куб. м биогаза, а из 1 куб. м помета птицы – 40 куб. м биогаза. В связи с этим в течение года состав субстрата для производства биогаза изменяется в зависимости от спроса, предъявляемого на тепло и электроэнергию.

Наличие собственной биогазовой установки сделало экономически выгодным производство щепы из отходов местной лесной

промышленности. Используемые компанией технология и оборудование позволяют перерабатывать не только мелкие ветки, но и обрезки деревьев длиной до 70 см. В день производится от 30 до 200 т щепы, которая не только идет на продажу, но и применяется для улучшения использования земель, для очистки водных каналов и для снижения риска затопления. Строительство линии по производству щепы также получило финансовую поддержку Евросоюза ввиду высокой природоохранной значимости проекта: хотя часть отходов лесопромышленного комплекса Словакии утилизируется на самих предприятиях, часть вывозится, продается в виде щепы или сырья, проблема управления отходами лесной промышленности в стране стоит весьма остро.

* * *

Приведенные примеры успешного функционирования симбиотических систем в промышленности и сельском хозяйстве позволяют сделать вывод о значительном потенциале промышленного симбиоза как формы экологически и экономически эффективного развития территорий. Симбиоз дает возможность вовлеченным в него предприятиям снизить затраты на производство продукции и уменьшить загрязнение воздуха, воды и почвы в регионе.

Интересно, что наиболее успешными оказываются спонтанные промышленные объединения, тогда как искусственно созданные, тщательно спланированные эколого-промышленные парки редко бывают жизнеспособными. Возможно, это объясняется тем, что с точки зрения инвестора вложения в технологии, поддерживающие обмен побочными продуктами производства, осуществляемый предприятиями-партнерами, весьма рискованны, поскольку исчезновение или ослабление одного звена ставит под вопрос устойчивость всей сети. Решением проблемы могли бы стать проектирование дублирующих связей и диверсификация материальных потоков, позволяющие минимизировать потери в долгосрочном периоде. Правительственные интервенции, информационная поддержка, бизнес-программы и научные исследования, как показывает опыт [8], могут быть весьма полез-

ными для расширения действующих симбиотических объединений, а инструменты математического программирования успешно применяются при проектировании оптимальной, минимизирующей издержки и негативное влияние на окружающую природную среду сети [9].

В заключение заметим, что совершенствование национального и международного законодательства в области охраны окружающей среды оказывает положительное влияние на процесс самоорганизации симбиотических систем и углубление существующих связей.

Литература

1. **Chertow M.R.** Industrial symbiosis: literature and taxonomy // Annual Review of Energy and Environment. – 2000. – V. 25. – P. 313–337.
2. **Zhu Q., Cote R.P.** Integrating green supply chain management into an embryonic eco-industrial development: a case study of the Guitang Group // Journal of Cleaner Production. – 2004. – V. 12, No. 8-10. – P. 1025–1035.
3. **Dufloy J.R., Sutherland J.W., Dornfeld D. et al.** Towards energy and resource efficient manufacturing: A process and system approach // CIRP Annals – Manufacturing Technology. – 2012. – V. 61, No. 2. – P. 587–609.
4. **Jacobsen N.B., Anderberg S.** Understanding the evolution of industrial symbiotic networks: The case of Kalundborg // Economics of Industrial Ecology: Materials, Structural Change, and Spatial Scales / Ed. by J.C.J.M. van den Bergh, M.A. Janssen. – Cambridge, MA: MIT Press, 2004. – P. 331–335.
5. **Kalundborg** symbiosis er verdens første fungerende industrielle symbiose. – URL: <http://www.symbiosis.dk/en/partnere> (дата обращения 29.01.2014).
6. **Chertow M.R., Lombardi D.R.** Quantifying economic and environmental benefits of co-located firms // Environmental Science & Technology. – 2005. – V. 39, No. 17. – P. 6535–6541.
7. **Status quo** biogas plants and biomethane plants. – URL: <http://www.green-gasgrids.eu/market-platform/slovakia/status-quo.html> (дата обращения 29.01.2014).
8. **Costa I., Ferraro P.** A case study of industrial symbiosis using a middle-out approach // Journal of Cleaner Production. – 2010. – V. 18, No. 10-11. – P. 984–992.
9. **Cimren E., Fiksel J., Posner M.E., Sikdar K.** Material flow optimization in by-product synergy networks // Journal of Industrial Ecology. – 2011. – V. 15, No. 2. – P. 315–332.

Рукопись статьи поступила в редколлегию 24.02.2014 г.

© Блам И.Ю., Борсекова К., Петрикова К., 2014