

5. Воздействие биотоплива на окружающую среду

Хотя в контексте общих энергетических потребностей производство биотоплива по-прежнему невелико, оно довольно значительно в сравнении с современным уровнем сельскохозяйственного производства. В этой связи следует признавать возможные экологические и социальные последствия дальнейшего роста производства биотоплива. Например, сокращение выбросов парниковых газов входит в число конкретных целей некоторых мер политики поддержки производства биотоплива. Непредусмотренное негативное воздействие на земельные и водные ресурсы и на биоразнообразие рассматривается как побочный эффект сельскохозяйственного производства в целом, но оно вызывает особую обеспокоенность в отношении биотоплива. Степень такого воздействия зависит от того, каким образом производится и перерабатывается сырье для биотоплива, каковы масштабы производства и в особенности от того, какое влияние оказывается на изменение характера землепользования, интенсификацию и международную торговлю. В настоящей главе рассматриваются экологические последствия производства и использования биотоплива, а социальные последствия будут рассмотрены в следующей главе.

Поможет ли биотопливо смягчить последствия глобального изменения климата?¹⁰

До недавнего времени многие политики считали, что замена ископаемого топлива топливом, производимым из биомассы, окажет существенное положительное влияние на климат за счет уменьшения выбросов парниковых газов, которые являются одной из причин глобального потепления климата. Биоэнергетические культуры способны уменьшить и компенсировать выбросы парниковых газов, непосредственно устраняя

из воздуха двуокись углерода в процессе своего роста и накапливая его в своей биомассе и почве. Многие из таких культур используются не только для производства биотоплива, но и для выработки побочных продуктов, таких как белок для животных кормов; это экономит энергию, которую пришлось бы потратить на производство кормов другими способами.

Несмотря на такие возможные выгоды, научные исследования показали, что разные виды биотоплива значительно отличаются друг от друга по балансу парниковых газов в сравнении с бензином. В зависимости от метода производства сырья и выработки топлива некоторые культуры могут производить даже больше парниковых газов, чем ископаемое топливо. Например, азотные удобрения выделяют закись азота, парникового газа с потенциалом глобального потепления в 300 раз выше, чем у двуокиси углерода. Более того, парниковые газы выделяются и на других этапах производства биоэнергетических культур и биотоплива: в процессе производства удобрений, пестицидов и топлива, применяемых в сельском хозяйстве, в процессе химической переработки, транспортировки и распределения вплоть до конечного использования.

Парниковые газы также могут выделяться вследствие прямых или опосредованных изменений в характере землепользования, вызванных расширением производства биотоплива, например, высвобождение углерода из почвы, накопленного лесами или лугами, в результате репрофилирования земель под возделывание сельскохозяйственных культур. Например, если кукуруза, которую выращивают для производства этанола, может сократить выброс парниковых газов примерно на 1,8 тонны двуокиси углерода на гектар в год, а просо (потенциальная биоэнергетическая культура второго поколения) — на 8,6 тонны на гектар в год, то перевод луговых угодий на производство таких культур может высвободить 300 тонн двуокиси углерода на гектар, а лесов — от 600 до 1000 тонн на гектар (Fargione *et al.*, 2008; The Royal Society, 2008; Searchinger, 2008).

¹⁰ Анализ, приведенный в настоящей главе, частично основан на материалах ФАО (FAO, 2008d).

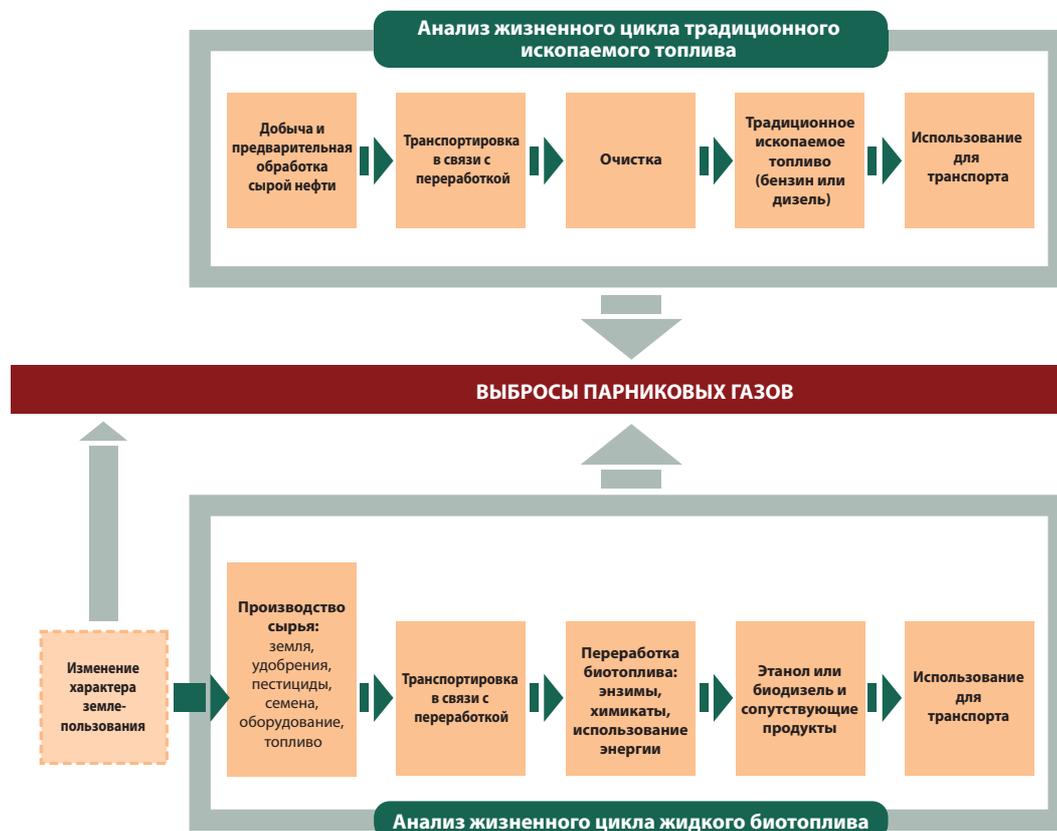
Анализ жизненного цикла — это аналитический инструмент, который используется для расчета балансов парниковых газов. Баланс парниковых газов получают в результате сравнения всех выбросов парниковых газов на протяжении всех стадий производства и использования биотоплива со всеми парниковыми газами, которые выделяются при производстве и использовании эквивалентного количества энергии соответствующего ископаемого топлива. С помощью этого хорошо зарекомендовавшего себя, хотя и сложного, метода производится тщательный анализ каждого звена цепочки создания стоимости с целью оценки выбросов парниковых газов (рисунок 22).

Оценка баланса парниковых газов начинается со строгого определения граничных условий конкретной биотопливной системы, которая сравнивается с соответствующей «традиционной» эталонной системой,

в большинстве случаев с бензином. Некоторые виды сырья для биотоплива используются также для выработки побочных продуктов, таких как жмых или корм для скота. В таких случаях рассматриваются «устраненные» выбросы парниковых газов, которые сравниваются с аналогичными автономными продуктами или оцениваются по методу распределения (например, по запасу энергии или рыночной цене). Балансы парниковых газов значительно отличаются для разных культур и местоположений и зависят от методов производства сырья, технологий переработки и использования. Вводимые ресурсы, такие как азотные удобрения, и способ получения электроэнергии (например, из угля или нефти, в виде ядерной энергии), используемые в процессе переработки сырья в биотопливо, могут приводить к варьированию уровня выбросов парниковых газов, а также различаться от района к району.

РИСУНОК 22

Анализ жизненного цикла в плане оценки баланса парниковых газов



Источник: ФАО.

РИСУНОК 23

Сокращение выбросов парниковых газов при использовании отдельных видов биотоплива в сравнении с ископаемым топливом

Примечание: За исключением последствий изменения характера землепользования. Источник: МЭА (IEA, 2006) и ФАО (FAO, 2008d).

Большинство существующих на данный момент исследований биотоплива, которые проводились с использованием анализа жизненного цикла, были посвящены зерновым и масличным культурам в ЕС и в Соединенных Штатах Америки, а также этанолу из сахарного тростника в Бразилии. В небольшом числе работ изучалось растительное масло, биодизельное топливо из пальмового масла, маниоки и ятрофы, а также биометан на основе биогаза. Учитывая большое количество видов биотоплива, сырья и технологий производства и переработки, можно ожидать получения столь же широкого диапазона результатов при расчете снижения выбросов, что и наблюдается в действительности. В большинстве исследований показано, что производство биотоплива первого поколения из существующего сырья приведет к сокращению выбросов в интервале от 20 до 60 процентов по сравнению с ископаемым топливом при условии использования наиболее эффективных систем (из расчетов исключаются выбросы углерода в результате изменения характера землепользования). На рисунке 23 представлены предполагаемые пределы сокращения выбросов парниковых газов для ряда сельскохозяйственных культур и места их выращивания без учета результатов изменения характера землепользования. Бразилия, имеющая длительный опыт производства этанола из сахарного тростника, демонстрирует более высокие показатели сокращения выбросов. Биотопливо второго поколения, коммерческое

значение которого все еще невелико, обычно обеспечивает сокращение выбросов на 70–90 процентов по сравнению с ископаемым дизельным топливом и бензином, также без учета высвобождения углерода в результате изменения характера землепользования.

В некоторых из последних исследований показано, что наиболее выраженные различия в полученных результатах возникают вследствие выбора разных методов распределения побочных продуктов и разных предположений о выбросах закиси азота и высвобождении углерода в результате изменения характера землепользования. В настоящее время для проведения анализа жизненного цикла используется целый ряд различных методов и, как отмечено выше, в некоторых из них не учитывается сложный вопрос об изменениях в структуре землепользования. Измеряемые параметры и качество применяемых в оценках данных должны соответствовать установленным стандартам. В настоящее время делаются попытки, в том числе в рамках Глобального биоэнергетического партнерства, разработать согласованную методологию оценки балансов парниковых газов. Не менее важно выработать согласованный подход к оценке более широкого экологического и социального воздействия биоэнергетических культур, чтобы обеспечить прозрачность и соответствие результатов в пределах широкого диапазона систем.

Если предъявлять строгие требования к полноте и точности картины при расчете

ВСТАВКА 9

Глобальное биоэнергетическое партнерство

Глобальное биоэнергетическое партнерство, провозглашенное на 14-й сессии Комиссии по устойчивому развитию Организации Объединенных Наций в мае 2006 г., является международной инициативой с целью реализации обязательств, которые взяли на себя страны Группы восьми + 5¹ в Плане действий Гленнигса 2005 года. Оно содействует глобальному политическому диалогу на высоком уровне, поддерживает национальную и региональную деятельность по выработке политики и развитию рынка в области биоэнергетики, содействует эффективному и устойчивому использованию биомассы, разрабатывает проектные мероприятия в области биоэнергетики, активизирует двусторонний и многосторонний обмен информацией, навыками и технологией и способствует интеграции биоэнергетики в энергетические рынки, решая проблемы конкретных барьеров в цепочке поставок.

Партнерство возглавляется Италией, а FAO является партнером и именно в FAO базируется Секретариат Глобального биоэнергетического партнерства.

Глобальное биоэнергетическое партнерство сотрудничает с Международной биоэнергетической платформой FAO, Международным форумом по биотопливу, Международным партнерством по

водородной экономике, Средиземноморской программой по возобновляемым источникам энергии, Инициативой «Метан — на рынки», Сетью по политике в области использования возобновляемых источников энергии для XXI века, Партнерства в области возобновляемой энергии и энергоэффективности, Биотопливной инициативой Конференции по торговле и развитию Организации Объединенных Наций (ЮНКТАД) и Соглашениями по внедрению биоэнергетики, а также с соответствующими подразделениями Международного энергетического агентства и т.д. Кроме того, Партнерство сформировало целевую группу для проведения работы по согласованию методик анализа жизненного цикла и разработки методических рамок в этих целях. Все эти инициативы являются важными механизмами оказания помощи как развивающимся, так и развитым странам в создании национальных нормативно-правовых баз в области биоэнергетики.

¹ Группа восьми + 5 включает в себя страны Группы восьми (Канаду, Францию, Германию, Италию, Японию, Российскую Федерацию, Соединенное Королевство и Соединенные Штаты Америки) плюс пять крупнейших новых рыночных экономик (Бразилию, Китай, Индию, Мексику и Южную Африку).

балансов парниковых газов, то наиболее значимыми будут данные о выбросах, связанных с изменениями в характере землепользования. Такие выбросы будут происходить на первых стадиях цикла производства биотоплива, и если они достаточно велики, то может пройти много лет, прежде чем они будут компенсированы за счет экономии выбросов на последующих стадиях производства и использования. Когда в анализ включаются изменения в характере землепользования, выбросы парниковых газов для некоторых видов биоэнергетического сырья и систем производства могут оказаться выше, чем для ископаемого топлива. В работе Fargione *et al.* (2008) проведена оценка, согласно которой перевод тропических лесов, торфяных болот, саванн и лугов на производство этанола и биодизеля в Бразилии, Индонезии,

Малайзии или Соединенных Штатах Америки высвобождает по меньшей мере в 17 раз больше двуокси углерода по сравнению с ежегодной экономией от замены ископаемых видов топлива биотопливом. Ученые выяснили, что при выращивании кукурузы для этанола на тех землях, которые подпадают под охрану Программы восстановительной консервации сильноэродированных земель, на оплату такого «углеродного долга» уйдет 48 лет; в случае перевода амазонских лесов на производство биодизельного топлива из сои — 300 лет; в случае развертывания производства биодизеля из пальмового масла на территориях тропического заболоченного леса в Индонезии или Малайзии — более 400 лет.

В работе Righelato and Spracklen (2007) проведена оценка сокращения выбросов

углерода за счет выращивания различных видов сырья для производства этанола и биодизеля (например, сахарного тростника, кукурузы, пшеницы и сахарной свеклы для этанола и рапса и лесной биомассы для дизеля) на существующих пахотных угодьях. Авторы пришли к выводу о том, что в каждом из рассматриваемых случаев можно было бы в течение 30 лет добиться улавливания большего объема углерода, если перевести эти пахотные угодья в лесные. Они утверждают, что если политика поддержки производства биотоплива направлена на уменьшение глобального потепления климата, то лучшего результата можно было бы достичь за счет эффективного использования топлива, а также охраны и восстановления лесов.

Биотопливо является одной из важнейших альтернатив среди обсуждаемых в данный момент вариантов снижения выбросов парниковых газов; но во многих случаях более рентабельным может быть повышение энергоэффективности, проведение природоохранных мероприятий, а также увеличение объемов улавливания углерода за счет восстановления лесных массивов, изменения сельскохозяйственной практики или использования других форм возобновляемой энергии. Например, в Соединенных Штатах Америки увеличение средней эффективности сгорания топлива в двигателях автомобилей на одну миллю на галлон может снизить выбросы парниковых газов в таком же объеме, как и всё существующее в Соединенных Штатах производство этанола из кукурузы (Tollefson, 2008). В работе Doornbosch and Steenblik (2007) было рассчитано, что сокращение выбросов парниковых газов за счет биотоплива в Соединенных Штатах Америки будет стоить более 500 долларов США в плане субсидий на тонну двуокиси углерода (для этанола на основе кукурузы), и еще дороже, 4520 долларов США, в ЕС (для этанола из сахарной свеклы и кукурузы); это значительно превосходит рыночные цены компенсаций за снижение выбросов двуокиси углерода. В работе Enkvist, Naucler and Rosander (2007) сообщается, что издержки на сокращение выбросов двуокиси углерода с помощью сравнительно простых мер по снижению потребления энергии, таких как улучшение изоляции новых зданий или повышение эффективности отопительных систем и систем кондиционирования воздуха, составляют менее 40 евро за тонну.

Стремительно, практически еженедельно, происходит совершенствование научных и

политических аспектов устойчивого развития биоэнергетики. Всестороннее понимание важных вопросов, включая изменение характера землепользования и правильную оценку балансов парниковых газов, является необходимым условием для обеспечения положительного и устойчивого воздействия биоэнергетических культур на меры по защите климата. Сложность факторов, связанных с изменениями в структуре землепользования, привела к их исключению из большинства работ по анализу биоэнергетических жизненных циклов, несмотря на то, что такие изменения представляют собой важнейшую часть информации, которую государства должны учитывать при выработке национальной биоэнергетической политики.

Помимо воздействия процесса производства сырья на выбросы парниковых газов, также переработка и распределение биотоплива могут оказывать воздействие на окружающую среду. Как и в углеводородном секторе, переработка биотопливного сырья может ухудшить качество воздуха в конкретном районе, увеличив в нем содержание угарного газа, пыли, окиси азота, сульфатов и летучих органических соединений, выделяющихся в процессе промышленного производства (Dufey, 2006). Однако биотопливо способно не только до определенной степени заменить традиционную биомассу, такую как топливная древесина и древесный уголь, но и кардинально улучшить здоровье людей, особенно женщин и детей, путем снижения количества заболеваний дыхательных путей и смертности, причиной которых является загрязнение воздуха внутри помещений.

В некоторых случаях государственное законодательство требует от импортеров подтверждения устойчивого развития сельскохозяйственных земель, сохранения естественных сред обитания, а также указания минимального уровня экономии двуокиси углерода для различных видов биотоплива. Некоторые страны и региональные организации (например, Соединенные Штаты Америки и ЕС) предложили, чтобы общий баланс парниковых газов при использовании биотоплива был на 35-40 процентов ниже по сравнению с бензином. Всесторонний анализ указанных вопросов важен для всех субъектов деятельности, особенно для экспортеров биоэнергетических культур или топлива, поскольку результаты такого анализа могут служить основой для инвестирования средств, принятия производственных решений и обеспечения товарности продукции.

Изменения в структуре землепользования и его интенсификация

В предыдущем разделе подчеркивалось влияние изменений в характере землепользования на баланс парниковых газов при производстве биотоплива. Оценивая потенциальное воздействие расширения производства биотоплива на выбросы, необходимо ясно представлять, в какой мере рост производства будет обеспечиваться за счет повышения плодородия земли, а в какой - расширения обрабатываемых площадей (в последнем случае имеет значение и категория земли). Технологии сельскохозяйственного производства также вносят вклад в определение баланса парниковых газов. Оба этих фактора будут определять и другие виды экологического

воздействия, связанного с земельными и водными ресурсами и с биологическим разнообразием.

За последние пять десятилетий наибольший прирост глобального производства сельскохозяйственной продукции (примерно 80 процентов) был достигнут за счет повышения урожайности, а оставшаяся часть — за счет расширения посевных площадей и увеличения частоты обработки земель (FAO, 2003; Hazell and Wood, 2008). В последние несколько лет темпы роста спроса на биотопливо значительно превышают исторически сложившиеся темпы роста спроса на сельскохозяйственные товары и урожайности культур. Это означает, что изменения в структуре землепользования и связанные с этим экологические последствия могут приобрести большее значение в решении вопросов технологий как первого, так и второго поколений. В ближайшей

ВСТАВКА 10

Биотопливо и Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата

Хотя не существует международных соглашений, касающихся именно биоэнергетики, Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИК ООН) является для государств-членов руководством в этой связи: «Стороны ... по мере возможности учитывают связанные с изменением климата соображения при проведении своей соответствующей социальной, экономической и экологической политики и принятии мер ... с целью свести к минимуму отрицательные последствия для экономики, здоровья общества и качества окружающей среды проектов или мер, осуществляемых ими с целью смягчения воздействия изменения климата или приспособления к нему» (РКИК ООН, 1992, Статья 4). Киотский протокол, срок действия которого истекает в 2012 году, предоставляет солидную современную основу для содействия внедрению чистых технологий, таких как технологии, касающиеся возобновляемых источников энергии.

Механизм чистого развития (МЧР), как один из механизмов гибкого подхода в рамках Киотского протокола, был разработан

с целью оказания помощи сторонам, не включенным в Приложение I, в достижении устойчивого развития и во внесении вклада в достижение конечной цели Конвенции, а также для оказания помощи сторонам, включенным в Приложение I, в деле соблюдения количественных квот выбросов и обязательств по сокращению выбросов. С момента создания МЧР в 2005 г. проекты в области энергетической промышленности преобладали над другими видами проектов, зарегистрированных в МЧР, включая проекты биоэнергетики. В области биоэнергетики имеется несколько методик для проектов, использующих биомассу для производства энергии, хотя лишь ограниченное количество методик разработки биотоплива уже утверждено. Существует биотопливная методика, базирующаяся на отработанном масле, а методика производства биотоплива из культивируемой биомассы находится на стадии разработки.

Источник: FAO, на основе материала, представленного Секретариатом РКИК ООН.

перспективе спрос на биотопливо может быть удовлетворен в основном за счет увеличения площадей, отведенных под культуры, которые используются для его производства, тогда как в среднесрочной и долгосрочной перспективе доминирующие позиции могут занять усовершенствованные биотопливных культур, изменения в агротехнике и новые технологии (такие как переработка целлюлозы). Значительный рост урожайности и технологические достижения являются необходимым условием устойчивого производства сырья для биотоплива, позволяющим сводить к минимуму стремительные изменения в характере землепользования на уже обрабатываемых площадях, а также переориентацию земель, не занятых под производство сельскохозяйственных культур, таких как луга или лесные угодья.

Расширение площади пахотных земель

Из 13,5 миллиарда гектаров мировых земельных ресурсов примерно 8,3 миллиарда гектаров занимают луга и лесные угодья, а 1,6 миллиарда гектаров - пахотные земли (Fischer, 2008). Еще 2 миллиарда гектаров рассматриваются в качестве потенциально пригодных для производства неорошаемых культур, как

показано на рисунке 24, хотя относиться к этим данным следует с большой осторожностью. Большая часть лесов, болот, а также других видов земель имеет важное экологическое значение, обеспечивая улавливание углерода, фильтрацию влаги и сохранение биологического разнообразия. Поэтому расширение производства культур на таких площадях может нанести вред окружающей среде.

За исключением лесных угодий, охраняемых территорий и земель, необходимых для удовлетворения возросшего спроса на продовольственные культуры и продукты животноводства, количество земли, которая могла бы использоваться для расширения производства сельскохозяйственных культур, оценивается в пределах от 250 до 800 миллионов гектаров, причем большая ее часть расположена в тропической зоне Латинской Америки и в Африке (Fischer, 2008).

Некоторые из таких земель могут напрямую использоваться для производства биотопливного сырья, однако рост производства биотоплива на существующих пахотных землях также может привести к расширению производства культур, не имеющих отношения к биотопливу, в других районах. Например, расширенное производство кукурузы

РИСУНОК 24

Потенциал расширения площади пахотных земель



Источник: ФАО (FAO, 2003).

для этанола в центральной части Соединенных Штатов Америки вытеснило с существующих пахотных земель сою, что, в свою очередь, может вызвать расширение производства сои и перевод лугов и лесных угодий в других местах в категорию посевных площадей. Таким образом, для полного понимания возможных экологических последствий необходимо учитывать как прямые, так и опосредованные изменения характера землепользования, которые происходят вследствие расширения производства биотоплива.

В 2004 году для производства биотоплива и побочных продуктов в мире использовалось примерно 14 миллионов гектаров земли, или около 1 процентов всех пахотных угодий (IEA, 2006, стр. 413).¹¹ В настоящее время сахарный тростник в Бразилии выращивается на 5,6 миллиона гектаров, и 54 процентов урожая этой культуры (собираемого примерно с 3 миллионов гектаров земель) используется для производства этанола (Naylor *et al.*, 2007). В 2004 году фермеры Соединенных Штатов Америки собрали урожай кукурузы с 30 миллионов гектаров, при этом 11 процентов (около 3,3 миллиона гектаров) было использовано для производства этанола (Searchinger *et al.*, 2008). В 2007 году площадь земель, занятых под выращивание кукурузы в Соединенных Штатах Америки, увеличилась на 19 процентов (Naylor *et al.*, 2007; см. также Westcott, 2007, стр. 8). Во время как площадь земель, занятых под сою, в Соединенных Штатах Америки сократилась на 15 процентов, ожидается, что в Бразилии она увеличится на 6–7 процентов, т.е. до 43 миллионов гектаров (FAO, 2007с).

Как отмечалось в главе 4, по прогнозам МЭА в ближайшие несколько десятилетий во всем мире произойдет — в зависимости от проводимой политики — трех- или даже четырехкратное расширение площадей для производства биотоплива и его побочных продуктов; еще быстрее это расширение будет происходить в Европе и в Северной Америке. По прогнозам ОЭСР–ФАО (OECD-FAO, 2008) такие земли появятся в результате глобального изменения в ближайшее десятилетие структуры

землепользования в сторону зерновых культур. Под необходимые дополнительные площади будут отведены пахотные земли, которые заняты незерновыми культурами, в Австралии, Канаде и Соединенных Штатах Америки; резервные земли, подпадающие под Программу восстановительной консервации сильноэродированных земель ЕС и Соединенных Штатов Америки, а также новые, в настоящее время не обрабатываемые земли, особенно в Латинской Америке. Некоторые земли, культивация которых в прошлом была невыгодной, могут начать приносить прибыль по мере роста товарных цен, а с повышением спроса на биотопливо и его сырье можно ожидать изменения экономической обоснованности земель (Nelson and Robertson, 2008). Например, в таких странах как Казахстан, Российская Федерация и Украина, после распада Союза Советских Социалистических Республик 23 миллиона гектаров были выведены из категории посевных земель (главным образом земель возделывания зерновых); примерно 13 миллионов гектаров этих площадей можно вернуть в производство без особых экологических затрат при условии сохранения высоких цен на зерно и размера прибыли, а также осуществления необходимых инвестиций в инфраструктуру обработки, хранения и транспортировки (FAO, 2008е).

Ожидается, что в ближайшие десять лет плантации сахарного тростника в Бразилии увеличатся почти вдвое до 10 миллионов гектаров; это может привести наряду с расширением площадей, используемых для выращивания сои, к вытеснению пастбищ для скота и других культур, косвенным образом увеличивая нагрузки на невозделанные земли (Naylor *et al.*, 2007). Китай «обязался предотвратить возвращение к производству пропашных культур» на землях, включенных в программу Зерно для озеленения, однако это может увеличить нагрузку на ресурсы в других странах, таких как Камбоджа и Лаосская Народно-Демократическая Республика (Naylor *et al.*, 2007).

Анализ, проведенный в недавней работе Searchinger *et al.* (2008), показывает потенциальную значимость косвенных изменений в структуре землепользования, вызванных развитием биотопливногo сектора. Авторы считают, что к 2016 году площади, отведенные под кукурузу для производства этанола в Соединенных Штатах Америки, могут увеличиться до 12,8 миллиона гектаров и более в зависимости от политики и конъюнктуры

¹¹ Конечное назначение большей части сырья для биотоплива первого поколения (например, кукурузы, сахарного тростника, рапса и пальмового масла) на стадии выращивания определить невозможно, поэтому оценка площадей, используемых для культивирования биотопливногo сырья, проводилась на основе данных о производстве биотоплива.

рынка. Связанное с этим сокращение площадей, отведенных под сою, пшеницу и другие зерновые, обусловит рост цен и вызовет расширение производства этих культур в других странах. Это, в свою очередь, может привести к вовлечению в оборот примерно 10,8 миллиона гектаров дополнительных земель во всем мире, в том числе к увеличению на 2,8 миллиона гектаров площади пахотных земель в Бразилии (главным образом под сою) и на 2,2 миллиона гектаров в Китае и Индии (в основном под кукурузу и пшеницу). Если прогнозируемое расширение пахотных земель будет соответствовать сценарию 1990-х годов, то в основном оно будет происходить за счет лесных угодий в Европе, Латинской Америке, Юго-Восточной Азии и на территории Африки к югу от Сахары, а также за счет пастбищ в других районах. Ключевым моментом в этом сценарии является допущение, что повышение цен не ускорит роста урожайности, по крайней мере в краткосрочной перспективе.

В других исследованиях также подчеркиваются возможные косвенные изменения характера землепользования в результате проведения политики в поддержку производства биотоплива (Birur, Hertel and Tyner, 2007). Выполнение текущих обязательств и планов в области биотоплива в ЕС и в Соединенных Штатах Америки значительно увеличит долю внутреннего производства сырья для биотоплива при одновременном уменьшении экспорта продукции и повышении спроса на импорт. Возможным результатом станет расширение площадей, отводимых под фуражные зерновые культуры, на 11-12 процентов в Канаде и Соединенных Штатах Америки к 2010 году и на 12–21 процентов под масличные культуры в Бразилии, Канаде и ЕС. Согласно оценкам, произойдет удвоение цен на землю в Бразилии в результате роста спроса на зерно, масличные культуры и сахарный тростник; это свидетельствует о том, что принятие ЕС и Соединенными Штатами Америки обязательств в отношении биотоплива может привести к значительной нагрузке на экосистемы в других частях света, таких как тропические леса Амазонки. В работе Banse *et al.* (2008) также предсказывается значительное расширение сельскохозяйственного землепользования, особенно в Африке и Латинской Америке, в результате осуществления политики обязательного смешивания биотоплива в Канаде, ЕС, Японии, Южной Африке и Соединенных Штатах Америки.

Интенсификация землепользования

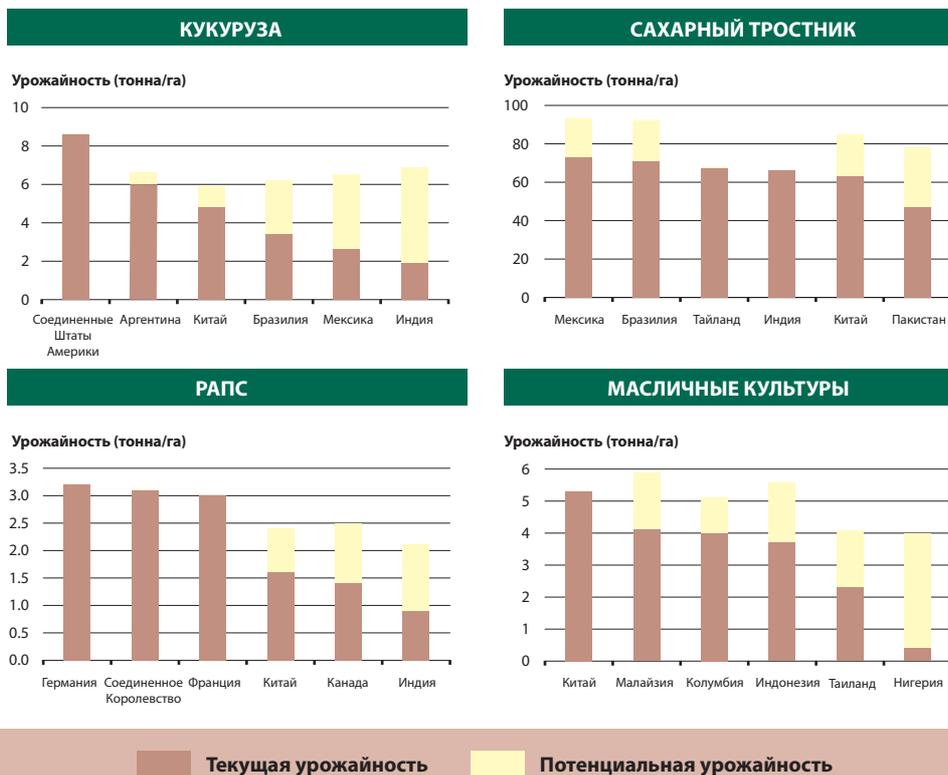
Хотя расширение производства сырья для биотоплива, по-видимому, сыграет значительную роль в удовлетворении растущего спроса на биотопливо в последующие несколько лет, оно должно одновременно сопровождаться интенсификацией землепользования за счет усовершенствования технологий и практики управления, без чего невозможно будет обеспечивать устойчивость производства в долгосрочной перспективе. Исторически повышение урожайности сельскохозяйственных культур в густонаселенной Азии было более значительным, чем на территории Африки к югу от Сахары и в Латинской Америке; в большей степени это характерно для риса и пшеницы и в меньшей — для кукурузы. В достижении такого роста урожайности важную роль сыграли крупные государственные и частные инвестиции в исследования по усовершенствованию генетического материала, вводимых ресурсов, систем водопользования и агротехники (Hazell and Wood, 2008; Cassman *et al.*, 2005).

Несмотря на значительный прирост урожайности на глобальном уровне и в большинстве регионов, урожайность на территории Африки к югу от Сахары по-прежнему невысока. Фактическая урожайность во многих областях ниже той, которая соответствует их потенциалу, как показано на рисунке 25, что говорит о необходимости проведения большой работы для увеличения производства на имеющихся пахотных площадях. В работе Evenson and Gollin (2003) отмечается значительное отставание в плане введения в оборот современных высокоурожайных сортов, особенно в Африке. Африка также недостаточно активно по сравнению с другими регионами использует прочие технологии повышения урожайности, такие как комплексные методы борьбы с сельскохозяйственными вредителями и регулирования питательных веществ, ирригация и противоэрозийная обработка почвы.

Подобно тому, как повышение спроса на биотопливо приводит к прямым и косвенным изменениям в структуре землепользования, оно может также стать причиной изменений урожайности как напрямую в производстве сырья для биотоплива, так и опосредованно в производстве других сельскохозяйственных

РИСУНОК 25

Потенциал увеличения урожайности отдельных сельскохозяйственных культур, являющихся сырьем для производства биотоплива



Примечание: В некоторых странах текущая урожайность превышает потенциальную в результате ирригации, сбора нескольких урожаев в год, использования вводимых ресурсов и различных прикладных методов производства.

Источник: ФАО.

культур, при условии вложения достаточных средств в усовершенствование инфраструктуры, технологии и доступа к информации, знаниям и рынкам. Авторы ряда аналитических исследований начинают проводить оценку изменений в характере землепользования, к которым может привести повышение спроса на биотопливо, однако пока недостаточно эмпирических данных, чтобы предсказать, каким образом это скажется на урожайности — прямо или опосредованно и насколько быстро. В одном из таких исследований специалисты по бразильскому этанолу полагают, что даже без генетической модификации сахарного тростника в ближайшие десять лет можно добиться роста урожайности примерно на 20 процентов только за счет усовершенствования управления производственной цепочкой (Squizzato, 2008).

Для обеспечения экономической эффективности некоторых культур, которые в настоящее время используются в качестве сырья для производства жидкого биотоплива, требуются высококачественные сельскохозяйственные угодья, внесение в почву значительного количества удобрений и пестицидов, а также орошение. Степень конкуренции за ресурсы между энергетическими культурами, с одной стороны, и продовольственными и кормовыми культурами, с другой, будет зависеть, кроме всего прочего, от роста урожайности, продуктивности кормов и технологий переработки биотоплива. Эту конкуренцию можно снизить благодаря повышению урожайности за счет применения технологий второго поколения, основанных на лигноцеллюлозном сырье.

Как производство биотоплива повлияет на воду, почву и биоразнообразие?

Интенсификация систем сельскохозяйственного производства сырья для биотоплива и переориентация имеющихся и новых пахотных земель будут иметь экологические последствия, которые выходят за рамки влияния на выбросы парниковых газов. Характер и выраженность этих последствий зависят от таких факторов как масштабы производства, виды сырья, методы обработки земли и землепользования, местоположение и способы дальнейшей переработки. В настоящий момент существует недостаточно данных о воздействии, которое напрямую связано с интенсифицированным производством биотоплива, однако большинство проблем в этой области схожи с проблемами, уже наблюдающимися в сельскохозяйственном производстве: истощение и загрязнение водных ресурсов, деградация почвы и истощение питательных веществ, а также утрата природного и сельскохозяйственного биоразнообразия.

Воздействие на воду

Во многих ситуациях именно нехватка воды, а не земли, может оказаться главным ограничивающим фактором производства сырья для биотоплива. Около 70 процентов пресной воды в мире расходуется на сельскохозяйственные нужды (Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, 2007). Многие страны испытывают все больший дефицит водных ресурсов для сельского хозяйства в результате роста конкуренции с бытовым и промышленным

использованием. Кроме того, нагрузка на уже и без того недостаточные ресурсы в дальнейшем увеличится в связи с ожидаемыми последствиями климатических изменений, такими как уменьшение количества осадков и стоков в некоторых основных регионах-производителях (включая Ближний Восток, Северную Африку и Южную Азию).

В настоящее время при производстве биотоплива во всем мире расходуется около 100 км³ (или 1 процент) всей воды, поглощаемой сельскохозяйственными культурами, и около 44 км³ (или 2 процентов) всей воды, используемой для полива (de Fraiture, Giordano and Yongsong, 2007). Для достижения промышленных объемов при производстве многих культур, которые в настоящее время используются для выработки биотоплива, таких как сахарный тростник, масличная пальма и кукуруза, требуется сравнительно много воды (см. таблицу 10), следовательно, такие культуры больше подходят для тропических областей с высоким уровнем осадков или тех мест, где возможно искусственное орошение. (Доля биотопливно сырья, производимого в условиях дождевого полива, достигает высоких показателей в Бразилии — 76 процентов производства сахарного тростника, а также в Соединенных Штатах Америки — 70 процентов производства кукурузы.) Даже многолетним растениям, таким как ятрофа и понгамия, которые можно выращивать в полусухих областях на маргинальных или деградированных землях, в течение сухого и жаркого лета может потребоваться орошение. Более того, процесс переработки сырья в биотопливо может потребовать большого количества воды, в основном для промывки растений и семян и испарительного

ТАБЛИЦА 10

Потребности в воде для культур, используемых в производстве биотоплива

С/х культура	Годовой получаемый выход топлива (литры/га)	Выход по энергии (ГДж/га)	Эквивалент суммарного испарения (литры/литр топлива)	Потенциальное суммарное испарение для культуры (мм/га)	Суммарное испарение для неорошаемой культуры (мм/га)	Потребности в воде для орошаемой культуры (мм/га) ¹ (литры/литр топлива)	
Сахарный тростник	6 000	120	2 000	1 400	1 000	800	1 333
Кукуруза	3 500	70	1 357	550	400	300	857
Масличная пальма	5 500	193	2 364	1 500	1 300	0	0
Рапс	1 200	42	3 333	500	400	0	0

¹ При условии 50-процентной эффективности орошения.

Источник: ФАО.

охлаждения. Однако именно орошаемое производство основных видов сырья для биотоплива окажет наибольшее воздействие на местный баланс водных ресурсов. Многие регионы, производящие сахар на орошаемых землях в Южной и Восточной Африке и на северо-востоке Бразилии, практически исчерпали гидрологические возможности используемых речных бассейнов. Это касается речных бассейнов Аваша, Лимпопо, Мапуту, Нила и Сан-Франциско.

Даже если в некоторых областях потенциал для расширения орошаемых площадей может показаться высоким благодаря наличию водных и земельных ресурсов, фактические объемы роста производства биотоплива в условиях орошения на имеющихся или новых орошаемых землях ограничиваются требованиями к инфраструктуре, обеспечивающей доставку воды, и существующими системами землевладения, которые могут не соответствовать системам промышленного производства. В равной степени расширение может сдерживаться более высокими предельными издержками, связанными с хранением воды (наиболее экономичные площади уже задействованы) и приобретением земли. На рисунке 26 показано, что потенциал роста в регионах Ближнего Востока и Северной Африки приближается

к своему пределу. В то же время в Южной, Восточной и Юго-Восточной Азии при избытии водных ресурсов имеется очень мало земель для дополнительного сельскохозяйственного производства с использованием орошения. Наибольший потенциал для расширения имеется лишь в Латинской Америке и Африке к югу от Сахары. Однако, судя по прогнозам, в последнем упомянутом регионе уровень расхода воды на орошение, который до настоящего времени остается низким, будет медленно повышаться.

Расширение производства сельскохозяйственных культур для биотоплива повлияет как на качество, так и на количество воды. Превращение пастбищ и лесов в поля кукурузы, например, может усугубить такие проблемы как эрозия почв, отложение и сток избыточных питательных веществ (азотных и фосфорных) в поверхностные воды, а также инфильтрация в подземные воды излишков внесенных удобрений. Избыток азота в системе реки Миссисипи является основной причиной возникновения бескислородной «мертвой зоны» в Мексиканском заливе, в которой не способны существовать многие виды морской фауны. В работе Runge and Senauer (2007) утверждается, что с вытеснением кукурузно-соевого севооборота постоянными посадками кукурузы для производства этанола в Соединенных Штатах Америки эти проблемы

РИСУНОК 26

Потенциал расширения площади орошаемых земель



Источник: ФАО.

будут обостряться вследствие более широкого применения азотных удобрений и их стока.

Производство биодизеля и этанола является причиной органического загрязнения сточных вод, что при отсутствии должных мер может привести к усилению эвтрофикации поверхностных водоемов. Однако, используя современные технологии очистки сточных вод, можно эффективно бороться с органическими загрязнениями и отходами. Системы ферментации могут снизить биологическую потребность в кислороде в сточных водах более чем на 90 процентов, поэтому вода может повторно использоваться в технологическом процессе, а метан может поглощаться системой очистки и применяться для производства электроэнергии. Что касается стадий распределения и хранения, то, поскольку этанол и биодизель распадаются под воздействием микроорганизмов, они оказывают при утечке и разлинии меньшее негативное воздействие на почву и водные ресурсы по сравнению с ископаемым топливом.

В Бразилии, где сахарный тростник для производства этанола выращивается главным образом в условиях дождевого полива, наличие воды не является сдерживающим фактором, однако большую озабоченность вызывает загрязнение воды, связанное с применением удобрений и агрохимикатов, эрозией почв, промыванием сахарного тростника и другими стадиями процесса производства этанола (Moreira, 2007). Большая часть заводской сточной воды (барды) используется для орошения и удобрения плантаций сахарного тростника, уменьшая таким образом потребность в воде и риск эвтрофикации.

Пестициды и другие химикаты могут вымываться в водоемы и ухудшать качество воды. Потребность в удобрениях и пестицидах заметно различается для кукурузы, сои и другого биотопливного сырья. Среди основных видов сырья для кукурузы характерна самая высокая норма внесения удобрений и пестицидов на гектар. Производство биотоплива из сои и другой малоудобряемой и весьма разнообразной биомассы степных районов требует на единицу вырабатываемой энергии лишь небольшую часть азота, фосфора и пестицидов, применяемых для производства биотоплива из кукурузы, и, соответственно, не оказывает такого негативного воздействия на качество воды (Hill *et al.*, 2006; Tilman, Hill and Lehman, 2006).

Воздействие на почву

Негативное воздействие на почву оказывают как изменения в структуре землепользования, так и интенсификация сельскохозяйственного производства на существующих пахотных угодьях, однако такое воздействие в значительной степени зависит от сельскохозяйственных технологий для всех без исключения культур. Неприемлемые методы выращивания сельскохозяйственных культур могут уменьшить содержание в почве органических веществ и усилить ее эрозию в результате удаления постоянного почвенного покрова. Устранение остатков растений может ухудшить питательный состав почвы и усилить выделение парниковых газов вследствие утраты почвенного углерода.

С другой стороны, почвозащитная обработка, севооборот и другие усовершенствованные методы ведения сельского хозяйства при благоприятных условиях могут снизить негативное воздействие или даже улучшить состояние окружающей среды наряду с расширением производства биотопливного сырья. Выращивание многолетних растений, таких как пальма, быстрорастущие порослевые насаждения, сахарный тростник или просо, вместо однолетних культур может улучшить состояние почвы благодаря увеличению почвенного покрова и повышению уровня органического углерода. Если в дополнение к этому отказаться от пахотной обработки и вносить меньшее количество удобрений и пестицидов, то можно добиться положительного воздействия на биоразнообразие.

Виды сырья отличаются друг от друга по воздействию на почву, потребностям в питательных веществах и необходимой им степени подготовки почвы. В материалах МЭА (IEA, 2006, стр. 393) отмечается, что в целом сахарный тростник оказывает более слабое воздействие на почву, чем рапс, кукуруза и другие зерновые. Качество почвы поддерживается благодаря рециркуляции питательных веществ, содержащихся в отходах сахарных и ликероводочных заводов, однако расширение использования багассы в качестве источника энергии при производстве этанола уменьшает рециркуляцию. Экстенсивные системы производства требуют повторного использования отходов для обеспечения рециркуляции питательных веществ и поддержания плодородия почвы; в случае травяных культур и кукурузы, как правило,

удается собрать лишь 25–33 процента отходов сельхозкультур без ущерба для окружающей среды (Doornbosch and Steenblik, 2007, стр. 15, ссылка на Wilhelm *et al.*, 2007). В условиях повышенного спроса на энергию, ведущего к созданию рынка отходов сельхозкультур, и при отсутствии правильной организации процесса такие отходы используются для производства различных видов биотоплива, что может в потенциале оказывать пагубное воздействие на качество почвы, и особенно на ее органический состав (Fresco, 2007).

В работе Hill *et al.* (2006) установлено, что производство сои для биодизельного топлива в Соединенных Штатах Америки требует намного меньше удобрений и пестицидов на единицу произведенной энергии, чем возделывание кукурузы. Однако авторы исследования утверждают, что оба вида сырья требуют большего количества вводимых ресурсов и наличия более качественных земель по сравнению с сырьем второго поколения, таким как просо, древесные растения или различные сочетания луговых трав и травянистых растений (см. также Tilman, Hill and Lehman, 2006). Многолетние лигноцеллюлозные культуры, такие как эвкалипт, тополь, ива или травы, не нуждаются в такой интенсивной обработке и требуют меньших затрат ископаемого топлива в качестве вводимого ресурса; кроме того, их можно выращивать на малопродуктивной земле, при этом содержание почвенного углерода и качество почвы со временем, как правило, повышаются (IEA, 2006).

Воздействие на биоразнообразие

Производство биотоплива может оказать определенное положительное воздействие на природное и сельскохозяйственное биоразнообразие, например, за счет восстановления деградированных земель, однако в основном его влияние будет носить отрицательный характер, к примеру, в случаях, когда природные ландшафты будут переориентированы на производство энергетических культур или при осушении болот (CBD, 2008). В целом, при расширении пахотных земель природному биоразнообразию грозит потеря среды обитания, тогда как биоразнообразие сельского хозяйства может пострадать от масштабного перехода на выращивание монокультур, что означает использование узкого генетического пула, а это приводит к сокращению использования традиционных сортов.

Первый путь, ведущий к утрате биоразнообразия, это исчезновение мест обитания в результате репрофилирования земель, например, использование лесов или лугов для возделывания энергокультур. Как отмечается в материалах КБР (CBD, 2008), многие современные биоэнергетические культуры лучше подходят для тропиков. Это повышает экономические стимулы в странах, имеющих благоприятные возможности для производства биотоплива, к преобразованию естественных экосистем в плантации по производству биоэнергетического сырья (например, масличной пальмы), что приводит к сокращению природного биоразнообразия в таких районах. Несмотря на то, что плантации масличной пальмы не нуждаются даже на бедных почвах в большом количестве удобрений или пестицидов, их расширение приведет к сокращению площадей тропических лесов. В сообщениях, поступающих из некоторых стран, указывается, что в результате перевода земель на производство сырья для биотоплива происходит утрата мест обитания (Curran *et al.*, 2004; Soyka, Palmer and Engel, 2007), но данные и результаты анализа, необходимые для проведения оценки степени и последствий такого сокращения, все еще отсутствуют. В работе Nelson and Robertson (2008) рассматривается, каким образом повышение цен на товары, вызванное возросшим спросом на биотопливо, может влиять на землепользование и интенсификацию производства в Бразилии. Авторы обнаружили, что расширение сельскохозяйственного производства вследствие роста цен может угрожать районам с богатым разнообразием видов птиц.

Второй основной путь — это утрата биоразнообразия сельского хозяйства, вызванная интенсификацией производства на пахотных угодьях, которая проявляется в генетической однородности культур. Большинство плантаций биотопливного сырья используется для выращивания одного вида культуры. Высказываются также опасения по поводу низкого уровня генетического разнообразия трав, используемых в качестве сырья, таких как сахарный тростник (The Royal Society, 2008); это усиливает восприимчивость данных культур к новым вредителям и болезням. Для такой культуры как ятрофа, напротив, характерна чрезвычайно высокая степень генетического разнообразия, большая часть которого не усовершенствована, что создает широкий диапазон генетических характеристик,

снижающий коммерческую ценность данной культуры (IFAD/FAO/UNF, 2008).

В отношении сырья второго поколения следует отметить, что некоторые из популяризируемых видов классифицируются как инвазивные, а это вызывает новые проблемы в плане их регулирования и избежания непредвиденных последствий. Более того, многие ферменты, необходимые для переработки таких видов, генетически модифицированы с целью повышения продуктивности и с ними следует обращаться очень осторожно с применением промышленных технологий, обеспечивающих их изоляцию (CFC, 2007).

Положительное воздействие на биоразнообразие было отмечено на деградированных или маргинальных землях, на которых были внедрены новые сочетания многолетних видов для восстановления функций экосистем и увеличения биоразнообразия (CBD, 2008). Экспериментальные данные, полученные на опытных участках деградированных или заброшенных земель (Tilman, Hill and Lehman, 2006), свидетельствуют о том, что малозатратные, отличающиеся большим разнообразием сочетаний местные многолетние луговые растения оказывают целый ряд экосистемных услуг, включая обеспечение мест обитания для дикой фауны и флоры, фильтрацию воды и улавливание углерода; характеризуются высокими показателями чистого прироста энергии (количество энергии, выделяющейся при сжигании), способностью более существенного сокращения выбросов парниковых газов и меньшего сельскохозяйственного загрязнения в сравнении с кукурузой для получения этанола и соей для получения биодизеля; повышают свою эффективность с увеличением числа видов. Кроме того, авторы этого исследования также выяснили, что просо может давать высокий урожай на плодородных почвах, особенно при внесении удобрений и пестицидов, однако его урожайность на бедных почвах значительно ниже, чем разнообразных местных многолетников.

Можно ли использовать маргинальные земли для производства биотоплива?

Маргинальные или деградированные земли нередко характеризуются недостатком воды (что сдерживает рост растений и снижает доступность питательных веществ), а также низкой плодородностью и высокими температурами воздуха. Обычными проблемами таких территорий является деградация растительного покрова, водная и ветровая эрозия, засоление, уплотнение почвы и образование почвенной корки, а также истощение запасов питательных веществ. В некоторых местах также может происходить загрязнение, окисление, ошелачивание и заболачивание почв.

Биотопливные культуры, способные переносить условия, в которых гибнут продовольственные культуры, позволяют использовать для возделывания землю, приносящую в настоящий момент незначительные экономические выгоды. Возможными «кандидатами» на такую роль являются маниока, касторник, сладкое сорго, ятрофа и понгамия, а также засухоустойчивые древесные культуры, такие как эвкалипт. Важно отметить, однако, что маргинальные земли нередко обеспечивают источники средств к существованию для сельской бедноты, и во многих случаях за счет сельскохозяйственной деятельности женщин. От характера и надежности прав бедного населения на землю будет зависеть, выиграет ли оно или проиграет от внедрения производства биотоплива на маргинальных землях.

Нередко можно слышать заявления о том, что существуют значительные участки маргинальных земель, которые могли бы быть задействованы в производстве биотоплива, а это сгладило бы соперничество с продовольственными культурами и обеспечило бы бедным фермерам новый источник дохода. Хотя такие земли менее производительны и подвержены более высоким рискам, использование их в качестве биоэнергетических плантаций может дать дополнительные выгоды, такие как восстановление деградированной растительности, улавливание углерода и обеспечение местных экологических услуг. Однако в большинстве стран вопрос о пригодности таких земель для устойчивого производства биотоплива изучен слабо.

Выращивание любых культур на маргинальных землях с низкой увлажненностью и плохими питательными свойствами будет приводить к снижению урожайности. Засухоустойчивые ятрофа и сладкое сорго не являются исключением. Чтобы обеспечить коммерчески приемлемые уровни урожайности, не следует подвергать растительные и древесные виды стрессу, превышающему определенные пределы; фактически, благоприятное воздействие на такие виды окажет введение умеренного количества дополнительных ресурсов. Усовершенствованные культуры могут обеспечить потенциал развития в долгосрочной перспективе, но чтобы гарантировать экономически значимую урожайность, понадобится достаточное количество питательных веществ и воды, а также надлежащее управление, а это означает, что даже выносливые культуры, выращиваемые на маргинальных землях, все равно будут в некоторой степени конкурировать с продовольственными культурами за такие ресурсы как питательные вещества и вода.

Многочисленные исследования подтверждают, что размер экономических выгод от использования плодородных сельскохозяйственных земель обычно превосходит любые дополнительные затраты. Следовательно, существует высокая вероятность того, что устойчивый спрос на биотопливо усилит нагрузку на плодородные земли, на которых можно получать высокий доход (Azar and Larson, 2000).

Обеспечение экологически устойчивого производства биотоплива

Надлежащая практика

Цель надлежащей практики заключается в том, чтобы применять имеющиеся знания для достижения устойчивости производства, сбора и переработки биотопливного сырья на фермах. Эта цель относится к вопросам управления природными ресурсами, такими как земля, почва, вода и биоразнообразие, а также к анализу жизненного цикла, который используется для оценки выбросов парниковых газов и определения степени влияния конкретного биотоплива на изменение климата в сравнении с ископаемым топливом. Для достижения устойчивого развития

биоэнергетики внедрение надлежащей практики необходимо в таких областях как: защита почвы, водных ресурсов и сельскохозяйственных культур; управление энергетическими и водными ресурсами; обеспечение почвы питательными веществами и применение агрохимикатов; сохранение биоразнообразия и ландшафтов; сбор урожая, переработка и распределение.

Природоохранное сельское хозяйство является одним из практических подходов, направленных на достижение устойчивости и прибыльности сельского хозяйства для фермеров и сельского населения за счет минимального нарушения почв, обеспечения постоянного органического почвенного покрова и севооборота различных видов культур. В контексте целенаправленного внимания на современные вопросы хранения углерода и развития технологий, снижающих энергоемкость, целесообразность этого подхода становится все более очевидной. Такой подход оправдывает себя также в ситуациях, когда не хватает рабочей силы и необходимо сохранять почвенную влагу и плодородие. Вмешательства, подобные механической вспашке, сводятся к минимуму, а введение ресурсов, таких как агрохимикаты и минеральные или органические удобрения, производится на оптимальном уровне и в количествах, не нарушающих биологические процессы. Эффективность природоохранного сельского хозяйства была продемонстрирована в ряде агроэкологических зон и систем фермерского хозяйства.

Надлежащая сельскохозяйственная практика в сочетании с надлежащей лесохозяйственной практикой способна значительно снизить экологические издержки, связанные с возможной популяризацией устойчивой интенсификации сельского хозяйства на окраинах лесов. При наличии в составе возделываемых культур биоэнергетических культур можно рассмотреть подходы на основе интеграции методов ведения сельского, лесного, пастбищного и животноводческого хозяйств.

Стандарты, критерии устойчивости и их соблюдение

Хотя многочисленные и разнообразные экологические последствия развития биоэнергетики по существу не отличаются от последствий других форм ведения сельского хозяйства, на повестке дня остается вопрос о том, каким образом их лучше всего оценивать и учитывать в сельскохозяйственной практике.

ВСТАВКА 11

Ятрофа — «чудо-культура»?

В качестве энергетической культуры ятрофа (*Jatropha curcas* (L.)) постоянно находится в центре внимания. Это растение устойчиво к засухе, хорошо растет на маргинальных землях, нуждается лишь в умеренных осадках — от 300 до 1000 мм в год, его легко культивировать, оно помогает восстанавливать истощенную почву и быстро растет. Благодаря своим характеристикам ятрофа привлекательна для многих развивающихся стран, которые обеспокоены уменьшением лесного покрова и истощением почв и ищут такую энергетическую культуру, которая бы в минимальной степени конкурировала с продовольственными культурами. В то же время это небольшое дерево после двух–пяти лет дает семена, которые содержат 30 процентов масла от веса ядра — масла, которое уже используется в производстве мыла, свечей и косметики и по медицинским свойствам аналогично касторовому маслу, но при этом может применяться в кулинарии и производстве электроэнергии.

Ятрофа, родиной которой является север Латинской Америки и Центральная Америка, имеет три разновидности: никарагуанская, мексиканская (отличается тем, что ее семена малотоксичны или нетоксичны) и кабо-вердинская. Третья разновидность происходит из Кабо-Верде, откуда она распространилась на отдельные регионы Африки и Азии. В Кабо-Верде ее выращивали в большом количестве для экспорта в Португалию, где из нее получали масло и делали мыло. Максимальных объемов экспорт ятрофы достиг в 1910 году — тогда он составил более 5 600 тонн (Heller, 1996).

Ятрофа обладает многими полезными свойствами, поэтому в ее отношении

строятся многочисленные прогнозы: по широкомасштабному производству масла и/или биодизеля, а также по ограниченному развитию сельских районов. Международные и национальные инвесторы стремятся обзавестись крупными плантациями ятрофы в Белизе, Бразилии, Гамбии, Гондурасе, Египте, Индии, Индонезии, Китае, Мозамбике, Мьянме, Объединенной Республике Танзании, Сенегале, на Филиппинах и в Эфиопии. Самый крупномасштабный проект — «Национальная миссия» правительства Индии: он предусматривает выращивание ятрофы на 400 000 гектаров в период с 2003 по 2007 годы (Gonsalves, 2006). Цель проекта — к 2011–2012 годам заменить 20 процентов потребляемого дизельного топлива биодизелем, производимым из ятрофы, которая выращивается примерно на 10 миллионах гектаров пустующих земель и обеспечивает круглогодичную занятость 5 миллионам человек (Gonsalves, 2006; Francis, Edinger and Becker, 2005). Первоначальная цель может быть слишком честолюбивой; так, Euler and Gorris (2004) сообщают, что на самом деле, возможно, используется только часть из планировавшихся 400 000 гектаров, которые были выделены правительством Индии под посадку ятрофы.

Этот вид также в большом количестве произрастает в Африке, нередко он используется в качестве изгороди, разделяющей владения в городах и селах. В Мали тысячи километров изгородей из ятрофы защищают сады от скота, помогают снизить эрозию под действием ветра и воды. Семена ятрофы также используются в производстве мыла и лекарственных средств,

Существующие методы оценки воздействия на окружающую среду и оценки долгосрочных экологических последствий могут быть успешно использованы в качестве основы при анализе биофизических факторов. Существует также множество технических разработок, основанных на опыте развития сельского хозяйства в последние 60 лет. В число новейших исследований в области биоэнергетики входят базовые аналитические разработки по вопросам биоэнергетики и продовольственной

безопасности и по анализу последствий развития биоэнергетики (ФАО, будущие выпуски а) и б)), работа по комплексному воздействию на окружающую среду, включая подкисление почвы, избыточное использование удобрений, утрату биоразнообразия, загрязнение воздуха и токсичность пестицидов (Zah *et al.*, 2007), а также работа, посвященная критериям социальной и экологической устойчивости, включая пределы обезлесения, конкуренцию с производством продовольствия, негативное

а одна неправительственная организация начала стимулировать использование масла этой культуры в качестве топлива для multifunctional платформ, малооборотного дизельного двигателя, оснащенного маслоотделителем, генератора, небольшого устройства зарядки аккумуляторов и мельницы (UNDP, 2004). Пилотные проекты, содействующие использованию масла ятрофы в качестве источника энергии в небольших проектах по электрификации сельской местности, осуществляются также в Объединенной Республике Танзании и других африканских странах.

Несмотря на значительные вложения и проводимые во многих странах проекты, надежные научные данные по культивированию ятрофы отсутствуют. В недостаточной степени документирована информация о взаимосвязи между урожайностью и переменными факторами (такими как почва, климат, практика возделывания культуры и ее генетический материал), на основе которой можно было бы принимать инвестиционные решения. Об имеющихся сведениях можно судить по широкому диапазону данных об урожайности, которые невозможно соотнести с соответствующими параметрами, такими как плодородность почвы и наличие воды (Jongschaap *et al.*, 2007). Опыт с посадками ятрофы в 1990-е годы, такой как Proyecto Tempate в Никарагуа (1991–1999 годы), оказался неудачным (Euler and Gorriz, 2004).

В самом деле, представляется, что многочисленные положительные качества, приписываемые этому растению, базируются на зрелом проектном опыте. Jongschaap *et al.*

(2007) утверждают, что выращивание ятрофы в умеренном масштабе может помочь в сохранении почвенной влаги, освоении земель и борьбе с эрозией почв; кроме того, по их мнению, это растение может использоваться при создании живой изгороди, в качестве дров, сидерального удобрения, топлива для освещения, в местном производстве мыла, инсектицидов, а также в медицинских целях. Тем не менее, они заключают, что заявления о высоком выходе масла в сочетании с низкими потребностями в питании (плодородности почвы) и потреблении воды, небольшими трудозатратами, отсутствием конкуренции с производством продовольственных культур и стойкостью к вредителям и болезням не имеют научного подтверждения. Наиболее критическими пробелами являются нехватка усовершенствованных разновидностей и имеющегося семенного материала. Ятрофа еще не одомашнена как сельскохозяйственная культура с надежными показателями.

Опасения, что необоснованный ажиотаж вокруг культивирования ятрофы не только приведет к финансовым потерям, но и подорвет доверие местных общин (тема, постоянно обсуждаемая во многих африканских странах), оказываются вполне обоснованными. Создание жизнеспособных плантаций ятрофы позволит исключить неопределенность в процессе производства и продаж. Для поддержания устойчивого развития данной культуры необходимы дальнейшие исследования подходящей зародышевой плазмы и урожайности в различных условиях, а также формирование новых рынков.

воздействие на биоразнообразие, эрозию почв и вымывание питательных веществ (Faaij, 2007).

Биотопливный сектор характеризуется наличием широкого круга субъектов деятельности с самыми разными интересами. В сочетании с быстрым развитием сектора это привело к появлению многочисленных инициатив, направленных на обеспечение устойчивого развития биоэнергетики. В настоящее время многие частные и общественные группы изучают принципы,

критерии и требования, а также механизмы обеспечения их соблюдения, которые позволили бы оценивать результаты деятельности и направлять развитие сектора. В число таких групп входят целевые группы Глобального биоэнергетического партнерства по вопросам методологий оценки выбросов парниковых газов и устойчивости, круглый стол по проблемам устойчивости биотоплива, а также многие другие усилия общественных, частных и некоммерческих организаций.

Такое разнообразие наводит на мысль о возможной необходимости гармонизации различных подходов, особенно с учетом политических обязательств и целевых задач, направленных на дальнейшее стимулирование производства биотоплива.

В настоящее время большинство критериев разрабатывается в промышленно развитых странах и направлено на обеспечение экологически устойчивого производства, распределения и применения различных видов биотоплива до их сбыта на международных рынках. Так, Европейская комиссия уже предложила критерии, которые, по ее мнению, соответствуют правилам ВТО (личное сообщение E. Deurwaarder, Европейская комиссия, 2008). Однако пока еще ни один из них не был оттестирован, особенно применительно к программам государственной поддержки, таким как субсидии, или в тех случаях, когда они предназначены для преференциального режима в рамках международных торговых соглашений (Doornbosch and Steenblik, 2007; UNCTAD, 2008).

Под термином «стандарты» понимаются строгие системы для измерения параметров по определенным критериям; несоблюдение этих параметров будет препятствовать экспорту товаров из страны. Такие согласованные на международном уровне системы уже существуют и действуют в отношении ряда аспектов продовольственной безопасности, химических веществ и здоровья людей. Достаточно ли развит биотопливный сектор для внедрения такой системы и насколько высок риск того, что ее отсутствие повлечет за собой серьезные и необратимые угрозы для здоровья человека и состояния окружающей среды? Следует ли относиться к биотопливу строже, чем к прочей сельскохозяйственной продукции?

С одной стороны, с учетом того, что в большинстве случаев воздействие биотоплива на окружающую среду неотлично от воздействия расширенного сельскохозяйственного производства в целом, можно утверждать, что ко всей отрасли следует применять одинаковые стандарты. Более того, ограничения на изменение характера землепользования могут неблагоприятно сказаться на возможностях развивающихся стран воспользоваться возросшим спросом на сельскохозяйственные товары. С другой стороны, существуют убедительные аргументы

в пользу того, что сельскохозяйственные производители и политики должны учиться на прежних ошибках и избегать негативного воздействия на окружающую среду, которое в прошлом сопровождало переориентацию сельскохозяйственных земель и интенсификацию производства.

Решение этой дилеммы потребует налаживания тщательного диалога и переговоров между странами, без чего они не смогут достичь совместных целей роста сельскохозяйственной производительности и обеспечения экологической устойчивости. Отправной точкой могла бы стать разработка принципов надлежащей практики устойчивого производства биотоплива, которая впоследствии могла бы помочь преобразованию сельскохозяйственной практики производства других культур помимо биоэнергетических. Параллельно осуществляя работу по созданию потенциала для нуждающихся в нем стран, можно было бы со временем установить более строгие стандарты и системы сертификации.

Еще один вопрос, требующий изучения, касается возможной платы за оказание экологических услуг в сочетании с производством биотоплива. Оплата экологических услуг подробно обсуждалась в докладе о *Положении дел в области продовольствия и сельского хозяйства* 2007 года. Такой механизм можно было бы использовать для выплаты компенсаций фермерам за оказание конкретных экологических услуг путем использования экологически более устойчивых методов производства. Условием выплат могло бы стать соблюдение стандартов и положений программ сертификации, согласованных на международном уровне. Программы оплаты экологических услуг, несмотря на всю свою сложность и трудности с реализацией, могли бы стать дополнительным средством обеспечения устойчивости производства биотоплива.

Основные положения главы

- Биотопливо является всего лишь одним из компонентов целого ряда альтернатив, нацеленных на смягчение последствий выбросов парниковых газов. В зависимости от целей политики другие варианты могут оказаться более рентабельными, включая

различные формы возобновляемой энергии, повышение энергоэффективности и экономии энергии, а также снижение выбросов в результате обезлесения и деградации земель.

- Хотя воздействие расширенного производства биотоплива на выбросы парниковых газов, землю, водные ресурсы и биоразнообразие широко варьируется в зависимости от страны, типа биотоплива, вида сырья и практики производства, существует насущная и срочная необходимость согласования подходов к анализу жизненного цикла, балансам парниковых газов и критериям устойчивости.
- Балансы парниковых газов не обязательно положительны для всех видов сырья. С точки зрения изменения климата инвестировать средства следует в сельскохозяйственные культуры, которые имеют наивысшие положительные балансы парниковых газов и сопряжены с наименьшими экологическими и социальными издержками.
- Воздействие на окружающую среду может быть оказано на всех стадиях производства и переработки биоэнергетического сырья, однако на первый план здесь выходит изменение характера землепользования и интенсификация производства. На протяжении последующего десятилетия быстрое повышение спроса на различные виды биотоплива, движимое соображениями политики, возможно, ускорит переориентацию несельскохозяйственных земель на производство растениеводческой продукции. Этот процесс будет касаться непосредственно сырья для биотоплива и опосредованно — других культур, вытесняемых с существующих пахотных угодий.
- Рост урожайности и осмотрительное использование вводимых ресурсов станут важнейшими компонентами снижения нагрузок на землю, вызываемых производством как продовольственных, так и энергетических культур. Для этого потребуются проведение специализированных исследований, инвестирование средств в технологии и укрепление учреждений и инфраструктуры.
- Характер воздействия на окружающую среду в значительной степени меняется в зависимости от сырья, практики производства и его местоположения и решающим образом зависит от способов управления изменениями в характере землепользования. Замена однолетних культур многолетними (такими как масличная пальма, ятрофа или многолетние травы) может улучшить баланс почвенного углерода, в то время как перевод тропических лесов в категорию сельхозугодий для любого вида возделывания сельскохозяйственных культур может высвободить такое количество парниковых газов, которое будет намного превосходить потенциальную ежегодную экономию от использования биотоплива.
- Наличие водных ресурсов, ограниченное техническими и организационными факторами, будет сдерживать объемы производства биотопливного сырья в странах, которые в ином случае могли бы обладать сравнительными преимуществами в сфере производства.
- Регулятивные подходы к стандартам и сертификации не обязательно являются первым или наилучшим вариантом обеспечения широкого и равноправного участия в производстве биотоплива. Системы, включающие применение надлежащей практики и предусматривающие наращивание потенциала, могут привести к лучшим результатам в краткосрочной перспективе и обеспечить гибкость, необходимую для адаптации к меняющимся обстоятельствам. Плата за экологические услуги может также служить инструментом для поощрения лиц, применяющих методы устойчивого производства.
- К биотопливному сырью и к другим продовольственным и сельскохозяйственным культурам следует относиться одинаково. Производство биотопливного сырья оказывает такое же воздействие на окружающую среду, как и расширенное сельскохозяйственное производство в целом; поэтому меры по обеспечению устойчивости следует последовательно применять ко всем культурам.
- Надлежащая сельскохозяйственная практика, как, например, природоохранное сельское хозяйство, может привести к сокращению выбросов углерода

и снижению негативного воздействия производства биотоплива на окружающую среду, точно так же, как она может приводить к таким результатам в экстенсивном сельскохозяйственном производстве в целом. Многолетние сырьевые культуры, такие как травы или деревья, могут обеспечивать диверсификацию производственных систем и способствовать улучшению маргинальных или деградированных земель.

- Во внутренней государственной политике следует в большей степени учитывать международные последствия развития биотоплива. Международный диалог, зачастую проводимый посредством имеющихся механизмов, может помочь сформулировать реалистичные и достижимые нормативы и целевые задачи в сфере биотоплива.