

УДК 633.2

© 2012

Т. В. Кулаковская, доктор сельскохозяйственных наук
*Белорусский государственный экономический университет, Минск,
Беларусь*

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОМАССЫ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЛЯХ

Климатические изменения и высокая стоимость полезных ископаемых способствуют развитию новых путей получения энергетических ресурсов. Исследования производства биомассы на сельскохозяйственных землях для энергетических целей являются актуальными и приоритетными, а результаты имеют большое практическое значение. В данной работе сделано обобщение результатов научно-практических исследований в области производства биотоплива и биогаза на сельскохозяйственных землях в разных странах. Исследованы разные концепции и стратегии в целях сохранения баланса между потребностями животноводства, производством продуктов питания и выращиванием биомассы на энергетические цели для соответствия принципам рационального природопользования.

Ключевые слова: *биомасса, многолетние травы, зерновые культуры, биогаз и биотопливо, рациональное природопользование.*

Рост народонаселения и появление новых и экономически сильных государств в мире предъявляет жесткие требования к производству сельскохозяйственных культур, а также продуктов питания на мировом рынке. Отсутствие стабильности в ценовой политике, увеличение стоимости первичных энергетических ресурсов и состояние окружающей природной среды в свете климатических изменений, способствует поиску новых путей получения энергетических ресурсов с минимальным воздействием на биосферу. В этой ситуации возрастает роль производства и использования нетрадиционной энергетики. В широком спектре использования нетрадиционных энергетических источников большое значение имеет производство биомассы для получения биогаза, твердого и жидкого топлива. Однако, необходимо помнить, что производство и использование биомассы на энергетические цели также требует финансовых затрат и приводит к изменению структуры посевных площадей в секторе сельскохозяйственного

производства. Эти факторы приводят к увеличению цены на сельскохозяйственную продукцию. Поэтому необходимо решение вопросов оптимизации производства и использования биомассы для установления баланса между потребностями в энергетических ресурсах и возможностями сельскохозяйственного производства, при повышении эколого-экономической и социальной эффективности, а также снижении негативного воздействия на окружающую природную среду.

В настоящее время существует 2 взаимосвязанные политические и социально экономические стратегии, которые играют ключевую роль в развитии производства биомассы на энергетические цели. Первая состоит в активизации и важности принятия политических решений для смягчения климатических изменений, происходящих в мире. Вторая подтверждает существование взаимосвязи с первой стратегией, но обозначает путь интегрирования всех стран в климатическую и энергетическую политику, которая развивается и требует совершенствования в настоящее время и на перспективу.

С учетом амбициозных целей и задач, представленных в энергетической стратегии всего мирового сообщества, и особенно EU-27, необходимо увеличить производство энергии на базе возобновляемых ресурсов, и в частности при использовании биомассы.

На сельскохозяйственных землях Европы в настоящее время имеет место конкуренция между производителями сельскохозяйственной продукции для нужд животноводства и питания человека, а также производством биомассы, используемой в качестве возобновляемых источников энергии для удовлетворения растущих потребностей в энергетических ресурсах. В настоящее время использование пахотных земель ограничено существующей структурой земельных угодий, что вызывает необходимость привлечения новых земельных угодий, и в частности лугопастбищных угодий для решения данной проблемы.

Лугопастбищные угодья играют ключевую роль с точки зрения сельскохозяйственного производства и экологических аспектов в Европе. Луга и пастбища обеспечивают многочисленные и разнообразные эколого-экономические и социальные функции в обществе и окружающей природной среде: производство корма для животных и основа создания продуктов питания для человека; фонд биоразнообразия растительного и животного мира; защита почв от эрозии и повышение их плодородия; стабилизация погодно-климатических условий при отсутствии древесных насаждений; нормализация водно-воздушного обмена в напочвенной среде и в почвенных горизонтах; экономически эффективное использование удобрений и минимизация прессинга при незначительном использовании средств химизации; благоприятное воздействие на состояние окружающей среды, возможность производства биомассы для энергетических целей.

Лугопастбищные угодья занимают общую площадь в 69 млн га EU-27 и составляют 36 % всех сельскохозяйственных земель. Согласно расчетам теоретический потенциал этих территорий для производства энергетических культур составляет от 9 до 15 млн га.

С одной стороны существуют проблемы сокращения поголовья скота и в целом уменьшение количества животноводческих ферм, а, следовательно, и площади лугопастбищных угодий, которые конвертируются в пахотные земли. С другой стороны, производство биоэнергетических культур актуально и перспективно для сокращающихся в последнее время фермерских хозяйств, так как обеспечит им устойчивое развитие. Поэтому развитие биоэнергетики на сельскохозяйственных землях не должно конкурировать с другими культурами. В этой ситуации важно и необходимо сохранить экономический, экологический и социальный баланс структуры сельскохозяйственных земель и их функционального использования, что требует дальнейшего проведения научно-практических исследований при совершенствовании методической базы и тщательного анализа полученных результатов в данной области.

Теоретические аспекты производства и использования биомассы на энергетические цели. В настоящее время сформирован основной видовой состав растений, используемых на энергетические цели, однако, постоянно проводится поисковая работа по его совершенствованию. Существует 2 большие группы культур, которые уже исторически относят к первому и второму поколениям растений, используемых для производства агро топлива.

К первой группе относятся сельскохозяйственные культуры, выращиваемые в чистом виде и на плодородных пахотных почвах. Они могут продуцировать биоэтанол из крахмала или сахара зерна кукурузы, пшеницы, ячменя, тритикале, сахарного тростника, сахарной свеклы или использоваться для производства биодизеля посредством экстрагирования масла из семян рапса, сои, а также пальмового масла.

Вторую группу растений составляют виды с высоким содержанием лигнина и целлюлозы, которые используются для получения агро топлива. Биотопливо может быть произведено из производственных отходов, таких как солома и кукурузные початки. В эту группу входят однолетние и многолетние культуры, кукурузный силос, а также травы, относящиеся к группе C4 (мискантус, просо), а также быстро отрастающие при интенсивном использовании и нетребовательны к плодородию почвы различные виды тополя и ивы. К этой группе относятся высокопродуктивные многолетние травы, произрастающие на культурных лугопастбищных угодьях и травянистые растения с естественных лугов и пастбищ, относящиеся к различным хозяйственно-ботаническим группам (злаковые, бобовые, разнотравье). Лугопастбищные растения используются на энергетические цели, как

в чистом виде, так и в травосмесях. Обобщение большого материала проведенных исследований позволило определить перечень многолетних растений, которые используют в разных странах на энергетические цели (табл. 1).

1. Многолетние растения, используемые на энергетические цели

Злаковые	Бобовые	Естественные травостои
Двукосточник тростниковый	Различные виды люцерны	Различные виды высококорослого разнотравья
Ежа сборная	Козлятник восточный	Трищетинник
Тимофеевка луговая	Клевер луговой	Белоус
Райграс пастбищный, высокий, многоцветковый		
Овсяница тростниковидная, луговая, красная		
Лисохвост луговой		
Экзотический вид растений – мискантус		

Необходимо отметить, что две группы культур, выращиваемых для получения биотоплива, различаются в технологиях возделывания и в степени влияния на состояние окружающей среды. В первом случае для растений требуются условия высокого плодородия почв и интенсивной системы земледелия при обязательном использовании средств химизации. Во втором случае прессинг интенсификации технологических процессов на растения снижается, что способствует улучшению состояния окружающей среды и сохранению биоразнообразия, а также рациональному использованию природных ресурсов при получении экономических предпочтений.

В последнее время большое внимание уделяется производству и использованию интенсивно развивающихся древесных растений (разные виды тополя и ивы), выращиваемых для получения энергетических ресурсов. В некоторых случаях они возделываются на сельскохозяйственных землях, что способствует росту конкуренции по отношению к земельным и растительным ресурсам. Однако, опубликованы результаты исследований по выращиванию этих видов для получения энергетических ресурсов на землях, подверженных радиоактивному загрязнению, где практически нельзя производить сельскохозяйственную продукцию. В этом случае конкурентные отношения между растениями нивелируются, а получение экономического эффекта гарантировано. Тем не менее, большинство природных и культурных трав проявляют высокий потенциал устойчивости и продуктивности в различных травостоях на лугопастбищных угодьях, хорошо адаптируются в условиях низкочастотного производства биомассы на энергетические цели и являются конкурирующими культурами для тополя и ивы.

Необходимо отметить, что такой биогаз, как метан, который является парниковым газом, могут продуцировать не только растения, но и животные в процессе жизнедеятельности (в процессе питания и выделительной функции). Приблизительно 95% газов выделяется жвачными животными в процессе отрыжки, а остальные 5% выделяется анально. Ученые в Швеции рассчитали, что одна корова производит 130—150 кг метана ежегодно, в зависимости от размера животного и рациона питания. Увеличение количества пищи способствует росту производства метана на голову в день, но, при этом имеет место уменьшение выделения метана на 1 кг молока. Ранее предполагали, что изменение баланса между количеством грубого корма и комбикормов вызывает незначительное изменение количества эмиссии парниковых газов. Однако, результаты последних исследований свидетельствуют, что совершенствование методов мониторинга эмиссии метана позволило определить существование различий в зависимости от рациона, вида и размера животных.

Пути и возможности трансформации биомассы лугопастбищных угодий в биотопливо. Биомасса с лугопастбищных угодий может быть трансформирована в энергию при помощи нескольких процессов. Биомасса, произведенная на лугопастбищных угодьях, может быть использована для получения биотоплива двумя путями: энергетическое использование (производство биогаза и/или сжигание для производства биотоплива) и использование исходного растительного материала (клетчатка и/или химические реакции).

В настоящее время более активно развивается производство биогаза. В основе получения биогаза (метана) в анаэробных условиях находится биологический процесс.

Газообразование основано на химической реакции при высокой температуре (более 700 °C) и включает пиролиз. На начальной стадии лигноцеллюлозное сырье частично конвертируется в CO и H₂. В последующем водород может преобразовываться в метанол, этанол, смесь спиртов, водород, синтезируемый дизель или сжигаться для получения тепла и электричества. Процесс синтеза дизеля является каталитической реакцией, при которой оксид углерода и водород конвертируются в быстро разлагаемый гидрокарбонат в различном виде. Сочетание газообразования и синтеза биодизеля являются многообещающими процессами на пути производства синтетического топлива, которое может быть использовано в инженерных целях, в частности для транспорта.

Биомасса может продуцировать энергию при прямом сжигании, а в некоторых случаях возможно дополнения в используемую травяную массу угля. Сжигание биомассы, произведенной на лугопастбищных угодьях, является менее желательным процессом, по сравнению с использованием других культур или отходами производства в виде соломы. Травы содер-

жат большое количество сырого азота, серы, хлора, калия, которые осложняют процесс сжигания (задержка массы в реакторе) и могут способствовать образованию оксидов азота (парниковый газ). Более того, эти элементы могут оказывать негативное воздействие на оборудование, проявляясь в коррозии металла. Данные технологические недостатки нивелируются более ранним периодом скашивания травостоя, при котором содержание этих элементов уменьшается. Однако надо учитывать, что при этом сокращается и урожай.

В связи с этим, предпочтение отдается группе растений, относящихся к С4, так как содержание золы у них значительно ниже, по сравнению с травами отнесенными к группе С3. В этом случае растения мискантуса являются более предпочтительными.

В Германии было проведено развернутое исследование экспериментальных травостоев, включающих от одного вида до 60 видов растений (злаковые, бобовые, высокорослое и низкорослое разнотравье) на предмет изучения их высокой теплотворной ценности (количество тепла выделенного в процессе сжигания) и определения валового выхода энергии. Результаты многочисленных вариантов были обработаны статистически с определением достоверности результатов исследований и выявления индикаторов увеличения и уменьшения определяемых показателей для различных функциональных групп растений. В процессе исследований установили, что видовое разнообразие растений позитивно воздействует на валовой выход (сбор) энергии, диапазон колебаний которого составляет 56—116—152 GJ на га в год в зависимости от количественного состава травостоя. Видовое обилие не оказывает влияние на повышение теплотворной ценности, однако бобовые культуры играют важную роль в увеличении этого показателя и валового сбора энергии. Состав травостоя оказывает положительное влияние на теплотворное качество топлива (16,3—19,2 MJ на кг сухой массы) при уменьшении дозы внесения азота.

Зерновые культуры и травянистые растения различаются по производству метана. При большом видовом разнообразии не все лугопастбищные виды трав пригодны для производства биометана. Наиболее вероятный ежегодный сбор метана на интенсивно используемых лугопастбищных угодьях составляет приблизительно 5000 м³ на га, а на посевах кукурузы этот показатель составляет от 40000 до 10000 м³ на га.

Зерновые культуры характеризуются относительно сопоставимыми цифрами производства метана, но, традиционно имеют более высокие показатели урожая биомассы. В результате фермеры предпочитают использовать зерновые и в частности кукурузу, а не посевы многолетних трав, что способствует конверсии лугопастбищных угодий в пахотные земли. В этой ситуации технология силосования трав с помощью биоферментации для последующего использования на энергетические цели будет более эконо-

мически эффективным способом использования биомассы. Это особенно актуально в настоящее время и является ограничивающим фактором при трансформации лугопастбищных угодий в пахотные, что имеет решающее значение в охране окружающей среды и сохранении биоразнообразия.

Отдельные исследования, проведенные в США и Европе, свидетельствуют о том, что производство биотоплива на лугопастбищных угодьях (включая группу C4), расположенных на деградированных почвах, способно продуцировать больше энергии при сокращении выброса парниковых газов и снижении загрязнения почв, по сравнению с выращиванием зерновых и сои для получения этанола и биодизеля.

Результаты эксперимента по выращиванию растений проса показали, что данный вид способен продуцировать урожай более 10 тонн сухой массы на га, при образовании чистой энергии 60 GJ на га, что многократно превосходит показатели получения энергии при использовании не возобновляемых энергетических ресурсов.

Производство биогаза и сбор метана на лугопастбищных угодьях определяют различные факторы: фенологическая фаза растений и их видовой состав, интенсивность использования травостоя и система управления, способ и метод консервирования (использование инокулянтов). В этой ситуации необходимо определить влияние вышеуказанных факторов и тщательно изучить процессы для оптимизации производства биогаза из биомассы.

При характеристике производства биогаза используют разные показатели: производство биогаза в м³, кг или л на единицу произведенного урожая сухой массы или использованных удобрений.

По сведениям разных ученых, при использовании различных видов трав (райграс многолетний, райграс многоцветковый, ежа сборная, лисохвост луговой) для получения биогаза, количество выделенного метана, составило от 300 до 540 1_N kg⁻¹ VS. Это свидетельствует о существовании видовой и сортовой специфики при определении искомого показателя.

В условиях проведения первого укоса на зеленую массу были получены результаты (табл. 2), подтверждающие воздействие видового состава травостоя, а следовательно, и биологических и генетических особенностей развития растений на производство метана.

2. Сбор метана в зависимости от видового состава травостоя

Растение (первый укос, зеленая масса)	Сбор метана 1N 1 кг оТМ
Овсяница тростниковая	329
Лисохвост луговой	338
Тимофеевка луговая	366
Ежа сборная	366
Райграс пастбищный	398
Овсяница луговая	401
Овсяница красная	456

Максимальные показатели производства метана обеспечили райграс пастбищный, овсяница луговая и овсяница красная, а минимум определили овсяница тростниковая и лисохвост луговой, при равных значениях у растений тимофеевки луговой и ежи сборной.

В Латвии проведены исследования производства биогаза из растений козлятника восточного и травосмесей (ежа сборная, райграс пастбищный, овсяница луговая) с участием данного вида. Козлятник восточный многолетнее (более 30 лет), высокопродуктивное растение с высокой азотфиксирующей способностью (200—450 кг с га). Смесь биомассы различных травостоев с органическими удобрениями (навоз КРС) в соотношении 75 %: 25 % обеспечила выход биогаза 628 м³ на кг сухой массы.

При изучении воздействия продолжительности периода времени на производство биогаза, получены результаты, свидетельствующие, что по мере удаления от момента скашивания происходит уменьшение продуцирования метана. В процессе исследований установили, что увеличение содержания сырой клетчатки сдерживает потенциал максимального производства биогаза. Содержание сырой клетчатки определяют содержание гемицеллюлозы и лигнина, но, эти вещества с трудом подвергаются биоразложению в анаэробных условиях. В связи с этим необходимо проводить исследования биомассы на предмет содержания клетчатки, гемицеллюлозы и лигнина.

В условиях Северо-запада России (южная Карелия) проведены исследования растительных образцов (фаза начала цветения), принадлежащих к разным семействам и группам (бобовые, злаковые, разнотравье) и произрастающих на культурном сенокосе и естественном пастбище. В биомассе определяли: содержания нейтрально-детергентной клетчатки (NDF – гемицеллюлоза + целлюлоза + лигнин), кислотно-детергентной клетчатки (ADF – целлюлоза + лигнин) и кислотно-детергентного лигнина (ADL - лигнин).

Аналитическая работа выполнена в университете г. Дебрецен (Венгрия) с использованием метода NIRS (Near infrared spectroscopy). Результаты представлены в таблице 3.

3. Фракционный состав клетчатки в различных травах, г/кг

Растение	NDF г/кг	ADF г/кг	ADL г/кг
Злаковые			
Лисохвост луговой	572	320	20
Мятлик луговой	568	308	12
Ежа сборная	572	330	27
Двукосточник тростниковый	583	288	29
Тимофеевка луговая	680	352	16
Бобовые			
Клевер луговой	344	262	25
Клевер гибридный	249	199	15
Клевер ползучий	313	230	7
Козлятник восточный	423	292	24
Разнотравье			
Тысячелистник обыкновенный	348	267	17
Одуванчик лекарственный	171	149	6
Крапива двудомная	270	209	24

Диапазон колебаний содержания нейтрально-детергентной клетчатки (NDF – гемицеллюлоза + целлюлоза + лигнин), кислотно-детергентной клетчатки (ADF – целлюлоза + лигнин) и кислотно-детергентного лигнина (ADL - лигнин) в растениях характеризуется широкой амплитудой вариативности в пределах семейства и при сравнении разных хозяйственно-ботанических групп, что подтверждает существование видовой специфики. При этом вариативность показателей NDF в группе злаковых растений составляет от 680 до 568 г/кг, у бобовых культур 423—249 г/кг, а для разнотравья 348—171 г/кг. Значительно ниже отмечено содержание ADF, однако, высокий уровень колебаний данного показателя сохраняется между хозяйственно-ботаническими группами, в их пределах, и среди исследуемых видов. Содержание ADL в растительных образцах минимальное по сравнению с NDF и ADF, однако, имеют место трёх- и четырёхкратные превышения показателей по вариантам, что свидетельствует о наличии видовой специфики. Результаты проведенных исследований косвенно подтверждают разные потенциальные возможности биомассы для производства биогаза, а их использование будет способствовать рациональному использованию природных ресурсов.

Данные сравнительных опытов по определению режима использования травостоя на процесс образования биогаза свидетельствовали, что при проведении трех-четырёх скашиваний травостоя было получено от 2746 до 3459 м³ га метана, а в условиях экстенсивного использования от 649 до 1108 м³ га метана.

Одним из способов получения биогаза является использования силоса многолетних и однолетних растений. Результаты исследований образования биогаза в процессе силосования, при воздействии различных культур инокулянтов (*L. plantarum*, *L. rhamnosus*, *P. Pentasaceus*), показали раз-

личную степень их воздействия на производство метана. В эксперименте определили экономическую целесообразность использования вышеуказанных инокулянтов для приготовления качественного силоса и создания благоприятных условий для процесса анаэробного разложения и получения биогаза.

Практическая реализация производства и использования биомассы на энергетические цели. Анализируя спектр проведённых исследований за последние годы в Европе, необходимо отметить, что наиболее результативными с научной и практической точки зрения являются материалы, представленные учёными, принимающими участие в международных научно-практических, но, с исследовательской компонентой проектах. Наиболее динамично развиваются научно-исследовательские направления, если участниками проекта являются представители 2-х—5-и государств, а научная работа по отдельным аспектам параллельно проводится в научных центрах этих стран.

Интеграция научных исследований позволяет ученым глубоко изучить и проанализировать существующие проблемы и решить поставленные задачи при существенной экономии средств на приобретение каждому участнику проекта необходимого оборудования. Данная ситуация предоставляет возможность участникам проекта повысить ресурсный и интеллектуальный потенциал в процессе исследований, а также совершенствовать собственный и международный научно-практический опыт.

Теоретические аспекты и практическая реализация различных гипотез в виде проведения поисковых научно-исследовательских работ по вопросам производства биомассы на энергетические цели способствовали разработке и проведению широкомасштабных проектов в данной области. Международный характер этих проектов определил их высокий уровень значимости в связи с привлечением высококвалифицированных специалистов, обладающих междисциплинарными знаниями.

Научно-практический опыт Швеции. С 2003 года в Швеции развивается демонстрационный Европейский проект внутри 5 структурной программы AGROPTI-gas для производства растений, продуцирующих биогаз. Согласно плану была приготовлена смесь, состоящая из сепарированных органических отходов производства, сточных осадков и продукции биомассы с лугопастбищных угодий, производимых на основе контрактов в фермерских хозяйствах. Вся собранная масса подвергалась брожению для производства биогаза, который в последующем использовали для получения электричества, тепла и транспортного топлива. Суммарное количество произведенного газа эквивалентно 23000 МВт электричества и 2300000 литров горючего топлива.

В Шведском университете сельскохозяйственных наук разработана и функционирует научная программа MicroDrive, которая развивает новое

направление для устойчивого производства биоэтанола и биогаза на основе биомассы. Традиционно биоэтанол производится из таких культур как сахарный тростник, сахарная свекла, пшеница и кукуруза. Существует возможность производить биоэтанол из биомассы, содержащей высокий уровень целлюлозы, таких как, солома и древесина, образующихся в сельском хозяйстве и лесном. Однако, биомасса растений с высоким уровнем содержания целлюлозы должна пройти предварительную обработку кислотой или ферментами до процесса дрожжевой ферментации для получения экономически обоснованного количества этанола. Над этими вопросами работают участники данной программы.

Научно-практический опыт Германии. Развитие процесса производства биотоплива наиболее активно и прогрессивно происходит в Германии. Быстрый рост стоимости ископаемого топлива и климатические изменения вызвали настоящий бум в развитии производства возобновляемых источников энергии и в частности, использовании возобновляемых растительных ресурсов (биомассы).

С 2004 года в Германии форсируется развитие направлений в поиске и использовании различных видов растений и растительного сырья для увеличения получения биогаза, электрической и тепловой энергии. Уже в 2007 году в стране используется 2 млн га для производства биомассы с целью получения возобновляемых источников энергии. Согласно прогнозам, к 2030 году приблизительно 3 млн га общей площади сельскохозяйственных земель будет производить биомассу на энергетические цели, что в потенциале составит около 25% площади. С учетом этого разрабатываются общая стратегия в стране и научно-практические программы, которые планируют проводить исследования существующего биоразнообразия лугопастбищных угодий и пахотных земель с привлечением новых культур для производства растительного сырья с целью получения биоэнергии.

Немецкое федеральное агентство охраны природы *German Federal Agency for Nature Conservation* взяло на себя обязательства по развитию научного проекта «Стандарты по охране природы при производстве биомассы». Первые результаты прошли презентацию на научных форумах в Швеции и Австрии.

В процессе выращивания энергетических культур обозначились проблемные вопросы, которые требуют научно-практического решения или согласования различных ведомств. В Германии около 35% растений используется в качестве силоса и травы для производства биогаза. Для этих целей используются одновидовые травостой райграса пастбищного, которые рано весной и многократно скашивают до цветения, что явно оказывает негативное воздействие на биоразнообразие и на изменение структуры посевных площадей. Однако, необходимо помнить, что биоразнообразие интенсивно возделываемых земель при конверсии в экстенсивно использу-

емые восстанавливается, но, этот процесс занимает длительный период времени и требует обязательного использования специальных агротехнических мероприятий. В связи с этим предлагается к рассмотрению новая концепция, согласно которой приоритетными являются сельскохозяйственные земли с экстенсивной системой использования.

Учеными разработана стратегия предотвращения потери лугопастбищных угодий, используемых для животноводства и производства продуктов питания, а также сохранение биоразнообразия в результате происходящего увеличения производства биомассы на энергетические цели. Данная стратегия включает разработку и решение следующих задач и основных направлений:

1) определить научно-практические инструменты качественного использования сельскохозяйственных земель в связи с изменением их структуры для многоцелевого использования, чтобы приостановить процесс интенсификации на лугопастбищных угодьях и предотвратить их превращение в пахотные земли;

2) сохранить баланс между количеством животных и их потребностями в корме, производством продуктов питания и выращиванием необходимого количества биомассы на энергетические цели с рациональной структурой землепользования;

3) разработать действенные инструменты введения и использования региональных, национальных и международных стандартов сертификации при производстве биомассы с обязательным включением экологических аспектов биоразнообразия и баланса парниковых газов;

4) финансировать научные программы и проекты по проведению сравнительной оценки различных систем хозяйствования (интенсивная, экстенсивная, органическая) в соответствии с балансом парниковых газов и производством биомассы для энергетических целей и ослабления воздействия климатических изменений на состояние биосферы.

Выводы. Будущее использования разных систем управления в сельском хозяйстве будет основано на уменьшении энергетических потребностей и затрат, а следовательно, и снижении этой зависимости. Использование биомассы для энергетических целей является путем сохранения лугопастбищных угодий для их дальнейшего устойчивого развития.

Азотфиксация растений будет оставаться основой будущего земледелия в целях сокращения использования азотных удобрений.

В основе расчетов будут доминировать энергетические расходы на тонну произведенной сельскохозяйственной продукции. Будущие исследования будут базироваться на разработке балансов между стоимостью энергетических ресурсов и эмиссией парниковых газов (CO_2 , CH_4 , N_2O) при использовании разных систем управления и производства сельскохозяйственной продукции. В связи с этим необходимо запланировать и прово-

дить новые эксперименты в различных агроклиматических условиях Европы. Они должны включать комплексные исследования процессов усвоения и эмиссии углерода растениями (в контексте парниковых газов) на протяжении всего жизненного цикла, как в надземной части, так и в почвенной среде с учетом вертикальной и горизонтальной их миграции.

В перспективе необходимо осуществлять совершенствование процесса интеграции разных систем земледелия и управления на пахотных землях и лугопастбищных угодьях в целях сокращения расхода энергетических ресурсов.

Библиографический список

1. Biodiversity and Animal Feed Future Challenges for Grassland Production. Proceeding of the 22 th General Meeting of the European Grassland Federation Uppsala, Sweden 9—12 June, 2008, Edited by A. Hopkins, T. Gustafsson, J. Bertilsson, G. Dalin, N. Nilsson-Linde, E. Sporndly SLU Repro Uppsala, vol. 13, 2008, 1032 p.

2. Biodiversity and Animal Feed Future Challenges for Grassland Production Book of abstracts of the 22 th General Meeting of the European Grassland Federation Uppsala, Sweden 9—12 June, 2008, Edited by A. Hopkins, T. Gustafsson, J. Bertilsson, G. Dalin, N. Nilsson-Linde, E. Sporndly, 2008, 201 p.

3. Grassland Farming and Land Management Systems in Mountainous Regions. Proceeding of the 16th Symposium of the European Grassland Federation Gumpenstein, Austria August 29th - August 31st 2011, Edited by Erich M. Pötsch, Bernhard Krautzer, Alan Hopkins, Walling Ennstaller Druckerei und Verlag Ges.m.b.H.Grobming vol. 16, 2011, 632 p.

4. Grassland Farming and Land Management Systems in Mountainous Regions. Book of Abstracts of the 16th Symposium of the European Grassland Federation Gumpenstein, Austria August 29th - August 31st 2011, Edited by Erich M. Pötsch, Bernhard Krautzer, Alan Hopkins, Walling Ennstaller Druckerei und Verlag Ges.m.b.H.Grobming 2011, 123 p.

Кулаковская Т. В. Теоретические и практические аспекты производства и использования биомассы на сельскохозяйственных землях // Корми і кормовиробництво. – 2012. – Вип. 72. – С. 140—152.

Сделано обобщение результатов научно-практических исследований в области производства биотоплива и биогаза на сельскохозяйственных землях в разных странах. Исследованы разные концепции и стратегии в целях сохранения баланса между потребностями животноводства, производством продуктов питания и выращиванием биомассы на энергетические цели для соответствия принципам рационального природопользования.

Kulakovskaya T. V. Theoretical and practical aspects of production and use of biomass at agricultural lands // Feeds and Feed Production. – 2012. – Issue 72. – P. 140—152.

The results of scientific and practical researches in the field of production of biofuel and biogas at agricultural lands in different countries are generalized. Different concepts and strategies for saving the balance between animal husbandry, production of food stuff and growing of biomass for energy purposes to correspond to the principles of rational nature management are investigated.