

южном. Для сравнительного изучения были взяты наиболее распространенные виды сеяных злаковых и бобовых трав. В качестве контроля изучались почвы под видами трав из естественных степей, а также под зерновыми культурами.

Исследованиями показано, что наибольшая надземная фитомасса формируется у сеяных многолетних трав, в то время как корневая – под естественными многолетними злаками, что свидетельствует об их относительно высокой фитомелиоративной роли. Отмечена и другая закономерность: от чернозема выщелоченного к южному, то есть вдоль градиента север-юг, надземная и подземная масса трав, а также фитомасса зерновых культур снижаются, что отражается в их почвовосстановительной способности [5].

Установлено, что наилучшее структурно-агрегатное состояние формируется под естественными многолетними злаками, затем под сеянными травами, которые по показателям близки к целинным почвам. На всех исследованных почвах из числа сеяных трав формированию наибольшей водопрочности структуры способствует козлятник восточный. Статистическая обработка данных показала, что водопрочность агрегатов тесно коррелирует с корневой фитомассой ($r=0,71$), а также содержанием гумуса ($r=0,62$). Кроме того, плотность почвы находится в обратной, а пористость, наоборот, в прямой зависимости от водопрочности структуры [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллин М. Р. О некоторых методах количественного описания сукцессий / М. Р. Абдуллин, Б. М. Миркин // Экология. – 1999. – № 6. – С. 468–470.
 2. Дзыбов Д. С. К созданию «портретных моделей естественных биогеоценозов – агро степей / Д. С. Дзыбов // Антропогенные процессы в растительности. – Уфа : БФАН СССР, 1985. – С. 126–134.
 3. Миркин Б. М. Теоретические аспекты анализа сукцессий в травосмесях / Б. М. Миркин, Т. Г. Горская // Биол. науки. – 1989. – № 1. – С. 547–557.
 4. Суюндуков Я. Т. Экология пахотных почв Зауралья Республики Башкортостан / Под ред. чл.-корр. АН РБ Ф. Х. Хазиева. – Уфа : Гилем, 2001. – 256 с.
- Хасанова Р. Ф. Сравнительная оценка фитомелиоративной эффективности многолетних трав на черноземах Зауралья Республики Башкортостан / Р. Ф. Хасанова, Я. Т. Суюндуков, М. Б. Суюндукова // Почвоведение. – 2010. – № 1. – С. 116–122.

УДК 504.062.2

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ И РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ СОВМЕСТНОГО СЖИГАНИЯ С ИСКОПАЕМЫМ ТОПЛИВОМ

Родькин Олег Иванович, кандидат биологических наук, доцент, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь aleh.rodzkin@rambler.ru

Черненко Евгения Вячеславовна, младший научный сотрудник, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь echernenok@mail.ru

Отходы переработки древесины, а также растительные остатки могут быть использованы в качестве биотоплива и относятся к возобновляемым источникам энергии с нулевыми выбросами парниковых газов. Использование биотоплива для совместного сжигания или изготовления композитных брикетов и пеллет с ископаемым топливом позволяет эффективно решать проблему снижения выбросов парниковых газов и обеспечивать диверсификацию источников сырья для энергетических установок. Наши исследования по оценке возможности использования нескольких видов биотоплива для изготовления композитных брикетов с торфом показали, что себестоимость соломы в качестве сырья в 1,8 и в 2,5 раза ниже по сравнению соответственно с естественными многолетними травами и древесной щепой с энергетических плантаций ивы.

Ключевые слова: биомасса, ископаемое топливо, солома, пеллеты, брикеты, совместное сжигание, древесные отходы.

THE PERSPECTIVE OF WOOD WASTE AND AGRICULTURAL RESIDUES USING FOR ENERGY PRODUCTION ON THE BASE OF CO-FIRING

Rodzkin O., Chernenok E.

Wood waste and agricultural residues may be used as a biofuel for renewable energy production with zero greenhouse gas emission. Biomass using for co-firing with fossil fuel or composite pellet production enables to decrease greenhouse gas emission and diversification of feedstock supplying for power plants. The experiments for assessment of perspective of several kinds of biomass for composite peat and biomass briquette production have been held in Belarus. Prime cost of straw as a biomass for composite briquette was in 1,8 times less to compare to natural grass from wetlands and in 2,5 times less compare to willow wood from short rotation coppice energy plantations.

Key words: biomass, fossil fuel, straw, pellets, briquette, co-firing, wood waste

Цикличность мировой экономики обуславливает периодическое появление кризисных явлений, затрагивающие в различной степени все страны мира и оказывающих влияние на их энергетическую безопасность. Для Республики Беларусь с учетом обеспеченности собственными ископаемыми топливно-энергетическими ресурсами (около 15 %) и климатических условий особый интерес представляет развитие биоэнергетики на возобновляемой основе. В рамках Государственной программы «Энергосбережение» страны на 2016–2020 гг. в республике предусмотрено использование различных источников биомассы (дрова, отходы древесины, быстрорастущая древесина, отходы растениеводства) для производства энергии. Для получения энергии из растительного сырья применяют различные методы, выбор которых зависит от стоимости проекта и особенностей сырья. Прямое сжигание биомассы не всегда является эффективным, в связи с чем широкое распространение получили технологии производства твердого биотоплива (пеллет и брикетов), когда сырье предварительно сушат, измельчают и прессуют [4]. Такое топливо имеет преимущество перед дровами, щепой или опилками: снижается риск самовоспламенения, повышается теплотворная способность, снижаются выбросы в атмосферу серы и азота. Зольность пеллет из биомассы составляет $0,5 \pm 0,1$ % от сухого вещества, к тому же зола может использоваться в качестве минерального удобрения [5]. Существует несколько видов потенциальных источников биотоплива на региональном уровне.

Наибольший потенциал имеет неликвидная древесина, отходы лесной и деревообрабатывающей промышленности, а также энергетические короткоцикловые плантации быстрорастущих деревьев (ива, тополь, ольха).

Для сельскохозяйственных регионов перспективным видом биотоплива является солома зерновых культур. При площади зерновых и зернобобовых культур в Республике Беларусь около 2,5 млн га, валовом сборе зерна около 9 млн т и расчетном соотношении зерно/солома 1 : 1,2 в аграрном секторе страны ежегодно образуется до 10 миллионов тонн соломы, часть которой можно использовать в качестве сырья для производства энергии [3]. Прямое сжигание соломы для получения энергии ограничивается содержанием в биомассе соломы ряда химических элементов (калий, натрий, хлор), что вызывает зашлаковывание труб и ускоренную коррозию металлических поверхностей энергетических установок [7]. Использование пеллет или брикетов является более рациональным подходом: плотность брикетов увеличивает КПД установок по сжиганию и по теплотворной способности они практически не отличаются от древесных.

Определенный интерес в качестве биотоплива имеет биомасса естественных многолетних трав, имеющих невысокую ценность в качестве корма для сельскохозяйственных животных.

Перспективным направлением для использования растительных и древесных отходов для получения энергии является их совместное сжигание с ископаемым топливом. Такой подход позволяет решить ряд технологических проблем и обеспечивает снижение нагрузки на окружающую среду. Основным преимуществом совместного сжигания является использование уже существующего котельного оборудования, что обеспечивает наименьшие капи-

тальные затраты в сравнении с установкой новых котлоагрегатов [6]. Существует несколько способов совместного сжигания угля и биомассы. Прямое – предполагает одновременную подготовку, измельчение и подачу угля и биомассы в котел. Непрямое совместное сжигание включает раздельную подготовку угля и измельчение биомассы. Параллельное совместное сжигание подразумевает сжигание угля и биомассы в отдельных котлах [2].

Экспериментальные исследования, проведенные в Казанском государственном энергетическом университете, подтверждают, что энергия, полученная при совместном сжигании, является не только возобновляемой, но и «чистой» с точки зрения выбросов парниковых газов и, как следствие, приводит к снижению антропогенной нагрузки на климат [1].

Для Республики Беларусь особый интерес в качестве ископаемого сырья для совместного сжигания представляет торф. Наши исследования проводились на базе Лидского торфобрикетного завода (Гродненская область), который использует торф для производства брикетов, удобрений и на другие цели. В результате активной добычи запасы торфа на месторождении «Докудовское» в регионе предприятия за последние годы значительно снизились, что привело к поиску новых источников сырья для продолжения деятельности. Одним из направлений является использование древесных и растительных отходов в качестве добавки для приготовления композитных брикетов. Такой подход позволяет увеличить эффективность работы предприятия и не снижать занятость трудоспособного населения. Биомасса для добавления в брикеты была получена из соломы, древесины ивы (энергетические плантации) и сена многолетних болотных трав (тростник, осока, канареечник). Для добавления в торфяные брикеты биомасса была соответствующим образом подготовлена (степень измельчения не более 5 мм, влажность не более 14 %).

Результаты расчетов себестоимости биомассы с учетом вышеназванных параметров, а также теплоты сгорания представлены в таблице.

Таблица – Себестоимость различных видов биомассы

Вид биомассы	Влажность, %	Степень измельчения	Урожайность, т/га	Теплота сгорания, кДж/кг	Себестоимость, \$/т
Древесина ивы	14	До 5 мм	12,0	18500	23,0
Солома	14	До 5 мм	3,0	16000	9,0
Сено	14	До 5 мм	15,3	15500	15,9

Установлено, что себестоимость биомассы для приготовления композитных торфобио-брикетов, полученной из соломы, в 1,8 и в 2,5 раза ниже, чем соответственно из естественной болотной растительности и древесины ивы. Следует учитывать, что при расчете себестоимости соломы не учитывались затраты, связанные с посевом, уходом и уборкой зерновых культур. Солома принималась во внимание как растительный остаток, который можно использовать на энергетические цели. Сено получено из естественной болотной растительности, что также исключает статьи затрат, связанные с возделыванием многолетних трав, но включают затраты на уборку, транспортировку, сушку и т. д. Несмотря на более высокую себестоимость древесины ивы по сравнению с другими видами биомассы, следует учитывать, что энергетические плантации ивы могут быть заложены на площадях, где нет возможности получить высокий урожай соломы зерновых или сена естественных травостоев по экологическим или экономическим причинам. Следовательно, все вышеназванные источники биомассы представляют интерес в качестве сырья для получения композитных брикетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дремичева Е. С. Снижение выбросов при совместном сжигании котельного топлива и отходов деревообработки на объектах теплоэнергетики / Е. С. Дремичева, А. С. Гаврилов // Молодой ученый. – 2016. – № 26. – С. 35–37.
2. Передерий С. Совместное сжигание бурого и каменного угля с биомассой. Использование топливных гранул на электростанциях // ЛесПромИнформ. – 2011. – № 7 (81). – С. 166–168

3. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск, 2012. –355 с.
4. Хутская Н. Г. Энергосберегающие технологии термохимической конверсии биомассы и лигнокарбонатных отходов : учебно-методическое пособие по дисциплине «Топливо и его использование» / Н. Г. Хутская, Г. И. Пальченко. – Минск : БНТУ, 2014. –53 с.
5. Цыганов А. Р. Биоэнергетика: Энергетические возможности биомассы / А. Р. Цыганов, А. В. Ключков. – Минск : Беларус. навука, 2012. – С. 11–13.
6. Щудло Т. С. Совместное сжигание угля и биомассы в факельных котлоагрегатах / Т. С. Щудло, Н. И. Дунаевская, И. В. Бесценный, Д. Л. Бондзик / Горение твердого топлива : Докл. VIII Всерос. конф. с междунар. участием, Новосибирск, 2012. – С. 111.1–111.8.
7. Evald A. Biomass for energy – Danish Solutions / A. Evald // Copenhagen: Danish Energy Agency. – 1996. – 38 p.

УДК: 63

LIFE FORMS OF PLANTS RELATED TO HEAVY METAL CYCLE IN THE ECOSYSTEM (CASE STUDY: CENTRAL IRAN DESERT ZONE)

Mohammad Akhavan Ghalibaf *Department of soil science, natural resources faculty in Yazd University, Iran, Yazd, makhavan_ghalibaf@hotmail.com*

This research was followed after few introductory surveys of heavy metals distribution in the semi-arid zone at mining areas in Central Iran. The research positions have been located in the territory of Kushk Mining Company, where located in a semi-arid zone, 45km, NE from Bafgh city and 145 km from Yazd city and so in Yazd arid zone for comparison. The major desert shrubs in the polluted area were *Artemisia* sp. and *Salsola* sp. and in Yazd selected a bitter olive garden space in Yazd University. The soils and plants in Kushk area were randomly collected to a distance about 8 km from mining waste dam and in Yazd selected few trees for the experiment. According to the mining type, the heavy metals (Pb, Zn and Cd) in soils and plants samples were measured. The accumulation of Zn and Cd in juicy and fresh shoot organs were more than root but in the end of growing season concentration of metals were decreased in dried shoots. *Artemisia* had less accumulation of heavy metals in fresh shoots, because of more accumulation of Ca in juicy tissues. Pb showed lower mobility in all plants. Control of pastures during growth of plants and calcium chloride spraying on shrubs to decrease accumulation of heavy metals in leaves were proposed.

Key words: Life form, Kushk, Yazd, heavy metals, arid ecosystem.

Introduction: Life forms better known as *Raunkiaer's life forms* or *Botanical Life Forms* were proposed in 1934 by a Danish botanist Christen C. Raunkiaer. According to Raunkiaer, in a community it is very important to know how a plant survives during unfavorable conditions. He took the criterion of protection of perennating buds during adverse conditions as an adaptation of plant to climate. Accordingly he proposed a system known as Raunkiaer's system in which plants were categorized into various life forms based on the position of their buds during seasons of unfavorable conditions (too much cold or too much hot). Raunkiaer considered five major types of life forms *viz.* Phanerophytes, Chamaephytes, Hemicytrophytes, Cryptophytes, and Therophytes.

Based on the height of trees, phanerophytes are further divided into 4 categories: a) Mega-phanerophytes – trees taller than 30 m, b) Meso-phanerophytes – trees between 8 – 30 m, c) Micro-phanerophytes – trees between 2 – 8 m height, d) Nano-phanerophytes – shrubs shorter than 2 m but more than 25 cm (Kohli et al, 2002). Gintzburger et al. (2009) studied the *Salsola richteri* and *Salsola paletzkiana* in the study of macro-nano-phanerophytes and *Artemisia diffusa* species in the Middle East rangeland cover. Zhang (1997) showed in his study on barley plants in a contaminated environment with cadmium and lead, since these heavy metals can not be the essential elements of the plant in the case of plants subject to contamination due to reduction The absorption of the main elements will be accompanied with growth retardation and, on the other hand, by the introduction of metals into the plant organs, can also lead to contamination of animal and human food chain. Koneshloo et al. (2011) showed the forestry activities in decreasing the amount of oil pollutants. Ebadati et al. (2006) in a study showed that the concentration of heavy metals in lead, zinc, copper