

УДК 630.36

## Технология лесосечных работ с сортировкой порубочных остатков древесины\*

А.П. Мохирев<sup>а</sup>, М.А. Зырянов<sup>б</sup>

Лесосибирский филиал Сибирского государственного технологического университета, ул. Победы 29, Лесосибирск, Россия

<sup>а</sup>ale-mokhirev@yandex.ru, <sup>б</sup>zuryanov13@mail.ru

Статья получена 12.08.2015, принята 6.09.2015

*На сегодняшний день в России остро стоит проблема переработки отходов лесозаготовительной и деревоперерабатывающей промышленности. Практически на всех стадиях лесопромышленного производства образуются отходы, которые утилизируются или оставляются на перегнивание. Порубочные остатки, получаемые в процессе лесосечных работ, используются менее всего. В странах с более развитой лесной промышленностью отходы, образованные на лесосеках, измельчают на щепу для дальнейшего получения энергии, однако далеко не все российские предприятия внедряют положительный опыт зарубежья. В статье рассмотрен вопрос о перспективах развития отечественного лесопромышленного комплекса, связанных, в том числе, с рациональным использованием природных ресурсов. В настоящее время на вырубленных площадях лесозаготовители оставляют до 30 % только стволовой части деревьев, прежде всего низкотоварной древесины, не говоря уже о сучьях, хвое, пнях, тогда как отходы лесозаготовок — это ценное сырье, которое можно и нужно использовать для дальнейшей переработки. Предложен ряд изменений технологического процесса заготовки древесины, касающихся сбора и сортировки по породам, размерам и назначению порубочных остатков, их дальнейшей транспортировки и переработки с целью получения различных дополнительных видов товарной продукции для нужд народного хозяйства. Предлагаемые нововведения согласуются с различными существующими в лесопромышленном комплексе технологиями заготовки древесины. В частности, для транспортировки и сортировки предлагается использовать форвардер со съёмным разборным кузовом, состоящим из отсеков для транспортировки рассортированных отходов. Таким образом, рассортированные порубочные остатки становятся более привлекательными для товаропроизводителей с точки зрения их дальнейшей переработки. Более полное использование лесных ресурсов даст отечественному лесному комплексу не только дополнительную доходность, но и улучшит санитарное состояние, обеспечит снижение пожарной опасности на вырубленных лесных площадях.*

**Ключевые слова:** технология лесозаготовок; переработка порубочных остатков; лесосечные отходы; лесозаготовительные машины; форвардер; сортировка лесосечных отходов.

## Logging operation technology with felling residue sorting

А.П. Mokhirev<sup>а</sup>, М.А. Zyryanov<sup>б</sup>

Siberian State Technological University, Lesosibirsk branch; 29, Pobedy St., Lesosibirsk, Russia

<sup>а</sup>ale-mokhirev@yandex.ru, <sup>б</sup>zuryanov13@mail.ru

Received 12.08.2015, accepted 6.09.2015

*Today in Russia the acute problem is waste processing of forestry and wood processing industry. Almost at every stage of timber production there are wastes to be disposed or left to rot. Logging residues, produced in the process of logging activities, are used less often. In the countries with more developed forest industry wastes, generated at logging sites, are grinded into chips to produce energy, but not all Russian companies are adopting a positive experience from abroad. The article investigates the question about the prospects of the domestic timber industry including the rational use of natural resources. Currently, felled areas are left up to only 30% of the tree stem, primarily of low-quality wood, as well as the boughs, needles, stumps. But logging wastes is a valuable raw material, which can and should be used for further processing. A number of changes has been proposed in the technological process of logging on the collection and sorting by species, size and destination of forest residues and their further transportation and processing to produce a variety of additional types of commercial products for the needs of the national economy. Innovations proposed are consistent with the various existing technologies in the forestry complex timber. In particular, for transporting and sorting, a forwarder is proposed to be used with removable collapsible body, consisting of compartments for the transport of sorted waste. Thus, the sorted felling residues become more attractive for manufacturers in terms of their further processing. A more complete use of the forest resources of the domestic forestry complex will not only yield more, but also improve the sanitary condition, ensure reduction of fire danger on the felled forest areas.*

**Key words:** harvesting technology; felling residue processing; harvesting machines; forwarder; forest residue sorting.

\*Исследование выполняется при поддержке КГАУ «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» и Российского фонда фундаментальных исследований

**Введение.** За последние годы во многих странах мира существенно возрос интерес к биоресурсам. Развитие мирового и отечественного промышленного производства, его современное состояние и перспективы указывают на необходимость нового ресурсосберегающего, экологически и экономически обоснованного подхода и организации промышленности — безотходного или малоотходного производства [1; 2].

Во многих отраслях промышленности, а особенно в лесной, этот вопрос стоит наиболее остро. Отходы образуются практически на всех стадиях лесозаготовительного и деревоперерабатывающего процессов. По оценкам некоторых исследователей [3–5], в Российской Федерации ежегодно образуется порядка 35,5 млн м<sup>3</sup> древесных отходов (32,2 % от объемов используемого пиловочника). За последние годы, когда древесные отходы в большинстве случаев не используют, а иногда и не утилизируют, в лесопромышленных районах их накопилось огромное количество. Наибольших результатов в использовании отходов добились страны с высокоразвитой лесопильно-деревообрабатывающей промышленностью, являющейся основным поставщиком отходов, такие как США, Канада, Япония и страны Северной и Центральной Европы. Этому способствовал высокий уровень концентрации и интеграции деревообрабатывающей промышленности.

По месту образования отходы можно разделить на лесосечные и отходы переработки древесины [2]. Лесосечные отходы образуются в процессе заготовки древесины и в большинстве случаев остаются в лесу. К таким отходам относятся порубочные остатки (сучья, ветки, вершинки, откомлевки), опилки, пни, корни, низкокачественная и неликвидная древесина. Отходы от переработки древесины образуются на предприятиях, которые находятся в населенных пунктах или вблизи них. Тип таких отходов зависит от вида переработки древесины, при лесопилении и механической обработке это кора, опилки, рейки, горбыль, трещиноватая древесина, стружка, щепа, кусковые отходы. При плитном производстве в отходы уходят кора, отсев стружки, опилки, шлифовальная пыль, отходы форматной обрезки. В лесохимическом производстве отходом является лигнин. Все получаемые отходы могут использоваться в других производствах.

Проблемой переработки древесной биомассы занимались и занимаются многие отечественные и зарубежные ученые, о чем свидетельствуют многочисленные публикации [2; 4; 6–13]. Однако широкого распространения в российском бизнесе предлагаемые технологии не получили. Основными причинами недостаточного внимания к переработке отходов лесозаготовительной и деревоперерабатывающей промышленности являются их низкое качество, невысокий спрос и относительно высокая себестоимость продукции, получаемой из отходов переработки. Для устранения данных недостатков в научных журналах предлагается ряд мероприятий, в числе которых усовершенствование технологических процессов заготовки, транспортировки и переработки древесной биомассы. Большинство предлагаемых технологических процессов переработки отходов лесозаготовки основываются на производстве топливной щепы. При этом из данного сырья

возможно производить всевозможную продукцию, такую как технологическая щепка для плитного и целлюлозно-бумажного производства, медицинские препараты, всевозможные экстракты [14], парфюмерия, удобрения и подкормка для животных и др. (рис. 1).

Разные древесные продукты целесообразно производить из разных частей и пород дерева. При производстве подкормки для животных используют преимущественно листовенную древесину с большим количеством коры, а также хвою в качестве витаминов. При производстве удобрений также используют ветки с наличием хвои. По породам древесину разделяют при изготовлении эфирных масел, экстрактов, медпрепаратов и т. п. При переработке сырья на технологическую щепу для целлюлозно-бумажного производства практически недопустимо наличие коры (1–3 %) и гнили (1–7 %), а, значит, древесину надо либо дополнительно обрабатывать (окаривать и убирать гниль), либо использовать с наименьшим содержанием нежелательных элементов (например, крупные сосновые сучья).



**Рис. 1.** Варианты продукции, производимой из порубочных остатков

На сегодняшний день возникает необходимость в разработке новых ресурсосберегающих технологий по заготовке и переработке отходов лесозаготовки как экологически безопасного и ценного ресурса.

**Постановка задачи.** Существуют несколько технологических цепочек лесосечных работ. Они зависят от вида доставляемой древесины на погрузочный пункт:

- при доставке сортиментов обрезка сучьев и раскряжевка деревьев на сортименты происходят на делянке у пня. Данная схема является наиболее распространенной во многих регионах России;
- при трелевке древесины в виде деревьев происходят валка и трелевка деревьев (с кроной) к лесозонной дороге. Обрезка сучьев и раскряжевка хлыстов на сортименты происходит на погрузочном пункте;
- при трелевке хлыстов после валки деревьев происходит обрезка сучьев, далее трелевка и раскряжевка на погрузочном пункте;
- при заготовке щепы технология предусматривает измельчение деревьев в щепу непосредственно после валки на делянке с дальнейшей транспортировкой щепы к потребителю.

В зависимости от расположения отходов, способов и возможностей их транспортировки операция измельчения древесины включает в себя следующие процессы [7]:

- переработка древесины в щепу происходит непосредственно на делянке. При данном варианте технологии используются мобильные рубительные машины с контейнером или комбинированные валочные машины, оснащенные рубительным модулем;

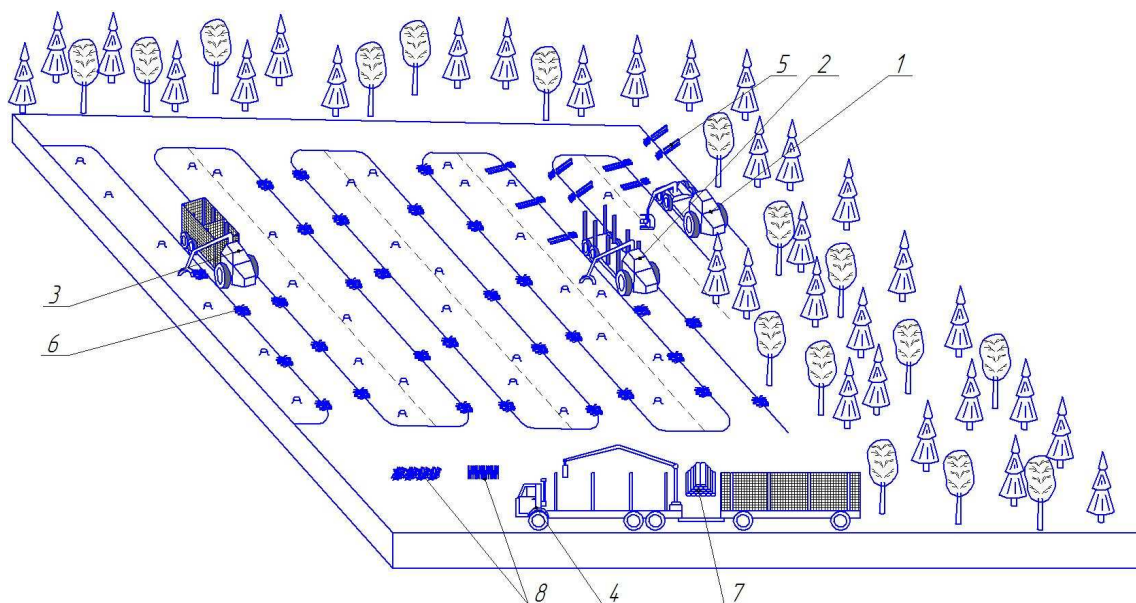
- отходы располагаются на погрузочном пункте у места примыкания к лесовозной дороге, где они измельчаются в щепу. При такой технологии используются передвижные рубительные машины, агрегируемые с тракторами, а также рубительные машины, установленные на шасси грузовых автомобилей или автоцеповозов;

- отходы располагаются на лесном складе, где происходит их переработка в щепу с использованием мощных передвижных рубительных машин [15];

- измельчение биомассы происходит на площадях потребителя с использованием стационарных или мощных передвижных рубительных машин.

Во всех предлагаемых технологических процессах отсутствует операция сортировки порубочных остатков, они предназначены для получения только топливной щепы. Для повышения эффективности использования отходов лесозаготовок следует ввести в технологическую цепочку их переработки предварительную сортировку с разделением на размерно-качественные и породные характеристики. Сортировка должна быть основана на стадии сбора порубочных остатков при использовании основных лесозаготовительных машин.

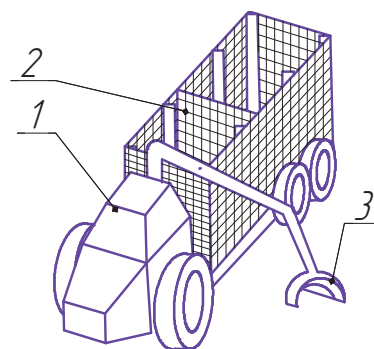
**Предлагаемая технология.** При заготовке древесины комплексом машин, состоящим из харвестера и форвардера, порубочные остатки располагаются на трелевочном волоке, в кучах небольшого объема. Для их сбора предлагается использовать транспортно-сортировочную машину, изготовленную на базе форвардера. Технологическая схема лесосечных работ, предлагаемая авторским коллективом, представлена на рис. 2.



**Рис. 2.** Технологическая схема лесосечных работ с операцией сбора, сортировки и транспортировки порубочных остатков: 1 — харвестер; 2 — форвардер; 3 — транспортно-сортировочная машина порубочных остатков; 4 — автопоезд; 5 — сортименты у места валки; 6 — порубочные остатки у места валки; 7 — штабель сортиментов на погрузочном пункте; 8 — рассортированные порубочные остатки на погрузочном пункте

Харвестер спиливает дерево, обрезает сучья и раскряжевывает его на сортименты. Порубочные остатки, пригодные для дальнейшей переработки, в процессе обрезки сучьев и раскряжевки укладывают на границу трелевочного волока и пасеки. Форвардер, собрав деловые сортименты, переоборудует кузов под сбор и сортировку порубочных остатков (рис. 3.), которые затем укладываются с помощью манипулятора в разные отсеки кузова в зависимости от дальнейшего назначения, размерно-качественных и породных характеристик.

Для перевозки порубочных остатков на форвардер устанавливается съемный разборный кузов, закрепляемый на стойках. Поперечной стенкой кузов разделяется на отсеки. Для снижения веса съемного кузова, отсева коры, хвой и минеральных примесей продольные, поперечные борта изготавливаются из ячеистого металла.



**Рис. 3.** Транспортно-сортировочная машина порубочных остатков: 1 — базовая машина; 2 — разборный кузов с отсеками; 3 — ножевой валочный грейфер

Часто сучья и ветки состоят из потенциального сырья разного назначения: крупные ветки — для переработки на щепу, мелкие с хвоей — для производства удобрений или эфирных масел. Для этого следует отделить мелкие сучья от крупных. Данная операция возможна при загрузке сучьев в отсек форвардером. При этом на манипулятор следует установить ножевую валочную головку [16; 17]. У валочных головок такого типа в качестве срезающего устройства применяется нож (гильотина). С ее помощью сучья разламываются на части по назначению.

Рассортированные порубочные остатки укладываются в отдельные штабеля для дальнейшей переработки на погрузочном пункте или перегружаются в автопоезд для транспортировки на терминал (лесной склад) или потребителю.

При месторасположении порубочных остатков на погрузочном пункте и доставке их на терминал или потребителю представленный выше разборный кузов и валочная ножевая головка могут устанавливаться на автопоезд.

### Выводы и заключение

На сегодняшний день в Российской Федерации отходы лесозаготовки использовать не всегда целесообразно, лишь в редких случаях в европейской части страны их используют в качестве сырья для производства топливной щепы и дровяной древесины. Однако преимущественно перерабатываются низкосортная или дровяная древесина. Себестоимость щепы в этом случае несколько ниже, чем при использовании порубочных остатков [18–20]. В большинстве ситуаций наиболее экономически целесообразно оставлять лесосечные отходы на лесосеке для перегнивания или сжигать. Хочется верить, что по мере увеличения потребления древесины как экологически чистого сырья все же найдут широкое применение отходы, возникающие на всех этапах лесозаготовительного и деревоперерабатывающего производства. В странах Скандинавии, США и Канаде из лесосечных отходов получают не только продукты биотоплива, но и наиболее ценную и значимую для экономики продукцию. При этом, по некоторым источникам [21; 22], себестоимость производства щепы из порубочных остатков ниже, чем из других древесных ресурсов.

По природно-производственным и экономическим условиям Россия значительно отличается от других стран с развитой лесной промышленностью, поэтому их опыт в области комплексного использования древесины не всегда возможно использовать.

Одним из путей решения поставленной проблемы является поиск новых технологических решений для увеличения ценности продуктов, получаемых из порубочных остатков.

Смешивание разных видов остатков при переработке древесины, таких как стволовая часть, хвоя или листва, кора и т. п., и разных древесных пород значительно снижает качество, а, значит, и стоимость получаемого продукта.

Применение предлагаемого технологического процесса имеет следующие преимущества:

1. Увеличивается эффективность использования порубочных остатков.
2. Порубочные остатки используются для изготовления разных видов продукции.
3. Появляется возможность использовать наиболее ценную древесную часть крупных сучьев для переработки на технологическую щепу.
4. Увеличиваются качество и стоимость получаемой продукции из отсортированных порубочных остатков.
5. Увеличивается съем полезной продукции с одного гектара осваиваемых лесосек.
6. Снижается захламленность, а, значит, и пожароопасность разработанных лесосек.
7. Улучшается санитарное состояние вырубаемых лесных площадей.

### Литература

1. Безруких Ю.А., Медведев С.О., Алашкевич Ю.Д., Мохирев А.П. Рациональное природопользование в условиях устойчивого развития экономики промышленных предприятий лесного комплекса // Экономика и предпринимательство. 2014. № 12. С. 994-996.
2. Мохирев А.П., Безруких Ю.А., Медведев С.О. Переработка древесных отходов предприятий лесопромышленного комплекса, как фактор устойчивого природопользования [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона. 2015. № 2, Ч. 2. URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/p2p2y2015/3011> (дата обращения: 15.07.2015).
3. Колесникова А.В., Дитрих В.И., Андрияс А.А., Пережилин А.И., Корпачев В.П. Оценка объемов и возможные пути использования отходов лесозаготовок на примере Красноярского края // Хвойные бореальной зоны. 2010. Т. 27, № 3-4. С. 346-351.
4. Андреев А.А. Ресурсосбережение и использование отходов заготовки и переработки древесного сырья // Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. 2014. № 10. С. 148-155.
5. Колесникова А.В. Анализ образования и использования древесных отходов на предприятиях лесопромышленного комплекса России // Актуальные вопросы экономических наук. 2013. № 33. С. 116-120.
6. Шегельман И.Р. Обоснование технологических и технических решений для перспективных технологических процессов подготовки биомассы дерева к переработке на щепу: автореф. дис. ... д-ра техн. наук, СПб.: ЛТА, 1997. 36 с.
7. Суханов Ю.В., Герасимов Ю.Ю., Селивёрстов А.А., Соколов А.П. Технологические цепочки и системы машин для сбора и переработки древесной биомассы в топливную щепу при сплошнолесосечной заготовке в сортиментах // Системы. Методы. Технологии. 2011. № 4. С. 8.
8. Васильев С.Б., Пятакин, И.Р. Шегельман И.Р. Техника и технология производства щепы в леспромпхозе: моногр. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2001. 100 с.
9. Gerasimov Y., Senko S, Karjalainen T. Nordic forest energy solutions in the Republic of Karelia // Forests. 2013. № 4. P. 945-967.
10. Будник П.В., Безлатный П.В. Способ производства щепы на лесосеке: пат. 2443102 Рос. Федерация. № 2010118413/13; заяв. 06.05.10; опубл. 20.11.11. Бюл. № 6. 5 с.
11. Kärhä K. Production and Use of Wood Chips: Improving Supply Chains // Wood Energy UNECE/FAO Workshop, Belgrade: Serbia, 2007. P. 68.
12. Heikkilä J., Tantu J. V., Lindblad J., Sirén M., Asikainen A. Harvesting alternatives and cost factors of delimbed energy wood // Metsanduslikud Laitila, Uurimused - Forestry Studies. 2006. № 45. P. 49-56.

13. Gerasimov Y., Karjalainen T. Energy wood resources in Northwest Russia // *Biomass and Bioenergy*. 2011. № 35. P. 1655—1662.
14. Попова В.Э., Медведев С.О., Безруких Ю.А., Мохитев А.П. Возможности переработки древесной зелени // *Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика*. 2015. Т. 3, № 2-1 (13-1). С. 423-426.
15. Suhanov Yu.V., Seliverstov A.A., Gerasimov Yu.Yu. Efficiency of Forest Chip Supply Systems in Northwest Russia [Electronic resource] // *Advanced materials research*. 2013. Vol. 740. P. 799-804. URL: [www.scientific.net/AMR.740.799](http://www.scientific.net/AMR.740.799). (дата обращения: 12.02.2015).
16. AFM-Forest Ltd. Головки AFM для заготовки энергетической древесины [Электронный ресурс]: Валочная головка AFM 220 для энергетической древесины. URL: <http://www.afm-forest.ru/produkcija/energeticheskiegolovki/afm220> (дата обращения: 12.02.2015).
17. Используйте энергию леса! [Электронный ресурс]: Ponsse. Новости продукции. URL: <http://www.vitebsk-lesopilka.com/doc/Ponsse.pdf>. (дата обращения: 12.02.2015).
18. Будник П.В., Шегельман И.Р. Эффективность заготовки деловой древесины и древесного топлива на лесосеке // *Перспективы науки*. 2012. № 12 (39). С. 103-105.
19. Gerasimov Y., Seliverstov A. Industrial round-wood losses associated with the harvesting systems in Russia // *Croatian Journal of Forest Engineering*. 2010. 31(2). P. 111-126.
20. Goltsev V., Ilavsky J., Gerasimov Y., Karjalainen T. Potential for biofuel development in Tihvin and Boksitogorsk districts of the Leningrad region - the analysis of energy wood supply systems and costs // *Forest Policy and Economy* 12 (4). P. 308-316.
21. Карьялайнен Т., Герасимов Ю. Поставки древесного топлива в Финляндии. НИИ леса Финляндии, Metla // *Интерлес Карелия 2011: материалы конф. Петрозаводск, 2011. С. 42-49.*
22. Сирен М., Асикайнен А. Анализ заготовки энергетической древесины в Финляндии. НИИ Леса Финляндии, Metla // *Развитие энергетики на базе древесины в Кировской области: материалы конф. Киров, 2010. С. 32.*
- preparation of biomass wood to development on chips: avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk, SPb.: LTA, 1997. 36 p.
7. Sukhanov Yu.V., Gerasimov Yu.Yu., Seliverstov A.A., Sokolov A.P. Technological chain and b TEM of machinery for harvesting and processing of wood bio-mass into fuel chips with continuous deforestation for cooking in assortments // *Systems. Methods. Technologies*. 2011. № 4. P. 8.
8. Vasil'ev S.B., Patyakin, I.R., Shegel'man I.R. Technique and technology of production of wood chips in the timber industry: monogr. Petrozavodsk: Izd-vo PetrGU, 2001. 100 p.
9. Gerasimov Y., Senko S., Karjalainen T. Nordic forest energy solutions in the Republic of Karelia // *Forests*. 2013. № 4. P. 945-967.
10. Budnik P.V., Bezlatnyi P.V. The method of producing the chips in the cutting area: pat. 2443102 Ros. Federatsiya. № 2010118413/13; zayav. 06.05.10; opubl. 20.11.11. Byul. № 6. 5 p.
11. Kärhä K. Production and Use of Wood Chips: Improving Supply Chains // *Wood Energy UNECE/FAO Workshop, Belgrade: Serbia, 2007. P. 68.*
12. Heikkilä J., Tanttü J. V., Lindblad J., Siren M., Asikainen A. Harvesting alternatives and cost factors of delimbed energy wood // *Metsanduslikud Laitila, Uurimused - Forestry Studies*. 2006. № 45. P. 49-56.
13. Gerasimov Y., Karjalainen T. Energy wood resources in Northwest Russia // *Biomass and Bioenergy*. 2011. № 35. P. 1655-1662.
14. Popova V.E., Medvedev S.O., Bezrukikh Yu.A., Mokhitev A.P. Opportunities processing of wood greens // *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika*. 2015. Т. 3, № 2-1 (13-1). P. 423-426.
15. Suhanov Yu.V., Seliverstov A.A., Gerasimov Yu.Yu. Efficiency of Forest Chip Supply Systems in Northwest Russia [Electronic resource] // *Advanced materials research*. 2013. Vol. 740. P. 799-804. URL: [www.scientific.net/AMR.740.799](http://www.scientific.net/AMR.740.799). (data obrashcheniya: 12.02.2015).
16. AFM-Forest Ltd. The AFM head for harvesting energy wood [Elektronnyi resurs]: Valochnaya golovka AFM 220 dlya energeticheskoi drevesiny. URL: <http://www.afm-forest.ru/produkcija/energeticheskiegolovki/afm220> (data obrashcheniya: 12.02.2015).
17. Use the power of the forest! [Elektronnyi resurs]: Ponsse. Novosti produktsii. URL: <http://www.vitebsk-lesopilka.com/doc/Ponsse.pdf>. (data obrashcheniya: 12.02.2015).
18. Budnik P.V., Shegel'man I.R. Efficiency harvesting of industrial wood and wood fuel to the cutting area // *Science Prospects*. 2012. № 12 (39). P. 103-105.
19. Gerasimov Y., Seliverstov A. Industrial round-wood losses associated with the harvesting systems in Russia // *Croatian Journal of Forest Engineering*. 2010. 31(2). P. 111-126.
20. Goltsev V., Ilavsky J., Gerasimov Y., Karjalainen T. Potential for biofuel development in Tihvin and Boksitogorsk districts of the Leningrad region - the analysis of energy wood supply systems and costs // *Forest Policy and Economy*. 12 (4). P. 308-316.
21. Kar'yalainen T., Gerasimov Yu. Deliveries of wood fuels in Finland. Of the Finnish forest research Institute, Metla // *Interles Kareliya 2011: materialy konf. Petrozavodsk, 2011. P. 42-49.*
22. Siren M., Asikainen A. Analysis of energy harvesting-energy wood in Finland. The Finnish Forest research Institute highlights, Metla // *Razvitie energetiki na baze drevesiny v Kirovskoi oblasti: materialy konf. Kirov, 2010. P. 32.*

### References