

## Количественная оценка рисков инвестиций в производство древесных пеллет по методу Монте-Карло

*А. В. Голотовская – Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, научный сотрудник, agolotovskaya@yandex.ru*

*П. Т. Воронков – Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, зав. отделом экономики лесного хозяйства, кандидат экономических наук, vniilm\_voronkov@mail.ru*

*Приведены основные результаты компьютерного моделирования влияния различных факторов на эффективность и уровень риска в инвестиционных проектах по созданию производств древесных пеллет.*

**Ключевые слова:** *пеллеты, инвестиции, риски, чистый дисконтированный доход, метод Монте-Карло*

**В** Комплексной программе развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года в качестве одного из приоритетов указана лесная биотехнология, ориентированная, в частности, на производство биотоплива на основе использования древесных отходов [1]. Кроме того, в соответствии с проектом Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 г. государственная политика в сфере использования местных видов топлива будет предусматривать восстановление и поддержку развития производства местных источников топлива, создание тепловых электростанций и котельных, работающих на этих источниках (торф, отходы лесной и деревообрабатывающей промышленности – пеллеты), в том числе в труднодоступных и удаленных регионах [2]. Общая мировая тенденция использования лесных ресурсов отражена в документах [3–5].

Таким образом, одной из перспективных задач государства в области энергетики является создание такого комплекса условий, при которых хозяйствующим субъектам станут экономически выгодны инвестиции в строительство и эксплуатацию электростанций и котельных, работающих на местных источниках топлива. Состав необходимых условий напрямую связан со снижением уровня риска таких инвестиций. В связи с этим возникает вопрос о надежности оценок степени выгоды и рискованности инвестиционных проектов по использованию биотоплива.

**Цель данного исследования** – количественная оценка степени влияния различных факторов на риски инвестиционных проектов по созданию производства древесных пеллет. В этом аспекте наиболее важными задачами являются:

- ✓ анализ способов оценки рисков, используемых в отечественной практике инвестиционного проектирования;
- ✓ обоснование необходимости изменения технологии оценки рисков;
- ✓ построение модели оценки рисков инвестиционного проекта по производству древесных пеллет;

- ✓ обоснование количественных параметров входных переменных модели;
- ✓ проведение компьютерных экспериментов по оценке рисков инвестиций в производство древесных пеллет, вызываемых различными факторами.

**Методика исследования** – компьютерное моделирование влияния различных факторов на уровень эффективности и рисков при инвестировании в производство древесных пеллет.

**Результаты исследований.** В практике инвестиционного проектирования принято проводить оценку рисков [6]. Анализ существующих инвестиционных проектов показывает, что риск учитывается либо путем рассмотрения 3-х вариантов (пессимистического, наиболее вероятного и оптимистического), либо просто указанием, что риск невелик. Учитывая динамичность политической, экономической и экологической ситуации в современном мире, такой подход к оценке степени рискованности проекта недостаточен. В зарубежной практике все шире стали использоваться технологии оценки риска на основе компьютерного моделирования с использованием метода Монте-Карло [7].

Этот метод первоначально был разработан для решения задач квантовой физики. В последнее время он стал одним из наиболее распространенных методов компьютерного моделирования не только в различных разделах физики, но и химии, математики, экономики, оптимизации управления, теории управления и др. Сейчас появились программные продукты, позволяющие на основе метода Монте-Карло давать количественную оценку степени риска разрабатываемых инвестиционных проектов.

Процедура оценки эффективности и рискованности инвестиционного проекта с использованием метода Монте-Карло заключается в следующем. Как правило, разрабатывается математическая модель инвестиционного проекта, отражающая:

- ✓ сроки и величину инвестиций;
- ✓ входы в модель: банковский процент, время и сумма возврата кредита, нормативы затрат ресурсов, цена ресурсов, объемы производ-

ства по годам периода; ставки налогов, пошлин и других обязательных платежей;

- ✓ формулы потоков затрат в зависимости от значения входных факторов, на них влияющих;

- ✓ формулы потоков доходов в зависимости от значения входных факторов;

- ✓ формулы расчета выходных показателей модели (показателей эффективности проекта).

Разработанная модель позволяет производить расчеты принятых показателей эффективности проекта в зависимости от входных показателей (факторов). При использовании общепринятого подхода к оценке эффективности проекта подбирают 3 варианта наборов входных показателей (пессимистический, наиболее вероятный и оптимистический) и для каждого варианта рассчитывают показатели эффективности. Предполагается, что при pessimistическом варианте все факторы, влияющие на эффективность проекта, будут особенно неблагоприятными. Оптимистический вариант – это набор самых благоприятных условий. Наиболее вероятный вариант исходит из средних значений факторов. Вероятность реализации того или иного варианта либо не оценивается, либо оценивается экспертно.

Использование метода Монте-Карло для оценки доходности и рискованности инвестиционного проекта отличается от общепринятого подхода тем, что каждый входной показатель (фактор) задается не одним значением, а диапазоном значений – распределением вероятностей. Это дает возможность рассчитать вероятности различных значений показателя эффективности, обеспечивая гораздо более реалистичный способ описания неопределенности в процессе анализа риска.

При компьютерном моделировании по методу Монте-Карло значения каждой входной переменной выбирают случайным образом из исходных распределений вероятности. Отдельная выборка значений называется итерацией, полученный из выборки результат фиксируется. В процессе моделирования такая процедура выполняется сотни или тысячи раз, а итогом становится распределение вероятностей возмож-

ных последствий. Таким образом, моделирование по методу Монте-Карло дает гораздо более полное представление о возможных событиях. Оно позволяет судить не только о том, что может произойти, но и о степени вероятности такого исхода.

Рассмотрим использование описанного подхода к оценке риска инвестиционного проекта по созданию производства топливных гранул из древесины на основе сведений, содержащихся в публикациях [8, 9] и базах данных государственной и таможенной статистики [10, 11].

Общая сумма инвестиций по проекту составляет 8,3 млн евро. Строительство объекта планируется завершить за 3 года. Для финансирования строительства в банке берется кредит на 5 лет под 20 % годовых. Погашение займа производится частями, начиная со 2-го года. Проектная мощность производства (67,5 тыс. т пеллет) достигается на 3-й год после начала строительства. Срок действия проекта – 13 лет. Готовая продукция предназначена для экспорта в Европу. Эффективность проекта оценивалась по показателю чистого дисконтированного дохода (ЧДД) с коэффициентом дисконтирования, равным банковскому проценту.

Для расчета рискованности проекта по методу Монте-Карло значения 18 факторов, влияющих на значение ЧДД, указывали не в виде одного числа, а в виде трех значений – наименьшее возможное, наиболее вероятное и наибольшее возможное (табл. 1).

Расчеты модели осуществляли с использованием надстройки @RISK на базе электронных таблиц EXCEL, разработанных фирмой Palisade Corporation [12]. Сделано 6 вариантов расчетов с различными предположениями относительно границ колебания ожидаемой цены древесного сырья. В каждом варианте программа формировала 10 тыс. случайных значений 18-ти факторов, влияющих на эффективность инвестиционного проекта (см. табл. 1). Расчеты получены в графическом и табличном виде.

Результаты расчетов чистого дисконтированного дохода по варианту с нулевой ценой древесного сырья, когда используются отходы

Таблица 1. Значения факторов, влияющих на эффективность инвестиционного проекта

Фактор	Наименьшее значение	Наиболее вероятное значение	Наибольшее значение
Курс евро, руб.	35	80	110
Ставка дисконтирования, %	10	20	25
Стоимость инвестиций 0-го года, евро	5 000 000	5 799 335	7 500 000
Стоимость инвестиций 1-го года, евро	500 000	550 505	800 000
Стоимость инвестиций 2-го года, евро	1 600 000	1 974 576	2 500 000
Объем продаж 1-го года, т	15 000	20 000	25 000
Объем продаж 2-го года, т	40 000	45 000	48 000
Объем продаж в другие годы, т	58 000	67 500	72 000
Цена пеллет, евро/т	80	100	120
Постоянные затраты 1-го года, руб.	4 800 000	5 130 560	6 000 000
Постоянные затраты других лет, руб.	7 500 000	9 130 560	10 500 000
Удельные переменные затраты, руб./т	2 500	2 870	3 224
Цена древесного сырья, вариант 1, руб./м <sup>3</sup>	0	0	0
Цена древесного сырья, вариант 2, руб./м <sup>3</sup>	0	250	500
Цена древесного сырья, вариант 3, руб./м <sup>3</sup>	250	500	750
Цена древесного сырья, вариант 4, руб./м <sup>3</sup>	500	750	1 000
Цена древесного сырья, вариант 5, руб./м <sup>3</sup>	750	1 000	1 250
Цена древесного сырья, вариант 6, руб./м <sup>3</sup>	1 000	1 250	1 500

собственного деревообрабатывающего производства, представлены на рис. 1–3. Распределение плотности вероятности значений чистого дисконтированного дохода приведено на рис. 1. При принятых предположениях о варьировании входных параметров и нулевой цене сырья ЧДД в среднем составляет 683,6 тыс. руб. С вероятностью 90 % ЧДД будет находиться в пределах от 167 тыс. руб. до 1,3 млрд руб. Вероятность того, что ЧДД будет меньше 167 тыс. руб., как и вероятность того, что ЧДД будет больше 1,3 млрд руб., равна 5 %.

При наиболее неблагоприятных условиях может возникнуть убыток в размере 86 тыс. руб., а при самых благоприятных условиях ЧДД может достигать 2,5 млрд руб. Однако вероятность таких крайних событий ничтожна (см. рис. 1).

На принятие решений о целесообразности инвестиций большое влияние оказывает не только среднее значение ожидаемого чистого дохода, но и вероятность получения отрицательного результата. Вероятность получения отрицательного результата в случае использования для производства пеллет отходов собственного производства составляет всего 0,49 %, т. е. вероятность

положительного результата составляет 99,51 % (рис. 2).

Для оптимизации инвестиционного проекта и формирования органами государственной власти благоприятной инвестиционной политики необходимо знать, какие факторы оказывают наибольшее влияние на его эффективность. Эта задача решается путем анализа результатов многократного «проигрывания» на компьютерной модели различных вариантов условий инвестирования и эксплуатации готового объекта. Ре-

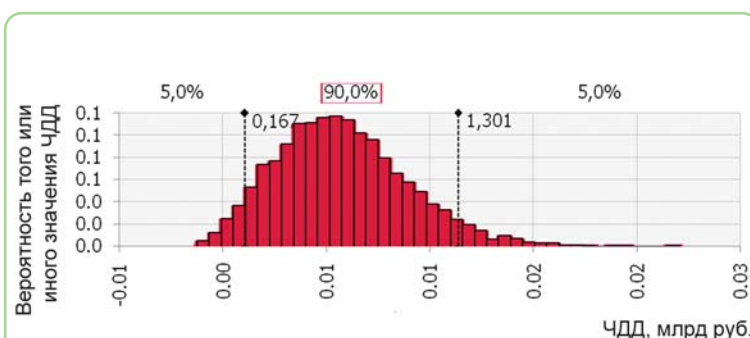


Рис. 1. Распределение плотности вероятности значения чистого дисконтированного дохода (вариант 1)

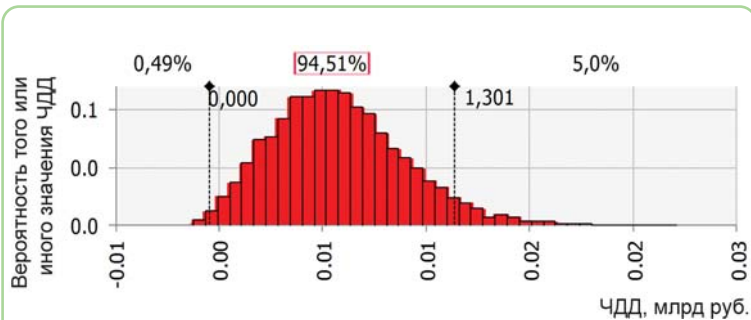


Рис. 2. Вероятность получения отрицательного результата (ЧДД<0). Вариант 1

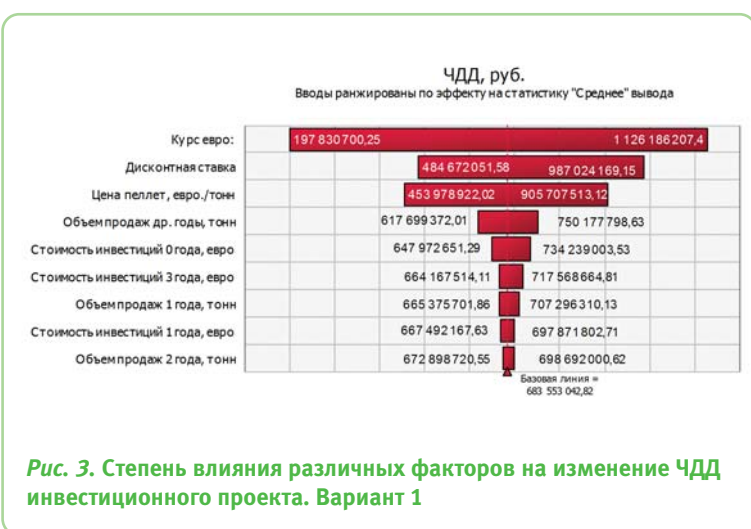


Рис. 3. Степень влияния различных факторов на изменение ЧДД инвестиционного проекта. Вариант 1

результаты анализа представлены на рис. 3, где на графике, называемом «торнадо», показаны ранги различных факторов по степени их влияния на изменение ЧДД. Значимость факторов убывает сверху вниз.

Наибольшее влияние на ЧДД оказывает изменчивость курса евро (см. рис. 3). Так, при сохранении других факторов на среднем уровне и

минимальном значении евро 35 руб. ЧДД составит 197,8 млн руб., а при курсе евро 110 руб. – 1,13 млрд руб.

Следующим по важности фактором является ставка дисконтирования. При дисконтной ставке 10 % ЧДД будет равен 484,7 млн руб., при дисконтной ставке 30 % – 987 млн руб. На третьем месте по степени влияния на изменчивость доходности проекта находится цена пеллет. При цене 1 т пеллет 80 евро ЧДД составит 454 млн руб., а при цене 120 евро – 905,7 млн руб. Изменчивость других факторов играет существенно меньшую роль в варьировании значения ЧДД.

Одним из важнейших факторов, влияющих на эффективность производства пеллет, является цена древесного сырья. Этот фактор был исследован более детально. Оценки воздействия цены древесного сырья на эффективность проекта, включая вероятность получения отрицательного значения ЧДД, приведены в табл. 2.

При всех вариантах изменения цены древесного сырья среднее значение чистого дисконтированного дохода остается положительным (см. табл. 2). Если ориентироваться только на среднее значение, то все варианты кажутся достаточно привлекательными. Однако если принять во внимание вероятность возрастания риска получения убытка вследствие роста цены на сырье, то некоторым инвесторам вариант 4, а тем более вариант 5, могут показаться чрезмерно рискованными.

По изложенной схеме можно проанализировать различные аспекты создания и эксплуатации объекта, включая вероятность незавершения объекта или изменения срока строительства, политической ситуации и др. Так, на практике для реализации проекта может потребоваться

Таблица 2. Влияние цены древесного сырья на изменение ЧДД

Показатель	Средняя цена, руб./м³	Вероятность убытка, % (ЧДД < 0)	Среднее значение ЧДД, млн руб.
Вариант 1	0	0,5	683,6
Вариант 2	250	2,4	588,1
Вариант 3	500	5,9	493,4
Вариант 4	750	11,2	397,8
Вариант 5	1 000	18,0	301,8
Вариант 6	1 250	26,8	206,6

больше вложений, чем предполагалось. Это может произойти из-за ошибок проектирования, необходимости закупки дополнительного оборудования и проведения незапланированных работ, повышения цен на оборудование, монтажные, наладочные работы и пр.

**Выводы.** Формирование эффективной государственной инвестиционной политики требует глубокого понимания содержания проблем, сдерживающих инвестирование капиталов в той или иной сфере экономики. Уровень понимания этих проблем можно существенно повысить путем компьютерного моделирования и количественной оценки рисков на основе статистического метода Монте-Карло, поскольку этот метод имеет ряд преимуществ по сравнению с детерминистским анализом, или анализом «по точечным оценкам». В этом случае:

- ✓ результаты моделирования демонстрируют не только возможные события, но и вероятность их наступления;
- ✓ появляется возможность отражать различные последствия, а также вероятность их

возникновения в наглядном графическом виде. Это важно при обсуждении результатов с другими заинтересованными лицами;

- ✓ обычно детерминистский анализ затрудняет определение фактора, в наибольшей степени влияющего на результаты. При моделировании по методу Монте-Карло несложно увидеть, какие исходные данные оказывают наибольшее воздействие на конечные результаты;

- ✓ в детерминистских моделях сложно моделировать различные сочетания величин для разных исходных данных и, следовательно, оценить воздействие явно отличающихся сценариев. Применяя метод Монте-Карло, аналитики могут точно определить, какие исходные данные приводят к тем или иным значениям, и проследить наступление определенных последствий. Это очень важно для дальнейшего анализа;

- ✓ метод Монте-Карло позволяет моделировать взаимозависимые отношения между исходными переменными, что обеспечивает более реалистичное описание ситуации.

### Список использованной литературы

1. Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года. Утверждена Правительством Российской Федерации 24.04.2012 № 1853п-П8 [Электронный ресурс]. – 2012. – URL: <http://www.biorosinfo.ru/BIO2020.pdf> (дата обращения 01.03.2015 г.).
2. Проект Энергетической стратегии России на период до 2035 года. [Электронный ресурс]. – 2014. – URL: <http://solex-un.ru/sites/solex-un/files/review/proektenergostrategii2035.pdf> (дата обращения 07.08.2015 г.).
3. Состояние лесов мира. Приумножение социально-экономических выгод, обеспечиваемых лесами [Электронный ресурс]. – Рим : ФАО, 2014. – URL: <http://www.fao.org/3/a-i3710r.pdf> (дата обращения 15.07.2015 г.).
4. 21-я сессия Комитета по лесному хозяйству ; 24–28 сентября 2012, Рим, Италия [Электронный ресурс]. – 2012. – URL: <http://www.fao.org/docrep/meeting/026/me431r.pdf> (дата обращения 15.07.2015 г.).
5. Проект обзора положения на рынке продукции лесного сектора в 2012 и 2013 годах [Электронный ресурс]. – ЕЭК ООН/ ФАО, 2013. – URL: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/meetings/20131209/ECE-TIM-2013-3R.pdf> (дата обращения 21.07.2015 г.).
6. Овсянко, А. Д. Топливная гранула: Россия, Беларусь, Украина : справочник [Электронный ресурс] / А. Д. Овсянко. – 2007. – 200 с. : URL: <http://www.wood-pellets.com/> (дата обращения 24.07.2014 г.).



7. Хаббард, Д. У. Как измерить все, что угодно. Оценка стоимости нематериального в бизнесе / Д. У. Хаббард. – М. : Олимп-бизнес, 2009. – 297 с.
8. Производство топливных гранул из отходов деревообработки на ЗАО «Лесозавод 25» [Электронный ресурс]. – 2010. – URL: [http://ccgs.ru/projects/projects/timber\\_mill\\_25/](http://ccgs.ru/projects/projects/timber_mill_25/) (дата обращения 01.08.2015 г.)
9. Древесное топливо – альтернатива традиционным источникам энергии [Электронный ресурс]. – 2008. – URL: [http://belgiproles.by/Documents/doc\\_56.pdf](http://belgiproles.by/Documents/doc_56.pdf) (дата обращения 01.09.2015 г.)
10. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) [Электронный ресурс]. – 2015. – URL: <http://www.fedstat.ru/> (дата обращения 03.08.2015 г.).
11. База данных таможенной статистики внешней торговли [Электронный ресурс]. – 2015. – URL: <http://customs.ru/index.php> (дата обращения 03.08.2015 г.).
12. Анализ рисков с помощью моделирования по методу Монте-Карло [Электронный ресурс]. – 2015. – URL: <http://www.palisade.com/risk/ru/> (дата обращения 01.07.2015 г.).

## Referens

1. Kompleksnaya programma razvitiya biotekhnologij v Rossijskoj Federaczii na period do 2020 goda. Utverzhdena Pravitel'stvom Rossijskoj Federaczii 24.04.2012 № 1853p-P8. [Elektronnyj resurs]. – 2012. – URL: <http://www.biorosinfo.ru/BIO2020.pdf> (data obrashheniya 01.03.2015 g.).
2. Proekt Energeticheskoy strategii Rossii na period do 2035 goda. [Elektronnyj resurs]. – 2014. – URL: <http://solex-un.ru/sites/solex-un/files/review/proektenergostrategii2035.pdf> (data obrashheniya 07.08.2015 g.)
3. Sostoyanie lesov mira. Priumnozhenie soczial'no-ekonomicheskix vygod, obespechivaemyx lesami [Elektronnyj resurs]. – Rim : FAO, 2014. – URL: <http://www.fao.org/3/a-i3710r.pdf> (data obrashheniya 15.07.2015 g.).
4. 21-ya sessiya Komiteta po lesnomu khozyajstvu ; 24–28 sentyabrya 2012, Rim, Italiya [Elektronnyj resurs]. – 2012. – URL: <http://www.fao.org/docrep/meeting/026/me431r.pdf> (data obrashheniya 15.07.2015 g.).
5. Proekt obzora polozheniya na rynke produkczii lesnogo sektora v 2012 i 2013 godax [Elektronnyj resurs]. – EEK OON/ FAO, 2013. – URL: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/meetings/20131209/ECE-TIM-2013-3R.pdf> (data obrashheniya 21.07.2015 g.)
6. Ovsyanko, A. D. Toplivnaya granula: Rossiya, Belarus', Ukraina : spravochnik [Elektronnyj resurs] / A. D. Ovsyanko. – 2007. – 200 s. : URL: <http://www.wood-pellets.com/> (data obrashheniya 24.07.2014 g.)
7. Hubbard, D. U. Kak izmerit' vse, chto ugodno. Ocenka stoimosti nematerial'nogo v biznese / D. U. Hubbard. – М. : Olimp-biznes, 2009. – 297 s.
8. Proizvodstvo toplivnyx granul iz otxodov derevoobrabotki na ЗАО «Lesozavod 25» [Elektronnyj resurs]. – 2010. – URL: [http://ccgs.ru/projects/projects/timber\\_mill\\_25/](http://ccgs.ru/projects/projects/timber_mill_25/) (data obrashheniya 01.08.2015 g.)
9. Drevesnoe toplivo – al'ternativa tradiczionnym istochnikam energii [Elektronnyj resurs]. – 2008. – URL: [http://belgiproles.by/Documents/doc\\_56.pdf](http://belgiproles.by/Documents/doc_56.pdf) (data obrashheniya 01.09.2015 g.)
10. Edinaya mezhdedomstvennaya informacionno-statisticheskaya sistema (EMISS) [Elektronnyj resurs]. – 2015. – URL: <http://www.fedstat.ru/> (data obrashheniya 03.08.2015 g.).

11. Baza dannyx tamozhennoj statistiki vneshnej trgovli [Elektronnyj resurs]. – 2015. – URL: <http://customs.ru/index.php> (data obrashheniya 03.08.2015 g.).

12. Analiz riskov s pomoshh'yu modelirovaniya po metodu Monte-Karlo [Elektronnyj resurs]. – 2015. – URL: <http://www.palisade.com/risk/ru/> (data obrashheniya 01.07.2015 g.).



## On the quantitative assessment, a Monte Carlo risk of investment in the production of wood pellets

*A. V. Golotovskaya – Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, Researcher*

*P. T. Voronkov – Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, head of Department of Forest Economics, Candidate of Economic Sciences*

*Formation of a favorable investment climate – one of the main objectives of economic policy. Policy successfully reach goal if business and government dialogue takes place regularly, and both sides understand each other well.*

*The parties understand each other better when they speak the same language. That language could be the results of experiments on computer-models. Usually, the developers of the investment project set all the parameters of the model as a single number. In analyzing the effectiveness of the project, they compare to only three options: pessimistic, most likely and optimistic. They do not assess the likelihood of risk to quantify. Such an approach is of little use in the context of current economic instability.*

*Analysis of the results of computer experiments Monte Carlo gives a much more useful information. This method makes it possible to identify those factors that have the greatest impact on investment performance. In addition, it allows estimating risks quantitatively.*

*Experiment with a computer model of investment in the production of wood pellets has shown that at present the most important risk factor is the exchange rate, loan rate, prices for finished goods and prices for wood raw material.*

*We have shown that the risk of loss from the investment in the production of wood pellets and their exports to Western Europe is large only at high prices for wood raw material.*

**Keywords:** pellets, investment, risk, net present value, Monte Carlo method