## Ресурсосбережение как критерий эффективности освоения лесных площадей

Родионов A.B. (<u>a rodionov@km.ru</u>)

## Петрозаводский государственный университет

В настоящее время сравнение и оценка различных технологических процессов лесосечных и лесовосстановительных работ, выполняемых в процессе освоения лесных площадей, производится с помощью приведенных затрат.

Недостатком приведенных затрат, как показателя эффективности, является неполный учет следующих факторов [3]:

- эффекта, полученного от высвобождения рабочей силы;
- воздействия технологий и машин на окружающую среду;
- динамики денежной оценки различных видов ресурсов.

При любом варианте освоения лесных площадей расходуются ресурсы – трудовые, энергетические, материальные. К ресурсам можно отнести также продуктивные свойства леса, время и информацию [5, 7].

Принцип ресурсосбережения предполагает производство продукции с минимальным расходом ресурсов и наименьшим воздействием на окружающую среду [6].

Нами предлагается методика оценки и сравнения технологических процессов с использованием показателей расходования ресурсов в натуральном их выражении количестве топлива, человеко-дней труда рабочих и т. п. Суть методики в том, что сравнение различных технологических процессов производится по обобщенному показателю расходования ресурсов на 1 ед. продукции, вычисляемому с помощью априорных процедур многоцелевой оптимизации [5].

При освоении лесных площадей расходуются следующие ресурсы [1, 4, 5, 7]:

- живой труд, выражается в человеко-днях, затраченных на выполнение основных, подготовительных и др. работ;
- оборудование, выражается в килограммах металла в конструкции машин и запасных частей;
  - энергия, определяется количеством израсходованного топлива;
- предмет труда, оценивается количеством природного объекта, переведенного в предмет потребления;
  - окружающая среда, оценивается размером ее относительного повреждения или

## уничтожения;

- время, оценивается его количеством, необходимым для выполнения технологических операций;
- информация, может быть оценена в человеко-днях, необходимых для разработки документации.

Очевидно, что из n вариантов технологического процесса освоения лесной площади необходимо выбрать вариант, имеющий минимальную величину обобщенного показателя расходования ресурсов.

Для нахождения обобщенного показателя расходования ресурсов на 1 ед. продукции, P используются следующие процедуры [2]:

• вычисление показателя по методу равномерной оптимальности:

$$P = \sum_{i=1}^{k} \frac{W_i}{\overline{W_i}} \to \min;$$
 (1)

• вычисление показателя по методу справедливого компромисса:

$$P = \prod_{i=1}^{k} \frac{W_i}{\overline{W_i}} \to \min;$$
 (2)

• вычисление показателя по методу Гермейера:

$$P = \sum_{i=1}^{k} \frac{\lambda_i \cdot W_i}{\overline{W_i}} \to \min; \qquad \sum_{i=1}^{k} \left[ \lambda_i \right] = 1; \quad \lambda_i \ge 0,$$
 (3)

где i — номер вида ресурса, i=1...k;  $W_i$  — расход i-го вида ресурса в физических единицах, отнесенный к 1 ед. продукции;  $\overline{W_i}$  — средняя величина расхода i-го вида ресурса в физических единицах для n вариантов сравнения;  $\lambda_i$  — коэффициент значимости расходования i-го вида ресурса (определяется с помощью метода экспертных оценок).

Экспертные оценки значимости различных видов ресурсов, расходуемых в процессах лесосечных и лесовосстановительных работ (см. формулу (3)), проводились в 1998 — 2000 гг. на предприятиях лесной промышленности и лесного хозяйства Республики Карелия [5, 7]. Результаты представлены в табл. 1.

Полученные результаты (см. табл. 1) показывают, что наиболее важными ресурсами, расходуемыми в процессах лесосечных работ, являются (в порядке убывания значимости): живой труд, оборудование, окружающая среда. Их общая весомость составляет 71 % от всей совокупности ресурсов.

Вид ресурса	Лесосечные работы		Лесовосстановительные работы	
	Значимость	Ранг	Значимость	Ранг
1. Живой труд	0,399	1	0,327	1
2. Оборудование	0,159	2	0,050	6
3. Энергия	0,100	5	0,098	5
4. Предмет труда	0,100	4	0,220	2
5. Окружающая среда	0,118	3	0,111	4
6. Машинное время	0,088	6	0,152	3
7. Информация	0,036	7	0,042	7
Итого	1,000	_	1,000	_

Наиболее значимыми ресурсами, расходуемыми в процессах лесовосстановительных работ, являются (см. табл. 1): живой труд, предмет труда и машинное время. Их общая весомость составляет 69,9 % от всей совокупности ресурсов.

Сложившаяся ситуация объясняется тем, что в настоящее время в Карелии основные операции лесосечных работ практически полностью механизированы и частично машинизированы. Однако подготовка лесосек к освоению и очистка от порубочных остатков выполняются преимущественно вручную. В то же время, в лесовосстановлении преобладают технологические процессы с обработкой почвы механизмами и выполнением всех остальных операций вручную. Аналогичная ситуация наблюдается при выращивании посадочного материала в лесных питомниках [5].

Наилучшим с точки зрения ресурсосбережения признается вариант, имеющий минимальное значение критериев (1–3). Если результаты расчетов получаются противоречивыми, рекомендуется проводить сравнение по частным показателям расходования ресурсов  $\lambda_i$ , начиная с наиболее значимых (см. табл. 1).

При выборе наилучшего варианта следует учитывать социальные факторы. С этой целью в формулу (3) вместо коэффициента значимости  $\lambda$  <sub>жт</sub> живого труда следует подставлять коэффициент значимости  $\lambda^*$ <sub>жт</sub>, учитывающий уровень безработицы:

$$\lambda_{\text{WT}}^* = \left(1 - \frac{\Omega}{100}\right) \cdot \lambda_{\text{WT}}, \tag{4}$$

где  $\Omega$  – процент безработных среди трудоспособного населения локальной территории, к которой принадлежит осваиваемая лесная площадь.

Все остальные коэффициенты значимости  $\lambda_i$ , входящие в формулу (3) должны быть скорректированы делением на коэффициент  $\Delta$ :

$$\Delta = \frac{1 - \lambda_{\text{WT}}}{1 - \lambda_{\text{WT}}^*}.$$
 (5)

Из выражения (4) следует, что с увеличением безработицы величина коэффициента значимости  $\lambda^*_{\text{ЖТ}}$  живого труда для лесосечных и лесовосстановительных работ уменьшается, т. к. при безработице предложение труда превышает потребность в нем, что объективно снижает необходимость его экономии [8].

Для автоматизации расчетов по формулам (1–5) рекомендуется использовать разработанную автором программу для персональных ЭВМ «Расчет критерия ресурсосбережения для технологий освоения лесных площадей», позволяющую производить расчеты в интерактивном режиме (т. е. при непосредственном участии оператора ЭВМ) – рис. 1.24.

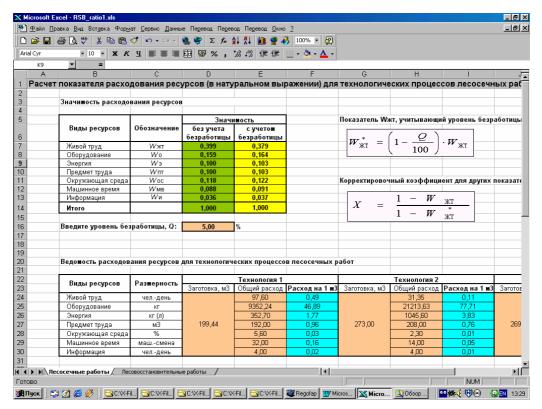


Рис. 1. Окно программы для ЭВМ «Расчет критерия ресурсосбережения для технологий освоения лесных площадей»

Программа предназначена для эксплуатации на персональных ЭВМ типа IBM PC и совместимых с ними в среде «Windows», с установленным табличным процессором «Microsoft Excel 97» и выше.

Предлагаемые интегральные показатели расходования ресурсов (1–3) могут использоваться для оценки эффективности технологических процессов освоения лесных площадей совместно с экономическими показателями. При выборе варианта в

краткосрочном периоде (на уровне предприятия) следует применять экономические показатели, используя критерии ресурсосбережения, если сравниваемые варианты имеют близкие результаты по денежной оценке.

При выборе варианта технологии на период, сравнимый с циклом лесовыращивания (80...120 лет), предпочтительнее применять критерии ресурсосбережения, используя экономические показатели как дополнительные.

В рамках научно-исследовательского проекта «Тайга – Модельный лес» российскофинской группой ученых зимой 2000 г. в Карелии на территории Пряжинского лесхоза были проведены сравнительные исследования российской, финской и шведской технологий рубок ухода [9]. Исследования включали сбор фактических данных для определения себестоимости и расходования ресурсов на 1 м<sup>3</sup> заготовленной древесины.

На участке, разработанном по российской технологии, выполнялись российские лесоводственные нормативы, действующие на территории Республики Карелия. На участках, разработанных по финской технологии, выполнялись лесоводственные требования, применяемые фирмой «Stora-Enso» при проведении рубок ухода в Финляндии. На участках, разработанных по шведской технологии рубок ухода, применялись лесоводственные нормативы системы лесной сертификации «FSC» [9].

Рубки ухода по российской технологии выполнялись с использованием бензопил «Husqvarna-257» и гусеничного трелевочного трактора ТДТ-55А. Рубки по финской и шведской технологии выполнялись с применением колесных харвестера «KINDAI H-8» и форвардера «KINDAI S-12».

На основании полученных в этом исследовании результатов были рассчитаны себестоимость и обобщенные показатели расходования ресурсов на 1 м<sup>3</sup> заготовленной древесины для упомянутых технологий. Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Наилучшей, с точки зрения ресурсосбережения, является финская технология рубок ухода. Финская и шведская технологии близки – разница между ними по критериям ресурсосбережения составляет менее 5 %. Сбережение ресурсов достигалось за счет экономии живого труда, запасных частей, времени работы машин и снижения повреждений окружающей среды. С точки зрения минимизации себестоимости продукции, лидирует российская технология рубок ухода. На лесосечные работы по российской технологии рубок ухода было израсходовано наибольшее количество живого труда – 96,7 чел.-дней, в то время как по финской и шведской технологии израсходовано по 31,35 чел.-дней.

Ситуация объясняется сложившейся в России в целом и в Карелии в частности,

низкой стоимостью живого труда и высокой стоимостью машин. Низкий уровень оплаты труда в лесной промышленности определен динамикой повышенного предложения и

Таблица 2

Показатели себестоимости и расходования ресурсов на 1 м<sup>3</sup> заготовленной древесины для различных технологий рубок ухода

Показатель	Технология рубок ухода		
показатель	Российская	Финская	Шведская
Себестоимость, руб./м $^3$ (в ценах 2000 г.)	74,07	283,48	287,16
Показатель расходования ресурсов по методу:			
– равномерной оптимальности	9,21	5,74	6,05
- справедливого компромисса	3,49	0,16	0,26
– Гермейера	1,50	0,73	0,77

пониженного спроса на рабочую силу в условиях переходного к рынку периода. Этот уровень оплаты не обеспечивает даже простого воспроизводства рабочей силы, что подтверждается увеличением среднего возраста основных лесопромышленных рабочих и сокращением рождаемости в целом по Республике Карелия [8].

Следует заметить, что степень использования живого труда в российской технологии, основанной на применении трелевочных тракторов с канатно-чокерной оснасткой типа ТДТ-55A, ТЛТ-100A и др., позволяет обеспечивать более высокий уровень занятости трудоспособного населения, по сравнению с машинизированным технологиями, основанными на применении форвардеров и харвестеров.

Поощрение использования подобной российской технологии в трудоизбыточных лесных районах может стать одним из государственных инструментов обеспечения социальной устойчивости лесопользования.

В рамках апробации предлагаемой методики был также проведен сравнительный анализ технологических процессов лесовосстановления на примере ручной (под меч Колесова) и механизированной (под лункообразователь Л-2У) посадки сеянцев сосны с открытой коренвой системой на 1 га вырубки из-под сосняка-брусничника с числом пней более 600 шт./га. Анализ был выполнен на основе данных о производительности лесокультурных агрегатов и стоимости лесокультурных работ, собранных в 2002–2003 гг. в лесопромышленном предприятии ОАО «Воломский КЛПХ «Лескарел» (Республика Карелия). Результаты представлены в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что лучшим с точки зрения ресурсосбережения является технологический процесс с механизированной посадкой леса под лункообразователь Л-2У, обеспечивающий сокращение расхода ресурсов до 2,3 раз. Сбережение ресурсов достигается

Таблица 3 Сравнение различных технологий посадки леса

	Машины и оборудование		
Показатель	ЛХТ-55 + ПДН-2 +	ЛХТ-55 + Л-2У	
	+ меч Колесова		
Себестоимость, руб./га	2.40.4.00	24 (0.40	
(в ценах 2003 г.)	3421,22	3168,19	
Показатель расходования			
ресурсов по методу:			
– равномерной оптимальности	11,69	9,91	
- справедливого компромисса	23,7	10,3	
– Гермейера	1,7	1,3	

за счет экономии живого труда и времени работы машин.

Применение лункообразователя Л-2У для механизации подготовки лунок также повышает производительность труда в 2,4 раза по комплексу выполняемых работ «подготовка почвы – посадка» по сравнению с ручной посадкой под меч Колесова (см. табл. 3). При этом, применение лункообразователя Л-2У обеспечивает экономический эффект 253,03 руб./га (в ценах 2003 г.).

Таким образом, лункообразователь Л-2У является предпочтительной машиной для искусственного лесовосстановления как по критериям ресурсосбережения, так и по критерию себестоимости работ.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1. Александров В. А. Моделирование технологических процессов лесных машин: Учеб. для вузов / В. А. Александров. – М.: Экология, 1995. – 256 с.
- 2. Андреев В. Н. Принятие оптимальных решений: теория и применение в лесном комплексе / В. Н. Андреев, Ю. Ю. Герасимов. – Йоэнсуу: Изд-во ун-та Йоэнсуу, 1999. – 200 c.
  - Анисимов Г. М. Совершенствование методов оценки эффективности лесосечных

- машин путь совершенствования их конкурентоспособности / Г. М. Анисимов // Теоретические и экспериментальные исследования машин и механизмов лесного комплекса: Межвуз. сб. научн. трудов. СПб.: СПбГЛТА, 2000. С. 20—25.
- 4. Блиоков Е. Н. Функциональная организация системы «наука производство» / Е. Н. Блиоков. М.: Изд-во АН РФ, 1999. 205 с.
- 5. Повышение эффективности лесовосстановительных работ на основе ресурсосберегающей технологии: 2000 гг. Отчет о НИР (заключит.) / Петрозаводский гос. ун-т; рук. А. М. Цыпук. № ГР 01200102931 от 25.12.2000. Петрозаводск, 2000. 50 с.
  - 6. Реймерс H. Ф. Природопользование / H. Ф. Реймерс. M.: Мысль, 1990. 637 с.
- 7. Родионов А. В. Оценка машин и расходуемых ресурсов для лесосечных работ / А. В. Родионов // Тр. лесоинженерного факультета ПетрГУ. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2001. вып. 3. С. 81.
- 8. Цыпук А. М. Экономическая устойчивость и подходящая технология: Отчет о НИР / А. М. Цыпук, Н. Кильюнен, П. Харстела и др. // Известия ун-та Йоэнсуу. Йоэнсуу: Изд-во ун-та Йоэнсуу, 2000. вып. 115. С. 61–83.