

Математическая модель оценки эффективности лесопользования с учетом уровня развития транспортной сети на основе комплексного подхода

Р.Н. Ковалев^{1а}, И.М. Еналеева-Бандура^{2б}, А.Н. Баранов^{2с}, В.А. Иванов^{3д}, В.А. Никифорова^{3е}

¹ Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский Тракт, 37, Екатеринбург, Россия

² Сибирский государственный университет науки и технологий им. М.Ф. Решетнёва, пр. «Красноярский рабочий», 31, Красноярск, Россия

³ Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, Братск, Россия

^а rkv@usfeu.ru, ^б melnikov1978@inbox.ru, ^с aleksandr-baranov-55@mail.ru,

^д ivanovva55@mail.ru, ^е nikiforovabr@mail.ru

^а <https://orcid.org/0000-0001-8928-8765>, ^б <https://orcid.org/0000-0001-7032-9512>,

^с <https://orcid.org/0000-0003-1333-6235>, ^д <https://orcid.org/0000-0003-0707-972X>,

^е <https://orcid.org/0000-0002-1808-245X>

Статья поступила 03.11.2020, принята 17.11.2020

На сегодняшний день в условиях современной экономики среди первостепенных задач, стоящих перед лесной отраслью, одной из приоритетных является задача обеспечения многоцелевого рационального непрерывного, неистощимого лесопользования. Данная задача обуславливается прежде всего поиском действенных в практическом применении способов определения эффективности лесопользования с учетом принципов устойчивого управления лесами и лесопользованием, при котором уровень развития транспортных сетей имеет решающее значение. Ввиду отсутствия в научной литературе подхода к определению эффективности лесопользования, учитывающего многоцелевой аспект использования лесных благ и зависимость лесопользования от уровня развития транспортной сети, можно утверждать, что разработка математической модели оценки эффективности лесопользования на основе комплексного подхода к определению ресурсного потенциала лесных территорий с учетом планирования, создания и развития транспортной сети является актуальным научным направлением. В этой связи в статье обозначена сопряженность показателя эффективности лесопользования с уровнем развития транспортной сети, поскольку транспортные сети представляют собой средство достижения лесных благ. В свою очередь, ресурсный потенциал лесных территорий рассматривается в статье как комплексная продуктивность лесных земель, которая включает в себя многообразие продуктов леса, его многосторонние защитные функции, экосистемную, биогеоэкологическую и социальную сущности, а также учет экономической составляющей отмеченного комплексного показателя. С учетом отмеченных зависимостей в статье приведена разработанная авторами математическая модель и обозначена область ее применения. В основу методологической разработки положены инструментальный экономико-математического моделирования, элементы комбинаторики и комплексный подход.

Ключевые слова: эффективность лесопользования; комплексный подход; территории лесного фонда; уровень развития; транспортная сеть.

Mathematical model for evaluating the efficiency of forest management taking into account the level of development of the transport network based on an integrated approach

R.N. Kovalev^{1а}, I.M. Enaleeva-Bandura^{2б}, A.N. Baranov^{2с}, V.A. Ivanov^{3д}, V.A. Nikiforova^{3е}

¹ Ural State Forest Engineering University; 37, Sibirsky Tract St., Ekaterinburg, Russia

² Reshetnev Siberian State University of Science and Technology; 31, Krasnoyarsky Rabochy Ave., Krasnoyarsk, Russia

³ Bratsk State University; 40, Makarenko St., Bratsk, Russia

^а rkv@usfeu.ru, ^б melnikov1978@inbox.ru, ^с aleksandr-baranov-55@mail.ru,

^д ivanovva55@mail.ru, ^е nikiforovabr@mail.ru

^а <https://orcid.org/0000-0001-8928-8765>, ^б <https://orcid.org/0000-0001-7032-9512>,

^с <https://orcid.org/0000-0003-1333-6235>, ^д <https://orcid.org/0000-0003-0707-972X>,

^е <https://orcid.org/0000-0002-1808-245X>

Received 03.11.2020, accepted 17.11.2020

Today, in the conditions of the modern economy, among the primary tasks facing the forestry industry, one of the priorities is the task of ensuring multi-purpose, rational, continuous, inexhaustible forest management. This task is primarily due to the search for effective in practical application ways to determine the efficiency of forest management, taking into account the principles of sustainable

forest management and forest management, in which the level of development of transport networks is of decisive importance. Due to the absence of an approach in the scientific literature to determining the efficiency of forest use, taking into account the multipurpose aspect of the use of forest benefits and the dependence of forest use on the level of development of the transport network, it can be argued that the development of a mathematical model for assessing the effectiveness of forest use based on an integrated approach to determining the resource potential of forest areas taking into account the planning, creation and development of the transport network is an urgent scientific direction. In this regard, the article indicates the conjugation of the indicator of forest use efficiency with the level of development of the transport network, since transport networks are a means of achieving forest benefits. In turn, the resource potential of forest areas is considered in the article as the complex productivity of forest lands, which includes a variety of forest products, its multifaceted protective functions, ecosystem, biogeocenotic and social essence, as well as taking into account the economic component of the noted complex indicator. Considering the noted dependencies, the article presents a mathematical model developed by the authors and indicates the area of its application. The methodological development is based on the tools of economic and mathematical modeling, elements of combinatorics and an integrated approach.

Keywords: efficiency of forest management; integrated approach; forest fund territories; development level; transport network.

В современных экономических условиях большое значение для лесной отрасли имеют вопросы рационального и эффективного лесопользования на основе эколого-экономической оценки всего ресурсного потенциала лесных территорий посредством учета как экологических и экономических, так и социальных аспектов использования лесов. Подобный подход к данной оценке является комплексным. Следовательно, комплексная оценка ресурсного потенциала лесных территорий представляет собой базу в целях решения задач полноты и рациональности использования лесных ресурсов, учитывая ресурсы, определенные в источниках [5–6] как «невесомые полезности леса». В данном контексте необходимо отметить, что осуществлять оценку эффективности лесопользования на базе комплексного подхода к использованию лесных благ невозможно без учета уровня развития транспортной сети на территориях лесного фонда (ТСЛФ), поскольку именно транспортная доступность обеспечивает все виды лесопользования. Таким образом, разработка математической модели оценки эффективности лесопользования с учетом уровня развития транспортной сети на территории лесного фонда на основе комплексного подхода является актуальным научным направлением. Тем не менее, до настоящего времени в научных трудах отсутствуют надежные и универсальные модели определения эффективности использования ресурсов лесных земель на основе комплексного подхода, учитывающие влияние данного фактора.

Объекты и методы исследования. Транспортную систему на территории лесного фонда, согласно источникам [3–4; 12 и др.], следует рассматривать как структуру, обладающую динамическим характером, связанную в рамках своего функционирования с окружающей средой. Данную среду можно обозначить как производственную в условиях постоянных изменений. Эти изменения обусловлены динамическим характером существования лесных экосистем, изменчивостью нормативно-правовой и законодательной базы в рамках управления лесами и лесопользованием, сменой технологических требований к производственным процессам и т. п. Вследствие вышеуказанного экономическая эффективность обозначенной системы обуславливается соответствием требованиям внешней среды в динамике их сопряжения. Под сопряжением данных параметров понимается процесс приспособления ТСЛФ под изменчивость производственной среды. Указанный процесс, как отмечено в [4], называется адаптацией.

Поэтому в современных условиях хозяйствования актуально рассматривать ТСЛФ, основываясь на ее системном характере (тесной взаимосвязи всех ее элементов), сопряженности с лесной экосистемой в пространстве и во времени. Преимуществами данного подхода являются: отражение пространственно-временных характеристик ТЛСФ; определение показателей проекта планирования транспортной сети на территории лесного фонда с учетом эколого-социально-экономической направленности [1; 8–20 и др.].

Следует обозначить, что проект планирования ТСЛФ сопряжен со значительными капитальными затратами. Поэтому планирование ТСЛФ должно основываться на выборе целесообразного с точки зрения эколого-экономической оценки варианта лесопользования с учетом природно-климатических и производственных условий предполагаемых к освоению лесных земель, а также пространственно-временной динамики как этапов развития ТСЛФ, так и лесного фонда.

Отмеченные параметры могут быть определены в зависимости от целевого назначения лесов, а также от системы проводимых лесохозяйственных мероприятий, которая, в свою очередь, находится в тесной зависимости от свойств преобладающих древесных пород и интенсивности проведения лесохозяйственных мероприятий. Значения отмеченных параметров определяют величину показателя рабочей нагрузки на проектируемую дорожную сеть. В этой связи процесс планирования ТСЛФ представляет собой поиск точки оптимума между разнонаправленными характеристиками данного государственного проекта. Под отмеченными характеристиками следует понимать экологическую, экономическую и техническую эффективность ТСЛФ.

Поэтому, исходя из значимости проекта ТСЛФ, естественным образом встает вопрос об окупаемости данного проекта. Показателем окупаемости проекта создания и развития ТСЛФ является эффективность многоцелевого использования ресурсного потенциала лесных земель, предполагаемых к освоению посредством планируемой транспортной сети. Эффективность многоцелевого использования ресурсного потенциала лесных земель представляет собой комплексную продуктивность лесов. Комплексная продуктивность, согласно научной литературе [3–7], включает в себя все виды использования лесных ресурсов. Комплексную продуктивность нельзя представить стопроцентной величиной по сумме всех видов деятельности предприятия лесного комплекса. Комплексная продуктивность

зависит от направления деятельности предприятия и, соответственно, приоритетных задач хозяйствования. Понятие, сущность и область определения комплексной продуктивности в аспекте научных подходов и практического лесопользования расширяется с каждым днем. Однако вопросы определения эколого-социально-экономической оценки комплексной продуктивности леса, сопряженной с эффективностью лесопользования, имеют недостаточную научную проработку, обусловленную локальным характером исследований, направленных либо на поиск оптимизационных решений в области проектирования ТСЛФ, либо на пути повышения экономической эффективности от реализации проекта. Таким образом, комплексная проработка проблемы оценивания эколого-социально-экономической эффективности лесопользования с учетом уровня развития ТСЛФ в научной литературе отсутствует [1–12; 15–20 и др.].

Учитывая вышеизложенное, можно заключить, что разработка эффективного методологического аппарата определения эколого-социально-экономической оценки различных видов лесопользования с учетом влияния на данную эффективность уровня развитости лесной транспортной сети является актуальным научной задачей, для решения которой необходимы выработка понятной и четкой постановки целевого функционала, а также грамотное определение области распределения величины отмеченного функционала в целях правильности введения в модель показателей системы ограничений методической разработки.

Результаты и их обсуждение. Результаты в области выработки адекватной математической модели к оцениванию эффективности лесопользования заключаются в ниже следующем.

Эффективность лесопользования в разработанной модели предлагается определять как отношение комплексной продуктивности лесных территорий к капитальным затратам на создание и развитие ТСЛФ за полный период освоения лесного фонда посредством выражения (1):

$$\begin{aligned} \Phi_{\text{л}} T &= \sum_{t_i=0}^n \Phi_{\text{л}} t_i \rightarrow \max \\ \Phi_{\text{л}} t_i &= \frac{P_{\text{л}} t_i}{S_{\text{кап}} t_i} \rightarrow \max \\ T &= \sum_0^T t_i \end{aligned} \quad (1)$$

где $P_{\text{л}}$ — продуктивность подлежащих освоению лесных земель посредством планируемой ТСЛФ, $p./\text{га}$; T — полный временной период освоения лесного фонда, лет; t_i — временной интервал от экономической оценки до заготовки лесного сырья, $t_i \in 0, \dots, T$, лет; $S_{\text{кап}}$ — сумма затрат на строительство ТСЛФ и эксплуатационных затрат, $p./\text{га}$, на период времени t_i (для вычисления показателя эффективности лесопользования данные затраты целесообразно рассчитывать не в единицах измерения, $p./\text{км}$, а с помощью показателя $p./\text{га}$. Использование отмеченной измерительной величины вызвано необходимостью сведения расчетных данных к общему знаменателю).

Определение суммы капитальных затрат на строительство ТСЛФ и эксплуатационных затрат прописывается выражением (2):

$$S_{\text{кап}} t_i = S_{\text{стр}} t_i + \sum_{k=1}^V I_{\text{в}} t_i + S_{\text{экс}}(t_i) \cdot \sum_{k=1}^G I_{\text{г}} t_i \rightarrow \min \quad (2)$$

где $S_{\text{стр}}$ — капитальные затраты на создание и эксплуатацию ТСЛФ на временной интервал t_i , $p./\text{га}$; $S_{\text{экс}}$ — затраты на эксплуатацию ТСЛФ на временной интервал t_i , $p./\text{га}$.

К затратам на эксплуатацию ТСЛФ следует отнести: стоимость строительства временных веток и усов; заработную плату рабочих; амортизационные отчисления от износа постоянных путей; стоимость содержания и текущего ремонта ТСЛФ и т. п.: $I_{\text{в}}$ — коэффициенты, оказывающие влияние на величину затрат на строительство ТСЛФ, на временной интервал t_i ; $I_{\text{г}}$ — коэффициенты, оказывающие влияние на величину эксплуатационных затрат, на временной интервал t_i .

Формализация вычисления комплексной продуктивности лесных территорий, приведенная к расчетному временному интервалу путем дисконтирования финансовых потоков, представлена расчетной формулой (3):

$$\begin{aligned} P_{\text{л}} t_i &= W_{\text{вал}}^T t_i - S_{\text{сум}} t_i \rightarrow \max \\ S_{\text{сум}} t_i &= \frac{S_{\text{кап}} t_i + S_{\text{в}} t_i + S_{\text{р}} t_i + S_{\text{у}} t_i + I'_{\text{л}} t_i}{1 + e^{-t_i}} \cdot 1 + \frac{1}{1 + e^{-T}} \rightarrow \min \end{aligned} \quad (3)$$

где $W_{\text{вал}}^T$ — суммарная валовая выручка от всех видов лесопользования на 1 га лесных территорий, $p./\text{га}$, на временной интервал t_i ; $S_{\text{сум}}$ — совокупные затраты на 1 га лесных территорий, $p./\text{га}$ (образованные посредством лесозаготовок, проведения лесохозяйственных мероприятий, а также затрат на строительство ТСЛФ и эксплуатационных затрат на временной интервал t_i); $S_{\text{в}}$ — затраты, связанные с проведением лесохозяйственных мероприятий, $p./\text{га}$, на временной интервал t_i ; $S_{\text{р}}$ — затраты, связанные с водопользованием, $p./\text{га}$, на временной интервал t_i ; $S_{\text{у}}$ — ущерб от загрязнения окружающей среды, неучтенный в хозяйственной деятельности, $p./\text{га}$, на временной интервал t_i ; $I'_{\text{л}}$ — не реализация лесных ресурсов в результате неосвоения лесных земель ввиду отсутствия ТСЛФ на временной интервал t_i , $p./\text{га}$; $I'_{\text{л}}$ — данный показатель представляет собой издержки, образованные в результате упущенной выгоды от потери выручки от реализации лесных ресурсов ввиду их временной недоступности на временной интервал t_i [2].

Выражение, определяющее величину суммарной капитализированной валовой выручки от многоцелевого лесопользования на временной интервал t_i освоения лесных земель, имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} W_{\text{вал}}^T t_i &= \frac{W_{\text{г}} t_i + W_{\text{под}} t_i + W_{\text{поб}} t_i + W_{\text{нф}} t_i}{1 + e^{-t_i}} \cdot 1 + \frac{1}{1 + e^{-T}} \rightarrow \max \\ W_{\text{г}} t_i &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L R_{ijkl}^{\text{з}} t_i + R_{ijk}^{\text{тп}} t_i + R_{ijk}^{\text{тэк}} t_i \cdot V_{ijk}^{\text{з}} t_i \\ W_{\text{под}} t_i &= R^{\text{род}} \cdot I_{\text{п}}^{\text{об}}, \\ W t_i &= 100 I_{\text{н}}^{\text{род}} \\ W_{\text{нф}} t_i &= \sum_{i=0}^T (V_i^{\text{з}} t_i \cdot I_{\text{нф}}^{\text{поб}} t_i) \cdot R^{\text{в}} \end{aligned} \quad (4)$$

где $W_{\text{г}}$ — валовая выручка от реализации лесного сырья на 1 га лесных земель, $p./\text{га}$, на временной интервал t_i ; $W_{\text{под}}$ — валовая выручка от подсоски, $p./\text{га}$, на временной интервал t_i ; $W_{\text{поб}}$ — валовая выручка от побочного (разрешенного) лесопользования рассчитывается согласно источнику [3], $p./\text{га}$, на временной интервал

t_i ; W — валовая выручка, получаемая посредством реализации углерододепонирующей функции лесов на 1 га леса, $p./\text{га}$, на временной интервал t_i ; R_{il}^3 — цена l -го лесного ресурса на i -м гектаре $l \in 1, \dots, L$, $p./\text{га}$, на временной интервал t_i ; R_{ijk}^{TP} — транспортные издержки, образованные посредством вывозки заготовленного лесного сырья с i -го гектара, $i \in 1, \dots, m$, на j -й склад (прирельсовый участок, потребителю), $j \in 1, \dots, n$, k -м видом транспорта $k \in 1, \dots, K$, $p./\text{га}$, на временной интервал t_i ; R_{ijk}^{Tex} — технологические затраты, $p./\text{га}$, на временной интервал t_i ; V_{ijk}^3 — объем запаса l -го лесного ресурса, на временной интервал t_i ; $R^{\text{Год}}$ — ставка податей за подсочку насаждений на 1 га в год; $I_p^{\text{об}}$ — коэффициент оборота рубки, принимается согласно источнику [3]; $I_B^{\text{год}}$ — годовой размер лесных податей по видам лесопользования [3]; $I_l^{\text{пор}}$ — коэффициент поглощения CO_2 лесами l -породы породы i -го гектара на временной интервал t_i ; V_l^3 — объем запасов лесов l -породы породы на i -м гектаре, на временной интервал t_i ; $R^{\text{б}}$ — цена функции поглощения CO_2 на временной интервал t_i , $p./\text{га}$.

Представленная математическая модель оценки эффективности лесопользования с учетом уровня развития транспортной сети на основе комплексного подхода имеет следующие ограничения:

1. Окупаемость капитальных затрат:

$$\sum_{t=0}^T P_l t_i > \sum_{t=0}^T S_{\text{кап}}(t_i). \quad (5)$$

2. Сбалансированность финансовых потоков предприятия:

$$\sum_{t=0}^T \frac{S_{\text{кап}} t_i + S_n t_i + S_r t_i + S_y t_i + I_{ij}^l t_i}{1+e^{-t_i}} \cdot 1 + \frac{1}{1+e^{-T}} \leq P_{\text{max}}, \quad (6)$$

где P_{max} — финансовые возможности предприятия, $p.$

3. Эффективность плеча вывозки лесного ресурса:

Литература

1. Пунцукова С.Д. Эколого-экономическая оценка лесных ресурсов как основа устойчивого лесопользования // Вестн. Бурятского гос. ун-та. № 4. 2011. С. 38–43.
2. Майоров И.Г. Экономическая доступность лесных ресурсов и транспортная доступность // Экономика и управление. 2014. № 10 (119). С. 24–28.
3. Болотов О.В., Ельдештейн Ю.М., Болотова А.С. и др. Основы расчета и планирования устойчивого управления лесопользованием: монография / Красноярск: СибГТУ, 2005. 180 с.
4. Ковалев Р.Н., Гуров С.В. Планирование транспортных систем лесных предприятий в условиях многоцелевого лесопользования: монография / Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад. 1996. 250 с.
5. Оплетав А.С., Черных А.И. Повышение продуктивности лесов: Учебно-методическое пособие для магистров Института леса и природопользования очной и заочной форм обучения по направлению 35.04.01 «Лесное дело». Урал. гос. лесотехн. ун-т, Екатеринбург, 2017. 28 с.
6. Мелехов И.С. Лесоводство. М.: МГУЛ, 2-е изд. доп., испр. 2003. 320 с.
7. Русаленко А.И. Эффективные пути повышения продуктивности лесов // Труды БГУ. 2013. № 1. С. 106–110.
8. Fücks R. Intelligent Wachsen. Die grüne Revolution. Berlin: Hanser, 2014. P. 362.

эффективное плечо вывозки лесного ресурса представляет собой транспортную доступность i -го лесного участка [2; 3]:

$$R_{ij} \leq R_{\text{дост}}, \quad (7)$$

где R_{ij} — расстояние между i -м лесным участком и j -м складом сырья, км .

4. Неотрицательность материальных потоков:

$$V_{ijk} t \geq 0, \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n; t = 0, \dots, T; k = 1, \dots, K. \quad (8)$$

5. Требование рационального непрерывного неистощимого лесопользования:

$$\sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L ((V_{ijk} t + 1 l \cdot R_{ij} + R_{ijkl}^{\text{TP}} + R_{ijk}^{\text{Tex}} t + 1 l - S_3 t + 1 l - S_B t + 1 l - S_r t + 1 l - S_y t + 1 l - I_{ij}^l \cdot \Delta t t + 1 l) - \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L ((V_{ijk} t l \cdot R_{ij} + R_{ijkl}^{\text{TP}} + R_{ijk}^{\text{Tex}} t l - R_3 t l - R_B t l - R_r t l - R_y t l - I_{ij}^l \cdot \Delta t t) l) \geq 0, \quad l = 1, \dots, L. \quad (9)$$

Вывод. Подводя итоги, можно сделать вывод, что разработанная математическая модель оценивания эффективности лесопользования с учетом фактора планирования транспортной сети и динамики лесных земель на основе комплексного подхода позволяет более объективно выполнять расчет суммарной величины ресурсного потенциала лесных земель при многоцелевом лесопользовании. Она позволяет в рамках оценивания продуктивности территорий лесного фонда определить показатель капиталотдачи от проекта создания и развития транспортных сетей.

Следует подчеркнуть, что подобный подход к оцениванию обозначенного показателя обеспечивает целесообразность и рациональность инвестиций в проект планирования ТСЛФ, что обуславливает сохранение финансовой устойчивости предприятия.

9. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. Third Edition / Economic & Social Affairs. October 2007, New York, United Nations, 2007. 93 p.
10. Duwe S. Governing the Transition to a Green Economy: dis. Freie Universität Berlin, 2015.
11. Broman G.I and Robert K.-H. A framework for strategic sustainable development. Journal of Cleaner Production, Vol. 140. 2017. P. 17–31.
12. Detz P.V. Gibt es eine optimal Walders-Chliepfung // Allgemeine For-stzeitschrift. 1979. V. 34. № 7. P. 141–167.
13. Kovalev R.N., Enaleeva-Bandura I.M., Nikonchuk A.V., Chernykh R.A. Ecological and economic efficiency assessment of forest-transport systems based on the principles of sustainable territorial development // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 315, Iss. 5, № 52004. 2019. URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/9240>.
14. Enaleeva-Bandura I.M., Kovalev R.N., Chernykh R.A. Planning of forest transport systems based on the principles of sustainable development of territories. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 395, Iss. 1, № 12068. 2019. URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/9289>.
15. Loomis J.J., Knaus M., Dziedzic M. Integrated quantification of forest total economic value. Land Use Policy, Vol. 8. P. 335–346. 2019.
16. Does the economic benefit of biodiversity enhancement exceed the cost of conservation in planted forests? (website). URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.100954>.

17. Modelling the effect of accelerated forest management on long-term wildfire activity (website). URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.108962>.
18. Данилов Д.А., Беляева Н.В., Грязькин А.В. Особенности формирования запаса и товарной структуры модальных хвойных древостоев сосны и ели к возрасту спелого насаждения // *Lesnoy zhurnal (Forestry journal)*. 2018. № 2. P. 40–48.
19. Elbakidze M., Angelstam P., Andersson K., Nordberg M., Pautov Yu. How Does Forest Certification Contribute to Boreal Biodiversity Conservation? Standards and Outcomes in Sweden and NW Russia // *Forest Ecology and Management*. 2011. Vol. 262, iss. 11. P. 1983–1995.
20. Дебков Н.М., Ильинцев А.С. Оценка неистощительности лесопользования в рамках добровольной лесной сертификации по схеме FSC // *Lesnoy zhurnal (Forestry journal)*. 2017. № 6. P. 23–35.
9. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. Third Edition / Economic & Social Affairs. October 2007, New York, United Nations, 2007. 93 p.
10. Duwe S. Governing the Transition to a Green Economy: dis. Freie Uni-versität Berlin, 2015.
11. Broman G.I. and Robert K.-H. A framework for strategic sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 140, 2017. P. 17–31.
12. Detz P.V. Gibt es eine optimal Walders-Chliepung // *Allgemeine For-stzeitschrift*. 1979. V. 34. № 7. P. 141–167.
13. Kovalev R.N., Enaleeva-Bandura I.M., Nikonchuk A.V., Chernykh R.A. Ecological and economic efficiency assessment of forest-transport systems based on the principles of sustainable territorial development // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 315, Iss. 5, № 52004. 2019. URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/924>.
14. Enaleeva-Bandura I.M., Kovalev R N., Chernykh, R.A. Planning of forest transport systems based on the principles of sustainable development of territories. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 395, Iss. 1, № 12068. 2019. URL: <http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/9289>.
15. Loomis J.J., Knaus, M., Dziedzic M.: Integrated quantification of forest total economic value. *Land Use Policy*, Vol. 84. 2019. P. 335–346.
16. Does the economic benefit of biodiversity enhancement exceed the cost of conservation in planted forests? (website). URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.100954>.
17. Modelling the effect of accelerated forest management on long-term wildfire activity (website). URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.108962>.

References

1. Puntukova S. D. Ecological and economic assessment of forest resources as the basis for sustainable forest management // *Bulletin of the Buryat State University*. № 4. 2011. P. 38–43.
2. Mayorov I.G. Economic accessibility of forest resources and transport accessibility / I.G. Mayorov, A.G. Tretyakov // *Economics and Management*. 2014. № 10 (119). P. 24–28
3. Bolotov O.V., Eldestein Yu.M., Bolotova A.S. et al. Basics of calculation and planning of sustainable forest management: monograph. / Krasnoyarsk: SibGTU, 2005. 180 p.
4. Kovalev R.N., Gurov S.V. Planning of transport systems of forest enterprises in the conditions of multi-purpose forest use: monograph / Yekaterinburg: Ural. state forestry technician. Academy, 1996. 250 p.
5. Opletaev A.S., Chermnykh A.I. Increasing forest productivity: uchebno-metodicheskoe posobie dlya magistrov Instituta lesa i prirodopol'zovaniya ochnoj i zaочноj form obucheniya po napravleniyu 35.04.01 «Lesnoe delo // Ural. state forestry technician. University, Yekaterinburg, 2017. 28 p.
6. Melekhov I.S. *Forestry*. M.: Moscow State University, 2nd ed. add., 2003. 320 p.
7. Rusalenko A.I. Effective ways to increase forest productivity // *Transactions of BSTU*, 2013. № 1. P. 106–110.
8. Fücks R. *Intelligent Wachsen. Die grüne Revolution*. Berlin: Hanser, 2014. P. 362.
19. Elbakidze M., Angelstam P., Andersson K., Nordberg M., Pautov Yu. How Does Forest Certification Contribute to Boreal Biodiversity Conservation? Standards and Outcomes in Sweden and NW Russia // *Forest Ecology and Management*. 2011. Vol. 262, iss. 11. P. 1983–1995.
20. Debkov N.M., Il'intsev A.S. Assessment of Sustainable Forestry within the FSC Voluntary Forest Certification Scheme // *Lesnoy zhurnal (Forestry journal)*. 2017. № 6. P. 23–35.