

Метод оценки эколого-экономического ущерба от пожаров лесным экосистемам с учетом планирования и создания лесотранспортных систем

Р.Н. Ковалев^{1a}, И.М. Еналеева-Бандура^{2b}, А.Н. Баранов^{2c}, Н.Н. Шишоркин^{2d}

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

^a kir9624@yandex.ru, ^{b, c, d} melnikov1978@inbox.ru

^a <https://orcid.org/000-0001-8928-8765>, ^b <https://orcid.org/0000-0001-7032-9512>,

^c <https://orcid.org/0000-0003-1333-6285>, ^d <https://orcid.org/0000-0003-2094-0190>

Статья поступила 21.10.2021, принята 09.11.2021

Перед лесной отраслью в современных экономических условиях стоит задача по обеспечению как рационального многоцелевого лесопользования, так и сохранения лесов. Данная задача обуславливается прежде всего тем, что леса являются единственным возобновляемым источником сырьевых ресурсов, а также источником стабилизации основных биосферных процессов в регионах РФ. Одним из основных факторов, дестабилизирующих экологическое состояние лесных земель, являются пожары, негативное воздействие которых распространяется не только на лесные экосистемы, но и на биосферные процессы. В этой связи лесные пожары оказывают негативное воздействие не только на экологию лесных земель, но и на социальную сферу и здравоохранение прилегающих территорий населенных пунктов. Возобновление лесного покрова на подвергшихся пожарам площадях требует значительных временных затрат, которые могут катастрофически сказаться на деятельности хозяйствующего субъекта. Обозначенная проблема обусловлена в основном транспортной недоступностью подвергшихся пожару лесных земель. Таким образом, лесотранспортные сети на территориях лесных земель являются рычагом для достижения не только лесных благ, но и качественного проведения лесохозяйственных мероприятий. С учетом вышеизложенного совершенно естественно возникает экономическая дилемма. С одной стороны, строительство новой лесотранспортной сети либо развитие существующей до необходимого уровня, в рамках обеспечения качественного проведения лесохозяйственных мероприятий, является высокочрезвычайно затратным проектом, с другой стороны, высокие суммарные издержки на тушение и ликвидацию последствий лесных пожаров обусловлены прежде всего отсутствием развитой транспортной сети на территории лесного фонда (ТСЛФ). Критерием для принятия решения по обозначенной проблеме в пользу реализации проекта ТСЛФ является величина снижения эколого-экономического ущерба лесным экосистемам посредством создания и развития лесотранспортных систем, способствующих повышению эффективности лесопользования и лесовосстановления в послепожарный период, а также своевременному тушению и проведению противопожарных мероприятий и в целом сокращению величины эколого-экономического ущерба, причиненного пожаром лесным экосистемам в долгосрочной перспективе. Таким образом, перечисленные положительные факторы наличия ТСЛФ обуславливают окупаемость проекта посредством снижения величины обозначенного ущерба. Следует отметить, что, хотя в научной литературе описано множество методов определения оценки эколого-экономического ущерба лесным экосистемам, учет влияния от создания и развития ТСЛФ в них отсутствует. Таким образом, разработка метода оценки эколого-экономического ущерба лесным экосистемам с учетом планирования создания и развития ТСЛФ представляет значительный интерес — как практический, так и научный.

Ключевые слова: оценка эколого-экономического ущерба; лесотранспортная сеть; государственный проект; лесные экосистемы; лесные пожары.

Method for assessing environmental and economic damage from fires to forest ecosystems with consideration for planning and creation of forest transport systems

R.N. Kovalev^{1a}, I.M. Enaleeva-Bandura^{2b}, A.N. Baranov^{2c}, N.N. Shishorkin^{2d}

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

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

^a kir9624@yandex.ru, ^{b, c, d} melnikov1978@inbox.ru

^a <https://orcid.org/000-0001-8928-8765>, ^b <https://orcid.org/0000-0001-7032-9512>,

^c <https://orcid.org/0000-0003-1333-6285>, ^d <https://orcid.org/0000-0003-2094-0190>

Received 21.10.2021, accepted 09.11.2021

The forestry industry in modern economic conditions is faced with the task of ensuring both rational multipurpose forest management and forest conservation. This task is primarily due to the fact that forests are: the only renewable source of raw materials; a source of stabilization of the main biospheric processes in the regions of the Russian Federation. One of the main factors destabilizing the ecological state of forest lands are fires, the negative impact of which extends not only to forest ecosystems, but also to biosphere processes. In this regard, forest fires have a negative impact not only on the ecology of forest lands, but also on the social sphere and health care of the adjacent forest lands, territories of settlements that were exposed to fires. The renewal of forest cover in areas affected by fires requires significant time expenditures, which can have a catastrophic effect on the activities of an economic entity. The designated problem arises mainly due to the transport inaccessibility of the forest lands affected by the fire. Thus, forest transport networks in forest lands are a lever for achieving not only forest benefits, but also high-quality forestry activities. Given the above, an economic dilemma naturally arises. On the one hand, the construction of a new forest transport network, or the development of the existing one to the required level, within the framework of ensuring high-quality forestry activities, is a high-cost project, on the other hand, the high total costs of extinguishing and eliminating the consequences of forest fires are primarily due to the lack of a developed transport network on the territory of the forest fund (TNFF). The criterion for making a decision on the indicated problem in favor of the TNFF project is the value of reducing the ecological and economic damage to forest ecosystems through planning the creation and development of forest transport systems. Since the presence of transport systems contributes to: increasing the efficiency of forest management and reforestation in the post-fire period; timely extinguishing and carrying out fire-fighting measures. In general, the reduction of the amount of ecological and economic damage caused by fire to forest ecosystems in the long term, i.e. the listed positive factors of the influence of the presence of TNFF determine the payback of its project, by reducing the amount of the indicated damage. It should be noted that although the scientific literature describes many methods for determining the assessment of ecological and economic damage to forest ecosystems, accounting for the impact of planning the creation and development of TNFF in them is absent. Thus, the development of a method for assessing the ecological and economic damage to forest ecosystems, taking into account the planning of the creation and development of TNFF, is of significant, both practical and scientific interest.

Keywords: assessment of environmental and economic damage; timber transport network; state project; forest ecosystems; forest fires.

Введение. Лесные пожары можно обозначить как одну из наиболее мощных экологических катастроф и определить как один из сильнейших негативных факторов, оказывающих разрушительное воздействие на лесные экосистемы. В этой связи тушение лесных пожаров необходимо, хотя и высокочатртно.

Высокие совокупные издержки, связанные с тушением и ликвидацией последствий лесных пожаров, в основном определяются недостаточным уровнем развития транспортной сети на территории лесного фонда (ТСЛФ). Поскольку, несмотря на достаточно высокие капитальные вложения в государственный проект, наличие лесотранспортной сети на территориях лесных земель способствует не только тушению пожаров и проведению необходимого комплекса лесовосстановительных работ в послепожарный период с наименьшими затратами, но и обеспечивает проведение противопожарных мероприятий. Таким образом, ущерб лесам от пожаров можно отнести к потерям в лесном хозяйстве из-за бездорожья.

Объекты и методы исследования. Эколого-экономический ущерб, причиненный землям лесного фонда посредством возникновения лесных пожаров, является интегральной величиной, стоимостное значение которой склонно к изменению во времени и пространстве в зависимости от скорости послепожарного восстановления лесных площадей, подвергшихся выгоранию. Данная величина генерирует в себе следующие составляющие: совокупные издержки, связанные с охраной лесных территорий; экономическую стоимость лесных ресурсов, погибших в результате пожара (данный показатель определяет снижение стоимости пройденной пожаром лесной территории).

В целях наглядности катастрофического воздействия лесных пожаров на земли лесного фонда, нами приводятся данные МЧС Российской Федерации (см. таблицу) [9].

Таблица. Стоимостная оценка ущерба от лесных пожаров в Российской Федерации

Величина ущерба от лесных пожаров в стоимостном выражении, млрд р. в год	Годы
≈ 20,0	2019
16,9	2018
25,2	2017
23,7	2016
56,4	2015
23,8	2014

Согласно данным таблицы и источнику [9], стоимостная оценка ущерба лесному хозяйству ввиду возникновения пожаров состоит из следующих потерь в денежном и процентном отношении к величине общего ущерба:

- потери древесного сырья, от 3 до 7 млрд р. — 17,86 %;
- потери от гибели животных, от 1,5 до 5 млрд р. — 12,76 %;
- ущерб от загрязнения окружающей среды продуктами горения, от 0,5 до 1,5 млрд р. — 3,82 %;
- расходы на тушение и последующую расчистку горелых площадей, гибели животных, загрязнения продуктами горения, от 8 до 15 млрд р. — 38,27 %;
- затраты на восстановление леса и т. п., от 5 до 10,7 млрд р. — 27,29 %.

Следует отметить, что, согласно источнику [10], в среднем 15 % от величины общих расходов на охрану лесов составляют расходы на создание противопожарных объектов, включая уход за ними.

Учитывая вышеизложенное, очевидно, что разработку мероприятий по снижению величины указанного ущерба можно определить как актуальную научную задачу. Таким образом, обуславливается необходимость разработки метода оценки данного

Совокупные потери суммарной выручки от многоцелевого лесопользования в результате воздействия k -го пожара за полный период возобновления лесного покрова определяются следующим выражением:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Pi^c = \frac{\sum_{t=0}^T (\Pi_g(t) + \Pi_{\text{под}}(t) + \Pi_{\text{поб}}(t) + \Pi_{\text{пф}}(t))}{(1+e)^T} \rightarrow \min \\ \Pi_g(t) = \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^L [C_i^c(t) \cdot Q_i^c(t) + C_i^m(t) \cdot Q_i^m(t)] \\ \Pi_{\text{под}}(t) = C^{\text{год}} \cdot K_p^{\text{об}}, \\ \Pi_{\text{поб}}(t) = 100 C_B^{\text{год}} \\ \Pi_{\text{пф}}(t) = \sum_{t=0}^T (Q_{ij}^3(t) \cdot K_{ij}^{\text{пор}}(t)) \cdot C^B \\ T = \sum_{t=0}^T t \end{array} \right. \quad (2)$$

где $\Pi_g(t)$ — потери валовой выручки посредством отпуска древесины на корню (второстепенных лесных ресурсов), $p./\text{га}$, на интервал времени t ; $\Pi_{\text{под}}(t)$ — потери валовой выручки от подсочки, $p./\text{га}$, на интервал времени t ; $\Pi_{\text{поб}}(t)$ — потери валовой выручки от побочного лесопользования: туризма, охоты, спорта и др. целей принимается согласно источнику [11], $p./\text{га}$, на интервал времени t ; $\Pi_{\text{пф}}(t)$ — потери валовой выручки от продуцирования углероддепонирующей функции лесов на 1 га леса, $p./\text{га}$, на интервал времени t ; $C_i^c(t)$ — стоимость потерь древесины на корню в средневозрастных, приспевающих, спелых и перестойных насаждениях, $p./\text{га}$, на интервал времени t ; $C_i^m(t)$ — ущерб от повреждения молодняков естественного и искусственного происхождения, $p./\text{га}$, на интервал времени t ; $Q_i^c(t)$ — объем потерянной древесины на корню j -породы (второстепенных лесных ресурсов), $\text{м}^3/\text{га}$; $C^{\text{год}}$ — годовая ставка лесных податей, взимаемых за подсочку на 1 га насаждений; $K_p^{\text{об}}$ — коэффициент оборота рубки; $C_B^{\text{год}}$ — годовой размер лесных податей, взимаемый за соответствующий вид лесопользования [11]; $K_{ij}^{\text{пор}}(t)$ — коэффициент поглощения CO_2 лесами j -породы i -го гектара на интервал времени t ; $Q_{ij}^3(t)$ — объем потерянных запасов лесов j -й породы на i -м гектаре, на интервал времени t ; C^B — удельная оценочная стоимость функции поглощения CO_2 на интервал времени t , $p./\text{га}$; e — коэффициент дисконтирования; T — период восстановления территории лесного фонда, лет; t — время восстановления l -го лесного ресурса, $t \in \{0, \dots, T\}$, лет.

Суммарный ущерб, нанесенный k -м лесным пожаром, по видам ущерба за весь период восстановления территории лесного фонда определяются следующим выражением:

$$U^c = \sum_{t=0}^T \frac{Y_3 + Y_B + Y_r + Y_y + Y_{\text{ор}}}{(1+e)^t} \cdot \left(1 + \frac{1}{(1+e)^T}\right) \rightarrow \min, \quad (3)$$

где Y_3 — ущерб от ухудшения средообразующих функций леса, $p./\text{га}$; Y_B — ущерб от пожаров посредством загрязнения атмосферы, определяется согласно источнику [18], $p./\text{га}$; Y_r — ущерб от гибели животных и растений, включая занесенных в Красную книгу, определяется согласно источнику [14], $p./\text{га}$; Y_y — ущерб от повреждения второстепенных лесных ресурсов, $p./\text{га}$; $Y_{\text{ор}}$ — снижение стоимости

поврежденных пожаром объектов инфраструктуры и заготовленной лесной продукции, $p./\text{га}$.

Оценивание величины эколого-экономического ущерба на базе комплексного подхода представляет собой определение прогнозируемого интегрального показателя планируемых затрат, направленных на охрану лесов (указанные затраты представляют собой планирование создания и развития ТСЛФ; а также затраты, связанные с патрулированием лесной территории, пропагандой, содержанием штата лесной охраны и другими противопожарными мероприятиями). В этой связи важнейшим показателем, определяющим эффективность данных затрат, является величина предотвращенного эколого-экономического ущерба лесным экосистемам. Отмеченный показатель обобщенно зависит от величины обозначенных затрат и находится с ними в тесном сопряжении. Эти затраты снижают величину эколого-экономической оценки сохраненной от воздействия пожаров территории лесного фонда (предотвращенного эколого-экономического ущерба лесным экосистемам), так как вышеуказанные денежные средства были затрачены в целях получения обозначенного эффекта. Учитывая вышеизложенное, взаимосвязь эколого-экономического ущерба лесным экосистемам посредством пожаров и эффективности затрат на охрану лесов от пожаров и борьбы с пожарами определяется следующим выражением:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_{\text{сум}}^{\text{общ}} = y_{\text{пр}}^{\text{общ}} - y_{\text{сум}}^{\text{пред}} \\ y_{\text{пр}}^{\text{общ}} = \sum_{k=0}^K y_k^{\text{общ}} \cdot S_k^{\text{пп}} \\ S^{\text{сохр}} = S_k^{\text{пп}} - S_k^{\text{выг}} \\ y_{\text{сум}}^{\text{пред}} = S^{\text{сохр}} \cdot C_{\text{общ}}^{\text{сохр}} - \sum_{t=0}^T (Z_{\text{стр}} + Z_{\text{охр}}) \end{array} \right. \quad (4)$$

где $Z_{\text{стр}}$ — суммарные затраты на планирование создания и развития ТСЛФ по периодам времени t плюс необходимость создания дополнительной дорожной сети, $p./\text{га}$; $Z_{\text{охр}}$ — суммарные затраты, связанные с патрулированием лесной территории, пропагандой, содержанием штата лесной охраны и другими противопожарными мероприятиями, $p./\text{га}$; $C_{\text{общ}}^{\text{сохр}}$ — общая экономическая стоимость сохраненных лесных ресурсов, данная величина определяется показателями, обозначенными в выражении (2), $p./\text{га}$; $S_k^{\text{пп}}$ — прогнозируемая площадь участка леса с l -м лесным ресурсом, пройденная k -м пожаром. (Данную площадь нами предлагается определять посредством метода экспертных оценок специалистов отрасли. Согласно обозначенному методу, $S_k^{\text{выг}}$ принимается как фактическая площадь, пройденная k -м пожаром, которая определена уровнем развития транспортной сети; $S_k^{\text{пп}}$ — возможная площадь распространения пожара по территории лесного фонда без учета ТСЛФ), га ; $S^{\text{сохр}}$ — сохраненная площадь участка леса с l -м лесным ресурсом от воздействия k -го пожара (определяется как разность между прогнозируемой и фактической площадью выгорания территорий лесного фонда), га ; $y_{\text{пр}}^{\text{общ}}$ — прогнозируемая величина эколого-экономического ущерба лесным экосистемам

посредством воздействия k -х очагов возгораний, p ;
 $U_{\text{сум}}^{\text{пред}}$ — величина предотвращенного эколого-экономического ущерба лесным экосистемам посредством воздействия k -х пожаров, p .

Разработанная математическая модель метода оценки эколого-экономического ущерба лесным экосистемам с учетом строительства и эксплуатации ТСЛФ имеет следующие ограничения:

1. Покрытие затрат на реализацию проекта планирования ТСЛФ:

$$y_{\text{пр}}^{\text{общ}} > y_{\text{сум}}^{\text{общ}} \quad (6)$$

2. Платежеспособность предприятия, инвестирующего в государственный проект:

$$\sum_{t=0}^T Z_{\text{стр}}^{\text{общ}} \leq P_{\text{max}} \quad (7)$$

где $\sum_{t=0}^T Z_{\text{стр}}^{\text{общ}}$ — совокупные затраты на создание и эксплуатацию ТСЛФ за весь период возобновления ресурсов леса T , p ; P_{max} — финансовый потенциал предприятия, p .

3. Эффективное плечо доставки рабочих бригад и спецтехники. Согласно источнику [11], эффективное плечо доставки рабочих бригад и спецтехники до i -го лесного участка от j -го пункта отправления не должно превышать доступное с экономической точки зрения расстояние доставки:

$$L_{ij} \leq L_{\text{дост}} \quad (8)$$

где L_{ij} — расстояние между i -м лесным участком и j -м пунктом отправления рабочих бригад и спецтехники, $км$.

Представленная методологическая разработка, благодаря учету пространственно-временной динамики, связанной с процессами ликвидации очагов возгорания и лесовозобновления в послепожарный период, позволяет корректно произвести вычисление величины эколого-экономического ущерба лесным экосистемам с учетом уровня развитости ТСЛФ.

Литература

- Сныткин Г.В. Лесные пожары и борьба с ними на Крайнем Северо-Востоке Сибири: дис. ... д-ра с.-х. наук. М., 2002. 314 с.
- Гаврилова О.И., Пак К.А. Естественное восстановление леса после пожаров в республике Карелия // Успехи современного естествознания. 2017. № 12. С. 38-44.
- Хильченко Н.В., Потапова Е.В. Оценка эколого-экономического ущерба (методы и практика): препр. Екатеринбург: УрО РАН Ин-т экономики, 2004. 67 с.
- Потапова Е.В., Копылова Ю.Ю. Эколого-экономическая оценка ущерба лесам от загрязнений воздуха атмосферы // Проблемы геоэкологии южного Урала: вторая всерос. науч.-практическая конф. (4-5 окт. 2005 г.). Оренбург, 2005. С. 156-158.
- Васильев Д.В. Анализ естественного и искусственного возобновления на горях 2010 года для выявления оптимальных условий после пожарного лесовосстановления в Юринском лесничестве // Мир науки и инноваций. 2015. Т. 15. С. 37-42.

Вывод

Предлагаемый метод оценки эколого-экономического ущерба лесным экосистемам с учетом планирования создания и развития ТСЛФ призван обеспечить возможность:

- произвести комплексную оценку эколого-экономического ущерба лесным экосистемам в условиях многоцелевого лесопользования и устойчивого управления лесами с учетом сокращения не только лесных ресурсов, но и измененных средоформирующих и социальных функций леса в динамике;

- оценить влияние уровня развития транспортной сети на эффективность противопожарных мероприятий.

Практическая ценность предлагаемой методологической разработки заключается в том, что на базе комплексной оценки эколого-экономического ущерба лесным экосистемам хозяйствующий субъект может рационально и корректно планировать оптимальные резервы, достаточные как для борьбы с лесными пожарами, так и для устранения последствий лесных пожаров, которые не были предупреждены.

Научная новизна представленного в статье методологического аппарата заключается, прежде всего, в учете при проведении расчетных вычислений величины указанного ущерба, уровня развитости ТСЛФ. Так как расчет величины комплексного эколого-экономического ущерба лесным экосистемам с учетом наличия на территории лесного фонда лесотранспортной сети позволяет оценить и достаточность развитости самой транспортной сети, насколько она эффективна в области доступности доставки сил и средств пожаротушения в любую точку участкового лесничества в заданный промежуток времени. Также отмеченный расчет призван выявить необходимость создания дополнительных дорог противопожарного назначения и окупаемость их строительства посредством предотвращенного ущерба лесным экосистемам.

- Волокитина А.В. Методические аспекты характеристики лесных участков после пожара // Вестн. Томского гос. ун-та. 2015. № 3 (31). С. 84-98.
- Денисов С.А., Конюхова Т.А., Рачкова Т.С. Управление лесовосстановлением на горях // Вестн. Поволжского гос. технологического ун-та. Сер. Лес. Экология. Природопользование. 2015. № 3 (27). С. 5-17.
- Буряк Л.В., Иванов В.А., Зленко Л.В. Лесообразовательный процесс в нарушенных пожарами светлохвойных насаждениях нижнего Приангарья // Фундаментальные исследования. 2015. № 2. Ч. 8. С. 1709-1714.
- Лесные пожары в России. Статистика и антирекорды // ТАСС-ДОСЬЕ. 29.07.2019. URL: <https://tass.ru/info/6712527> (дата обращения: 17.11.2021).
- Потапова Е.В. Экономическая оценка ущербов лесам от пожаров с учетом экологических рисков: на территории Свердловской области: автореф. дис. ... канд. экономических наук: 08.00.05 / Сиб. гос. геодез. акад. Новосибирск, 2006. 22 с.
- Болотов О.В., Ельдештейн Ю.М., Болотова А.С. Основы расчета и планирования устойчивого управления лесопользованием: моногр. Красноярск: СибГТУ, 2005. 180 с.

12. Матвеева Т.А., Матвеев А.М. Экологическая роль лесных пожаров // Успехи современного естествознания. 2012. № 10. С. 107-109. URL: <http://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=30894> (дата обращения: 22.09.2019).
13. Болданова Е.В., Богомолова Е.Ю., Давыдова Г.В. Многомерная характеристика влияния плотности лесных дорог на объем лесовосстановления и площадь лесных пожаров // Изв. Байкальского гос. ун-та. 2017. Т. 27. № 3. С. 350-358.
14. Апулеев И. Миллиарды за зверя: Минприроды обновило стоимость фауны // Газета.ру. 29.09.2019. URL: <https://www.gazeta.ru/business/2019/09/20/12663211.shtml> (дата обращения: 17.11.2021).
15. McHugh C.W., Kolb T.E. Ponderosa Pine Mortality Following Fire in Northern Arizona // International Journal of Wildland Fire, 2003. P. 7-22.
16. North M.P., Stephens S.L., Collins B.M., Agee J.K., Frankli J.F. Environmental Science // Reform forest fire management. Insights. USA. 2015. P. 1280-1281.
17. Cortner H.J. Humans, Fires, and Forests: Social science applied to fire management. Ecological Restoration Institute. Northern Arizona University, Flagstaff, Arizona, 2003.
18. Лесной кодекс Российской Федерации: от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 28.07.2012) // Доступ из справ. - правовой системы «КонсультантПлюс». URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=133350> (дата обращения: 28.02.2020).
19. Момот А.В. Проектирование противопожарных лесных дорог по критерию времени доставки сил и средств пожаротушения // Лесотехнический журнал. 2016. № 1. С. 116-122. URL: <https://doi.org/10.12737/18733> (дата обращения: 28.02.2020).
20. Главацкий Г.Д. Обоснование критериев оценки уровня охраны лесов от пожаров // Лесной вестник. 2000. № 3. С. 87-100.
6. Volokitina A.V. Methodological aspects of the characteristics of forest areas after a fire // Tomsk State University Journal. 2015. № 3 (31). P. 84-98.
7. Denisov S.A., Konyuhova T.A., Rachkova T.S. Management of reforestation in burned areas // Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature management. 2015. № 3 (27). P. 5-17.
8. Buryak L.V., Ivanov V.A., Zlenko L.V. Forest formation process in light coniferous stands of the Lower Angara area disturbed by fires // Fundamental research. 2015. № 2. CH. 8. P. 1709-1714.
9. Forest fires in Russia. Statistics and antirecords // TASS-DOS'E. 29.07.2019. URL: <https://tass.ru/info/6712527> (дата обращения: 17.11.2021).
10. Potapova E.V. Economic assessment of forest damage from fires, taking into account environmental risks: in the Sverdlovsk region: avtoref. dis. ... kand. ekonomiche-skih nauk: 08.00.05 / Sib. gos. geodez. akad. Novosibirsk, 2006. 22 p.
11. Bolotov O.V., El'deshtejn YU.M., Bolotova A.S. Basics of calculation and planning of sustainable forest management: monogr. Krasnoyarsk: SibGTU, 2005. 180 p.
12. Matveeva T.A., Matveev A.M. The ecological role of forest fires // Advances in current natural sciences. 2012. № 10. P. 107-109. URL: <http://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=30894> (дата обращения: 22.09.2019).
13. Boldanova E.V., Bogomolova E.YU., Davydova G.V. A multidimensional characteristic of the influence of density of forest roads on the volume of reforestation and the area of forest fires // Bulletin of Baikal state university. 2017. V. 27. № 3. P. 350-358.
14. Apuleev I. Billions for the beast: the Ministry of Natural Resources has updated the cost of fauna // Gazeta.ru. 29.09.2019. URL: <https://www.gazeta.ru/business/2019/09/20/12663211.shtml> (дата обращения: 17.11.2021).
15. McHugh C.W., Kolb T.E. Ponderosa Pine Mortality Following Fire in Northern Arizona // International Journal of Wildland Fire, 2003. P. 7-22.
16. North M.P., Stephens S.L., Collins B.M., Agee J.K., Frankli J.F. Environmental Science // Reform forest fire management. Insights. USA. 2015. P. 1280-1281.
17. Cortner H.J. Humans, Fires, and Forests: Social science applied to fire management. Ecological Restoration Institute. Northern Arizona University, Flagstaff, Arizona, 2003.
18. Forest Code of the Russian Federation: от 04.12.2006 № 200-FZ (ред. от 28.07.2012) // Dostup iz sprav. -pravovoj sistemy «Konsult'antPlyus». URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=133350> (дата обращения: 28.02.2020).
19. Момот А.В. Design of forest fire roads according to the criterion of time of delivery of fire extinguishing forces and equipment // Forestry Engineering Journal. 2016. № 1. P. 116-122. URL: <https://doi.org/10.12737/18733> (дата обращения: 28.02.2020).
20. Glavackij G.D. Justification of the criteria for assessing the level of protection of forests from fires // Forestry Bulletin. 2000. № 3. P. 87-100.

References

1. Snytkin G.V. Forest fires and the fight against them in the Extreme North-East of Siberia: dis. ... d-ra s.-h. nauk. M., 2002. 314 p.
2. Gavrilova O.I., Pak K.A. Natural forest restoration after fires in the Re-public of Karelia // Advances in current natural sciences. 2017. № 12. P. 38-44.
3. Hil'chenko N.V., Potapova E.V. Assessment of environmental and economic damage (methods and practice): prepr. Ekaterinburg: UrO RAN In-t ekonomiki, 2004. 67 p.
4. Potapova E.V., Kopylova YU.YU. Ecological and economic assessment of damage to forests from air pollution // Problemy geoekologii yuzhnogo Urala: vtoraya vseros. nauch.-prakticheskaya konf. (4-5 okt. 2005 g.). Orenburg, 2005. P. 156-158.
5. Vasil'ev D.V. Analysis of natural and artificial regeneration in burned areas of 2010 to identify optimal conditions after fire reforestation in the Yurinskoye lesnichestvo // World of science and innovation. 2015. V. 15. P. 37-42.