

Е.В. МАКСЮТОВА, Е.Л. МАКАРЕНКО, А.В. СИЛАЕВ

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия, emaksyutova@irigs.irk.ru, elmakarenko@bk.ru, anton_s@bk.ru

АКТИВНОСТЬ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ И ПОЖАРООПАСНОСТЬ В БАЙКАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Активность лесных пожаров в Байкальском регионе за 2000–2017 гг. превышает общероссийские показатели горимости, плотности и площади. Наблюдается тенденция увеличения показателей горимости и средней площади одного пожара. Это обусловлено пожароопасностью лесорастительного покрова, представленного преимущественно хвойными древостоями, и значениями пожароопасности в лесу по условиям погоды от средней до чрезвычайной. Изменения средней температуры воздуха за все месяцы пожароопасного сезона способствуют сохранению пожароопасной обстановки в Байкальском регионе. Наибольшая потенциальная природная пожароопасность по условиям погоды (значение индекса В.Г. Нестерова более 1000 ед.) отмечалась в июне–июле 2015 г. на метеостанциях Улан-Удэ и Чите. Особенно часто подвергается пожарам наиболее освоенная и заселенная южная часть Байкальского региона, что указывает на антропогенный характер возникновения пожаров. Для территории Тункинской котловины при использовании космических снимков выявлены пожароопасные годы (2001, 2010, 2015 и 2016) и определены площади, пройденные пожарами. На территории урочища Бадары пожарами пройдено от 18 до 32 % общей площади.

Ключевые слова: горимость, плотность пожара, площадь пожара, изменения климата, пожароопасность в лесу по условиям погоды, пожароопасность лесорастительного покрова, космические снимки.

E.V. MAKSYUTOVA, E.L. MAKARENKO, A.V. SILAEV

V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 664033, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia, emaksyutova@bk.ru; elmakarenko@irigs.irk.ru; anton_s@bk.ru

FOREST FIRE ACTIVITY AND FIRE HAZARD IN THE BAIKAL REGION UNDER MODERN CONDITIONS

Forest fire activity in the Baikal region during 2000–2017 is higher as compared to Russia in terms of fire frequency, density, and area. The fire frequency and the average area of a single fire are observed to be increasing. This is facilitated by the fire hazard of the forest cover mainly represented by coniferous stands and by the values of the fire hazard in the forest according to weather conditions varying from average to extreme. Changes in the average air temperature over all months of the fire hazard season contribute to maintaining the danger of fires in the Baikal region. The greatest potential natural fire hazard caused by weather conditions (a Nesterov index of more than 1000 units) was noted in the June–July of 2015 according to the weather stations of Ulan-Ude and Chita. The most developed and populated southern part of the Baikal region suffers from fires most often, which indicates that the fires are caused by humans. For the territory of the Tunkinsky basin, satellite images are used to identify the fire hazardous years of 2001, 2010, 2015, and 2016, and the fire covered areas are determined, which vary from 18 to 32 % for the territory of the Badara tract.

Keywords: fire frequency, fire density, fire area, climate change, fire hazard in the forest according on weather conditions, fire hazard of forest cover, satellite images.

ВВЕДЕНИЕ

Байкальский регион объединяет три субъекта Российской Федерации — Иркутскую область, Республику Бурятия и Забайкальский край. Большая часть территории Байкальского региона покрыта лесами, которые составляют 14,5 % от российских показателей, а запас древесины — 16,6 % [1]. Значительная доля в общей площади погибших лесов в Байкальском регионе приходится на пожары — в среднем 50–70 % ежегодно за период с 2000 г.

Пожарные режимы в основном определяются погодой и климатическими особенностями территории, количеством и состоянием горючих материалов и наличием источников огня. Пожарная опас-

ность увеличивается с ростом температуры и сокращением количества осадков. Прогрессирующая динамика этого показателя установлена для бореальных лесов Сибири и Дальнего Востока [2]. Как отмечается в исследованиях Росгидромета [3], в последние десятилетия существенно возросла изменчивость погоды на протяжении вегетационного периода, выражающаяся в чередовании ливневых осадков и длительных теплых и сухих периодов, часто с аномальной жарой.

В ранее проведенных исследованиях рассматриваются факторы возникновения пожаров и особенностей их географического распространения, воздействия пожаров на лесные экосистемы, в том числе на территории Байкальского региона [4–8].

В современных условиях меняющегося климата и природной среды актуальной задачей является анализ активности пожаров и существующих природных факторов потенциальной опасности возгорания. Воздействие пожаров на участки территории с горно-котловинным рельефом рассматривается с использованием космических снимков.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

При сухой и жаркой погоде в лесах возникает пожароопасная обстановка, которая может нарастать с увеличением продолжительности периода с такими погодными условиями. При появлении пожароопасных условий пожар может возникнуть как по естественной причине, например из-за разряда молнии, так и по причине неосторожного обращения с огнем (более чем в 70 % случаев). Возникший пожар распространяется тем быстрее, чем суше лесная подстилка, выше температура воздуха, меньше его относительная влажность и больше скорость ветра. Лесная растительность достигает определенной сухости в теплую половину года при длительных антициклональных условиях погоды.

По данным наблюдений на отдельных метеорологических станциях Байкальского региона (Иркутск, Улан-Удэ, Чита, Тунка) [9] был рассчитан ежедневный комплексный показатель пожарной опасности в лесу по условиям погоды (КП), или индекс В.Г. Нестерова [10], за временной период 2001–2018 гг. Для этого использованы данные о температуре воздуха (в градусах), температуре точки росы (в градусах), количестве выпавших осадков (в миллиметрах).

Рассматривались наибольшие значения КП за апрель–май, июнь–июль, август–сентябрь и определялся класс пожарной опасности в лесу по условиям погоды по общероссийской шкале. Пожароопасность сезона оценивалась числом дней в году с индексом В.Г. Нестерова более 1000 ед. — критерий, при котором обычно возникают лесные пожары при наличии других необходимых условий для возгорания (наличие горючего лесного материала и источника огня) [11]. Гидрометеорологическая обстановка, которой соответствует пожароопасность IV и V классов, включена в список особо опасных явлений.

Для этих же метеорологических станций были определены основные климатические параметры пожароопасного сезона (температуры воздуха и атмосферных осадков) и годового периода за временной отрезок 1981–2017 гг. и их изменения по отношению к предыдущему многолетнему периоду 1881–1980 гг. [12, 13].

Для характеристики пожаров использованы статистические данные с 2000 по 2017 г. [1, 14, 15], отражающие число пожаров и площадь, пройденную пожарами на землях лесного фонда и землях иных категорий, на которых расположены леса. По этим величинам определены относительные показатели пожарной активности. Это горимость и плотность пожаров, вычисленные соответственно как отношение площади лесов, пройденной пожарами (га), и числа пожаров на 100 тыс. га земель лесного фонда и иных категорий земель, на которых расположены леса; площадь одного пожара (га) как отношение всей площади лесов, пройденной пожарами, ко всему числу пожаров за период.

Пожарная опасность лесорастительного покрова определяется типом леса, характеризующимся ведущей лесообразовательной породой, подлеском и подростом (породный состав, густота), составом, количеством и распределением лесных горючих материалов, содержанием влаги в них, иными природными особенностями [16]. Согласно ГОСТу [10], при прочих равных условиях лесной пожар возникает сначала на участках I класса и в последнюю очередь на участках V класса пожарной опасности, выделенных по типам леса. В то время как по условиям погоды увеличению пожарной опасности соответствует повышение класса (от I до V). Для определения природной пожарной опасности лесов использована карта растительности Байкальского региона [17]. Анализ многолетнего размещения очагов пожаров проводился по результатам космической съемки пожаров, представленной в информационной системе ВЕГА-PRO [18].

Для анализа воздействия пожаров на территории с горно-котловинным рельефом на примере Тункинской котловины (Республика Бурятия) использованы космические снимки систем Landsat (Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, Landsat 8) за 2001–2018 гг. [19].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Географическое положение в глубине континента и значительная протяженность Байкальского региона с севера на юг, наличие горно-котловинного рельефа создают условия для формирования климатических и лесорастительных особенностей на региональном и локальном уровнях. Взаимосвязь этих факторов проявляется через территориальную мозаичность природной пожарной опасности по условиям погоды и пожарного созревания растительности.

Резко континентальный климат территории и современные изменения климата оказывают влияние на развитие пожароопасной ситуации. По данным наблюдений на отдельных метеорологических станциях Байкальского региона за 1981–2017 гг., по отношению к многолетнему периоду 1881–1980 гг. отмечены положительные отклонения средней температуры воздуха за все месяцы пожароопасного сезона (наибольшие в апреле и мае) и в целом за год, что говорит о продолжающемся потеплении. В отклонениях осадков не выявлено какой-либо закономерности. Многолетние изменения основных климатических параметров способствуют сохранению опасности пожаров в Байкальском регионе (см. таблицу).

За 2001–2018 гг. в Байкальском регионе значения пожароопасности в лесу по условиям погоды колебались от средней (1001–4000 ед. — соответствует III классу ПО) до чрезвычайной (более 10 000 ед. — V класс ПО). В апреле–мае индекс В.Г. Нестерова достиг значений, соответствующих III–V (Иркутск, Улан-Удэ, Тунка) и особо опасным IV–V (Чита) классам пожарной опасности по условиям погоды в лесу. Число дней с индексом Нестерова более 1000 за апрель–май отмечалось единожды в 2018 г. в Чите.

В июне–июле потенциальная опасность возгорания леса достигает значений III–V (Иркутск, Чита, Тунка) и IV–V (Улан-Удэ) классов пожарной опасности по условиям погоды в лесу. Число дней с индексом В.Г. Нестерова более 1000 за июнь–июль составило 12 (Улан-Удэ) и 13 (Чита) с максимумом (5 и 6 дней соответственно) в 2015 г.

В августе–сентябре значения индекса В.Г. Нестерова соответствовали III–IV (Иркутск, Тунка) и III–V классам пожарной опасности (Улан-Удэ, Чита). Дни с индексом Нестерова более 1000 ед. за август–сентябрь не зафиксированы.

Таким образом, наибольшая потенциальная природная пожароопасность по условиям погоды отмечается в июне–июле (Улан-Удэ, Чита). При этом наибольшее количество пожаров приходится на апрель–май и сентябрь–октябрь, что указывает на антропогенный характер возникновения пожаров. Так, весной это происходит вследствие выжигания падей и других открытых мест, а осенью отмечается интенсивное посещение населением лесов для сбора дикоросов.

В современных условиях лесистость в Иркутской области составляет 82,6 %, Республике Бурятия — 64,1 %, Забайкальском крае — 68,3 %. Леса этих субъектов отличаются также высокими значениями горимости: 2,8, 4,8 и 8,0 га/100 тыс. га соответственно (в среднем за период с 2000 по 2017 г.). По Байкальскому региону этот показатель составляет 4,47, по России — 1,72 га/100 тыс. га (рис. 1, а). За рассматриваемый период по максимальным значениям горимости в субъектах выделяются 2003

(Забайкальский край), 2015 (Забайкальский край, Республика Бурятия) и 2017 гг. (Иркутская область).

Значения показателя плотности пожаров в Республике Бурятия в среднем за 2000–2017 гг. составляют 4,3, в Забайкальском крае — 3,7, Иркутской области — 2,1, в Байкальском регионе в целом — 3,0, в России — 1,9 пож./100 тыс. га. Пиковые значения плотности и горимости пожаров мало совпадают по годам (см. рис. 1, а, б). Коэффициент корреляции между ними колеблется от 0,4 и 0,5 в Республике Бурятия и Забайкальском крае соответственно до 0,7 в Иркутской области. Это говорит о том, что потенциальные объемы потерь лесов в результате пожаров зависят не столько от количества возгораний, сколько от иных факторов — удаленности от

Отклонения средней месячной температуры воздуха и сумм атмосферных осадков в пожароопасные месяцы и за годовой период за 1981–2017 гг. от предыдущего многолетнего периода (1881–1980 гг.) в Байкальском регионе

Станция	Пожароопасные месяцы						Год
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
<i>Отклонения средней месячной температуры воздуха, °C</i>							
Иркутск	2,0	1,7	0,9	0,8	1,0	1,0	2,0
Улан-Удэ	1,7	2,0	1,3	0,7	0,9	1,0	1,8
Чита	2,2	1,4	0,9	1,1	1,0	1,1	1,6
Тунка	1,5	1,1	0,3	0,6	0,6	0,3	1,2
<i>Отклонения сумм атмосферных осадков, %</i>							
Иркутск	6	8	0	10	1	-1	1
Улан-Удэ	-16	26	13	-13	1	-9	-5
Чита	32	17	24	-15	9	-3	2
Тунка	11	2	-1	-5	-1	6	-2

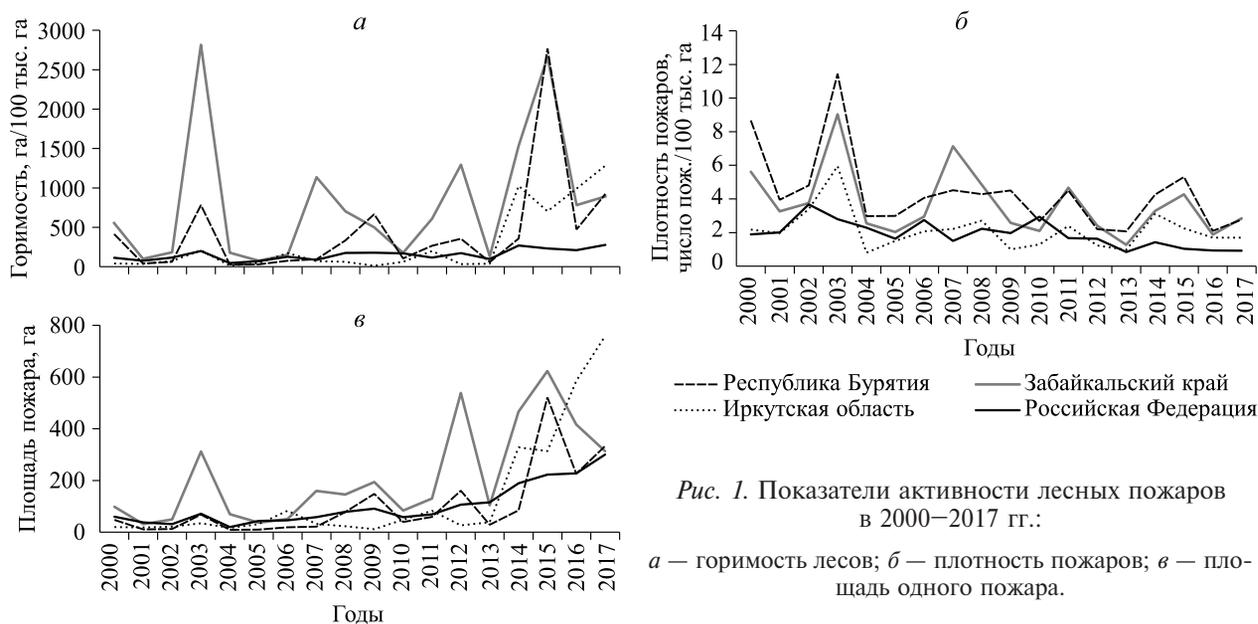


Рис. 1. Показатели активности лесных пожаров в 2000–2017 гг.:

а — горимость лесов; б — плотность пожаров; в — площадь одного пожара.

населенных пунктов и доступности для средств пожаротушения, климатических и лесорастительных особенностей территории. Наблюдается тенденция уменьшения плотности пожаров, тогда как показатели горимости лесов и средней площади одного пожара возрастают (см. рис. 1).

По средней площади одного пожара выделяется 2015 г., когда максимальные значения были достигнуты во всех трех субъектах (см. рис. 1, в). Развитие засушливых условий в Байкальском регионе в этот год способствовало тому, что при схожем уровне числа возгораний, как и в 2011 г., площадь одного пожара в 2015 г. относительно 2011 г. увеличилась в 5,2 раза. В 2016 и 2017 гг. значения этого показателя сохраняются высокими даже при снижении числа возгораний. Площадь одного пожара в регионе в среднем за 2000–2017 гг. превышает аналогичный показатель по России в 1,7 раза.

Анализ размещения очагов пожаров по результатам космической съемки [18] с 2000 по 2018 г. показал, что территории с наиболее высокой горимостью и плотностью пожаров расположены в наиболее освоенной и заселенной южной части Байкальского региона (рис. 2).

В Иркутской области пожары охватывали преимущественно леса: 1) горно-таежные лиственничные и сосново-лиственничные бруснично-разнотравные; 2) равнинные среднетаежные сосново-лиственничные с примесью темнохвойных кустарничково-мелкотравно-зеленомошные; 3) равнинные южнотаежные лиственничные и сосново-лиственничные кустарничково-разнотравные и травяные; 4) равнинные подтаежные сосновые и лиственнично-сосновые с подлеском из рододендрона и душевки кустарничково-травяные в сочетании со злаково-разнотравными, орляково-крупнотравными и багульниково-голубичными лесами. В Республике Бурятия пожары охватывали преимущественно горно-таежные леса: а) темнохвойные с лиственницей с подлеском из душевки и рябины кустарничково-травяно-зеленомошные; б) кедрово-лиственничные с подлеском из рододендрона мелколистного в сочетании с сосново-лиственничными лесами; в) сосновые и лиственнично-сосновые с подлеском из рододендрона даурского и душевки кустарничковой травяные; г) лиственничные с подлеском из кедрового стланика, ерника и душевки, местами с подлеском из рододендрона даурского кустарничково-травяно-зеленомошные. На территории Зabaykalsкого края наиболее часто пожары отмечались: 1) в подгорно-котловинных сосновых и сосново-лиственничных травяных лесах с подлеском из спиреи, кизильника, шиповника в сочетании с сосновыми бруснично-толокнянковыми лесами; 2) лесостепных горных комплексах лиственничных и сосновых лесов, нителестниковых степей, остепненно-разнотравных лугов и кустарниковых зарослей; 3) лесостепных равнинных комплексах сосновых остепненных редкотравных лесов и степных формаций; 4) разнотравных и крупнотравных луговых степях с лиственничными лесами. Все эти лесорастительные сообщества можно отнести к I–III классам пожарной опасности — от очень высокой до средней. В наиболее засушливые годы пожары охватывают и иные типы лесорастительного покрова, менее подверженные к возгоранию в обычные и тем более влажные годы. Это леса IV–V классов пожарной опасности, расположенные в межгорных понижениях, заболоченных долинах, на влажных склонах теневых экспозиций.

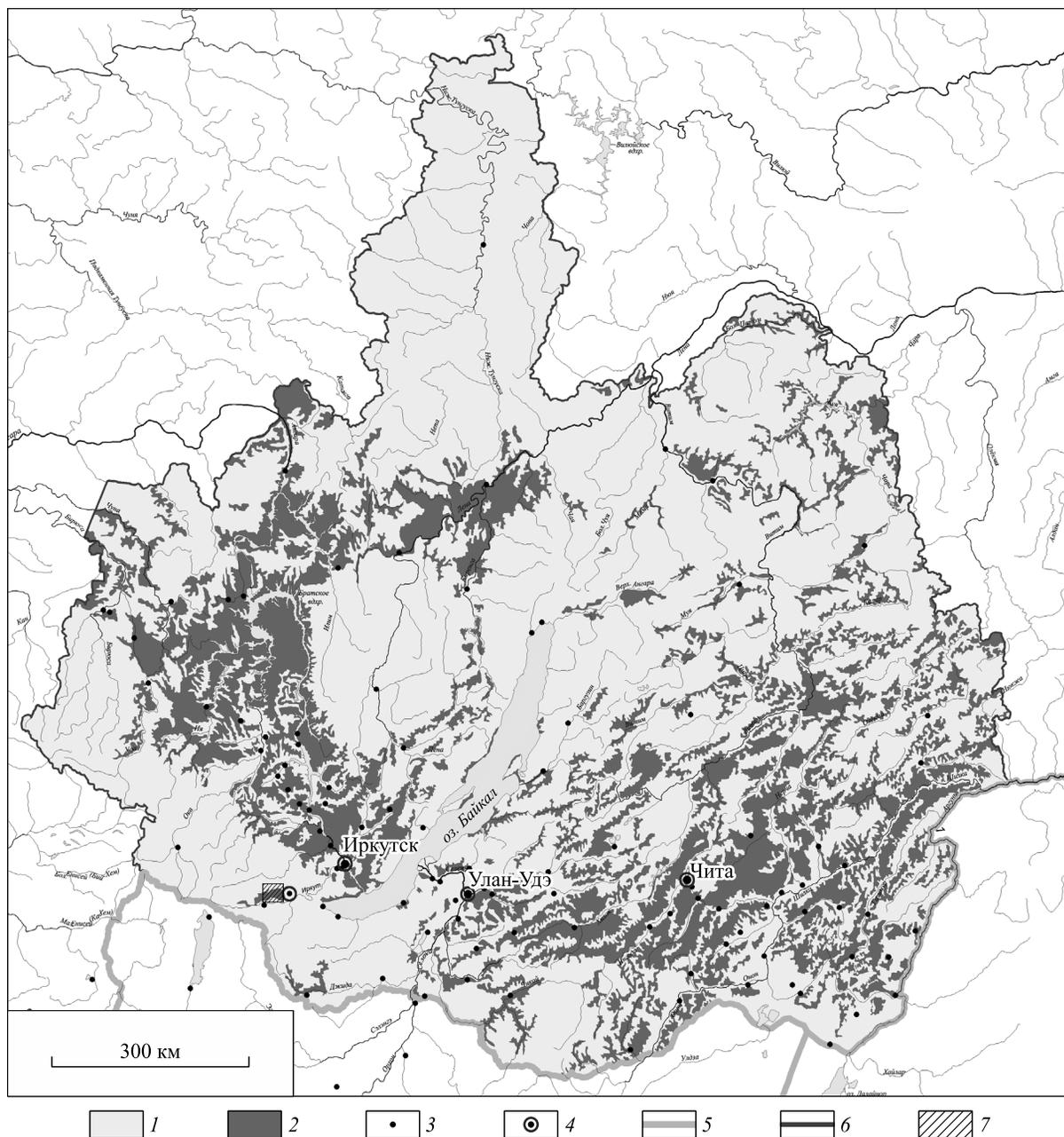


Рис. 2. Территории с различной активностью лесных пожаров в Байкальском регионе за период с 2000 по 2018 г.:

1 — территории с меньшей горимостью и плотностью пожаров; 2 — территории с наиболее высокой горимостью и плотностью пожаров; 3 — населенные пункты; 4 — населенные пункты, где расположены метеостанции; 5 — государственная граница; 6 — граница Байкальского региона; 7 — территория урочища Бадары (Тункинская котловина).

При использовании космических снимков выявлено, что на территории Тункинской котловины чаще всего пожары возникают в урочище Бадары. Максимальная активность лесных пожаров наблюдалась в 2001, 2010, 2015 и 2016 гг. Пожарами в 2010 и 2015 гг. были пройдены площади, соответствующие 32 и 18 % от площади урочища. Здесь наибольшее распространение имеют группы фаций с сосняками остепненными с подлеском из рододендрона даурского на платообразных возвышениях и слабонаклонных поверхностях с дерновыми лесными оподзоленными и с дерновыми лесными и бурыми лесными грубогумусными почвами соответственно [20]. Расположение на сухих и освещенных

южных склонах Еловского отрога, у подножия южного склона хр. Тункинские Гольцы способствует высокой горимости лесов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Активность лесных пожаров в Байкальском регионе за 2000–2017 гг. по сравнению с общероссийскими данными отличается более высокими показателями горимости (в 2,5 раза), плотности пожаров (в 1,6) и площади одного пожара (в 1,7 раза). Наблюдается тенденция увеличения показателей горимости и средней площади одного пожара. Развитию пожаров способствуют природная пожароопасность лесорастительного покрова (от очень высокой до средней), представленного преимущественно хвойными древостоями, и значения пожароопасности в лесу по условиям погоды (от средней до чрезвычайной).

Изменения средней температуры воздуха за все месяцы пожароопасного сезона способствуют сохранению опасности пожаров в Байкальском регионе. Наибольшая потенциальная природная пожароопасность по условиям погоды (значение индекса В.Г. Нестерова более 1000 ед.) отмечалась в июне–июле 2015 г. на метеостанциях в Улан-Удэ и Чите.

По космическим снимкам определено, что особенно часто подвергается пожарам наиболее освоенная и заселенная южная часть Байкальского региона. Здесь пожароопасность лесорастительного покрова (I или II класса) и частое развитие засушливых погодных условий сочетаются с высокой концентрацией населения, провоцирующей пожароопасные ситуации на прилегающих к населенным пунктам территориях. Для территории Тункинской котловины с помощью космических снимков выявлены пожароопасные годы (2001, 2010, 2015 и 2016) и определены площади, пройденные пожарами.

Знание наиболее характерных потенциально опасных географических ареалов возникновения пожаров, важнейших факторов их возникновения с применением современных ГИС-технологий может быть использовано для оптимизации оперативного реагирования на наиболее подверженных этому бедствию участках.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 17-29-05068, 17-29-05043/17).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Регионы** России. Социально-экономические показатели, 2018 г.: Стат. сборник. — М.: Федер. служба гос. статистики, 2018. — 1162 с.
2. **Groisman P.Ya., Sherstyukov B.G., Razuvaev V.N., Knight R.W., Enloe J.G., Stroumentova N.S., Whitfield P.H., Forland E., Hannsen-Bauer I., Tuomenvirta H., Aleksandersson H., Mescherskaya A.V., Karl T.R.** Potential forest fire danger over Northern Eurasia: Changes during the 20th century // *Glob. Planet. Change.* — 2007. — Vol. 56 (3–4). — P. 371–386.
3. **Второй** оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. — М.: Росгидромет, 2014. — 1009 с.
4. **Курбатский Н.П.** Проблема лесных пожаров // *Возникновение лесных пожаров: Сб. статей.* — М.: Наука, 1964. — С. 5–60.
5. **Валендик Э.Н.** Борьба с крупными пожарами. — Новосибирск: Наука, 1990. — 193 с.
6. **Евдокименко М.Д.** Факторы горимости байкальских лесов // *География и природ. ресурсы.* — 2011. — № 3. — С. 51–57.
7. **Софронов М.А., Волокитина А.В., Софронова Т.М.** Пожары и пирогенные сукцессии в лесах Южного Прибайкалья // *Сиб. экол. журн.* — 2008. — Т. 15, № 3. — С. 381–388.
8. **Суворов Е.Г., Новицкая И.И., Китов А.Д., Максюткова Е.В.** Проявление пирогенного фактора в динамике геосистем юго-западного Прибайкалья // *География и природ. ресурсы.* — 2008. — № 2. — С. 66–73.
9. **Всероссийский** научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации — Мировой центр данных // Доступ к данным [Электронный ресурс]. — <http://meteo.ru> (дата обращения: 20.03.2019).
10. **Приказ** Федерального агентства лесного хозяйства от 5 июля 2011 г., № 287 «Об утверждении классификации природной пожарной опасности лесов и классификации пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды» [Электронный ресурс]. — <http://www.garant.ru> (дата обращения: 20.03.2019).
11. **Методы** оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем. — М.: Росгидромет, 2012. — 509 с.
12. **Научно-прикладной** справочник по климату СССР: Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1–6. — Л.: Гидрометеоздат, 1991. — Вып. 22. — 604 с.

13. **Научно-прикладной** справочник по климату СССР: Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1–6. — Л.: Гидрометеоздат, 1989. — Вып. 23. — 550 с.
14. **Регионы** России. Социально-экономические показатели, 2008 г.: Стат. сборник. — М.: Федер. служба гос. статистики, 2008. — 999 с.
15. **Регионы** России. Социально-экономические показатели 2010 г.: Стат. сборник. — М.: Федер. служба гос. статистики, 2010. — 996 с.
16. **Лесная** энциклопедия: В 2-х т. / Гл. ред. Г.И. Воробьев. — М.: Сов. энциклопедия, 1986. — Т. 2. — 631 с.
17. **Белов А.В., Лопаткин Д.А.** Растительность // Экологический атлас Байкальского региона [Электронный ресурс]. — <http://atlas.isc.irk.ru> (дата обращения: 20.03.2019).
18. **Спутниковый** сервис анализа вегетации ВЕГА-ПРО [Электронный ресурс]. — <http://pro-vega.ru> (дата обращения: 15.05.2019).
19. **USGS.gov.** EarthExplorer [Электронный ресурс]. — <http://earthexplorer.usgs.gov> (дата обращения: 18.05.2019).
20. **Силаев А.В.** Картографический анализ состояния геосистем с длительной историей хозяйственного освоения на примере Тункинской котловины: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — Иркутск, 2016. — 24 с.

Поступила в редакцию 05.08.2019

Принята к публикации 09.09.2019
