



УДК 551.50: 551.581 (571.53)

Исследование влияния метеорологических факторов на возникновение и распространение лесных пожаров в Иркутской области

Л. В. Голубева, И. В. Латышева, К. А. Лощенко, А. С. Щерблякин

Иркутский государственный университет, Иркутск

Аннотация. Актуальность исследований метеорологических факторов возникновения и распространения лесных пожаров в Иркутской области обусловлена прежде всего тем, что около 80 % территории области занято лесами, из них ~36 % характеризуются высокой степенью природной пожарной опасности. В большинстве случаев пожары возникают по вине человека, но площадь распространения лесных пожаров во многом зависит от сочетаний погодных и климатических факторов. В данной работе исследован вклад метеорологических факторов и синоптических условий в возникновение и распространение лесных пожаров на территории Иркутской области. По данным метеорологических станций Иркутской области рассчитан индекс пожарной опасности по В. Г. Нестерову в период с апреля по сентябрь в течение 2005–2016 гг. в таежной, лесостепной и степной зонах. Метеорологические условия возникновения лесных пожаров в таежной и лесостепной зонах характеризуются преобладанием высокого класса опасности. Проведен сравнительный анализ полученных результатов с рассчитанными значениями индекса Нестерова на территориях Республики Бурятия и Республики Саха (Якутия). Исследованы долговременные вариации атмосферного давления и индекса Палмера (PDSI), которые указывают на увеличение повторяемости засушливых периодов в Иркутской области в последние десятилетия. Выполнен синоптический анализ приземных карт атмосферного давления для случаев с максимальными и минимальными значениями индекса пожарной опасности в теплый период 2010–2015 гг. Установлены преобладающие типы барических полей, определяющие высокий уровень пожарной опасности по погодным условиям в исследуемом регионе.

Ключевые слова: лесные пожары, Иркутская область, засухи, метеорологические факторы, синоптические условия.

Введение

Лесные пожары – это горение растительности, которое не поддается контролю и стихийно распространяется по территории лесного массива. Опасность лесных пожаров заключается в быстром и стихийном распространении, а последствия – в длительном восстановлении флоры и нанесении экологического, экономического и материального ущерба [1].

При оценке пожарной опасности на территории лесных массивов необходимо учитывать сумму постоянных и переменных факторов, влияющих на начало горения и распространение пожара. К основным характеристикам климата, влияющим на возникновение и распространение лесных пожаров, относятся: температура воздуха (среднесуточная и максимальная), даты пе-

рехода средних суточных температур через пороговые пределы, даты наступления и схода устойчивого снежного покрова, относительная влажность (среднесуточная и минимальная), дефицит влажности воздуха, число дней с относительной влажностью $\leq 30\%$ в один из сроков наблюдения за определенный период, годовой режим выпадения атмосферных осадков, число дней с дождем, индекс сухости, ветровой режим, число дней с грозой.

Чаще всего пожарная опасность оценивается на основе эмпирических зависимостей, в которых учитываются метеорологические параметры, определяющие процессы высыхания и увлажнения лесных горючих материалов (ЛГМ). В России широко используется комплексный показатель пожарной опасности В. Г. Нестерова [5] и его модификации [6]. Из зарубежных можно выделить австралийский индекс FFDM, испанский индекс ICONA и итальянские индексы IMPI, полученные по модели Макартура и учитывающие температуру, влажность воздуха, скорость ветра и уклон местности [9], финский метеорологический индекс FMI и канадский индекс FWI [10], которые отражают ежедневное изменение влагосодержания почв и ЛГМ.

Ряд отечественных и зарубежных исследователей отмечают, что особенности климатических изменений последних десятилетий в сторону потепления существенно усиливают угрозу возникновения крупных и катастрофических пожаров в бореальных лесах Евразии [7] и в горных лесах юга Сибири [3].

В последние годы стали чаще наблюдаться экстремальные погодные периоды высоких температур, низкой относительной влажности воздуха и сильного ветра, длительного отсутствия атмосферных осадков, когда в двух-трех регионах страны с наиболее неблагоприятными погодными условиями лесные пожары нередко принимают характер стихийного бедствия [8]. По данным [4], существенный вклад в увеличение количества лесных пожаров в эти периоды вносят континентальные «блокинги» или длительно стационарирующие высокие антициклоны. Некоторые ученые выделяют периодичность пожароопасных сезонов с экстремальными погодными условиями – в 2–3 раза за десятилетие.

Иркутская область по площади территорий, покрытых лесной растительностью (~64,3 млн га), занимает одно из лидирующих мест среди субъектов Российской Федерации [3]. Однако в последние годы в области происходит сокращение площади лесов с преобладанием хвойных древесных пород. По данным Агентства лесного хозяйства Иркутской области, только за пять лет (2011–2015 гг.) площадь сосняков уменьшилась на 3,1 %, елово-пихтовых насаждений на 1,1, кедровников – на 0,7, лиственничников – на 0,2. Самыми интенсивными темпами по сравнению с другими лесными формациями сокращается площадь сосняков (сосна – наиболее ценная в эксплуатационном отношении древесная порода).

Анализ причин сокращения сосновых древостоев показал, что это результат вырубки, воздействия лесных пожаров, вредителей, болезней леса и других неблагоприятных факторов. В то же время отмечается недостаточно высокая интенсивность ведения лесного хозяйства, не позволяющая ком-

пенсировать убыль сосновых лесов проведением лесовосстановительных мероприятий на не покрытых лесом землях.

Важно подчеркнуть, что около 36 % лесного фонда Иркутской области характеризуются высокой степенью природной пожарной опасности. Обращает внимание увеличение выгоревшей лесной площади в 2014–2016 гг. В соответствии с прогностическими данными в XXI в. при глобальном потеплении на территории Иркутской области следует ожидать существенного роста вероятности лесных пожаров. При достаточно агрессивном антропогенном сценарии уже к середине XXI в. риск пожароопасности может увеличиться втрое по сравнению с концом XX в.

Следует отметить, что в Приангарье относительно частые низовые пожары препятствуют восстановлению ели, пихты, кедра, постоянно уничтожая их подрост и второй ярус в современных сосняках и лиственничниках. Эпизодические сильные пожары в предгорных лиственничниках бассейна оз. Байкал приводят к понижению верхней границы леса [2].

С учетом динамики увеличения количества лесных пожаров на территории Иркутской области в последние годы важнейшим принципом экологически устойчивого и социально ответственного лесопользования является сохранение и улучшение средообразующих, природоохранных и социальных функций лесов, обеспечение возможности не уменьшающегося использования древесных лесных ресурсов в будущем. В этой связи представляет интерес изучение возможного влияния метеорологических факторов на возникновение и распространение лесных пожаров в Иркутской области.

Методика исследования

В работе исследованы метеорологические условия, которые оказывают влияние на возникновение и распространение лесных пожаров. В качестве расчетного показателя, определяющего зависимость пожарной опасности лесных массивов от метеорологических факторов, выбран индекс пожарной опасности В. Г. Нестерова, который определяется по формуле [5]:

$$\text{КП} = \sum_{i=1}^n [K_{V_i} * T_i * (T_i - T_{d_i})],$$

где K_{V_i} – коэффициент, который учитывает влияние скорости ветра и имеет размерность $^{\circ}\text{C}^{-2}$, T_i – температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$), T_{d_i} – температура точки росы ($^{\circ}\text{C}$).

В зависимости от полученного значения индекса Нестерова опасность возгорания оценивалась по пяти классам общероссийской шкалы (табл. 1).

Методика исследования включала расчет индекса пожарной опасности в степной, лесостепной и таежной зонах на территории Иркутской области, в республиках Бурятия и Саха (Якутия) по данным 8-срочных метеорологических наблюдений в теплый период (апрель – сентябрь) 2005–2016 гг.

Таблица 1

Шкала пожарной опасности в лесу (ГОСТ Р 22.1.09-99, 2000)

Класс пожарной опасности (КП)	Диапазон значений индекса горимости	Пожарная опасность
1	0–300	отсутствует
2	301–1000	малая
3	1001–4000	средняя
4	4001–10 000	высокая
5	>10 000	чрезвычайная

По данным реанализа NCEP/NCAR за 1948–2016 гг. проводилась оценка долговременных изменений атмосферного давления и температуры воздуха как основных факторов, влияющих на возникновение блокирующих процессов и продолжительность засух в Иркутской области. Впервые для Иркутской области оценивались долговременные вариации индекса Палмера, который характеризует увлажненность территории по температуре воздуха, суммам осадков и константам, определяющим влагоемкость почвы.

По данным ежедневных синоптических карт проведена типизация атмосферных процессов, которые наблюдались у поверхности Земли в дни с максимальными и минимальными значениями индекса пожарной опасности в Иркутской области в теплый период 2010–2015 гг.

Результаты исследования

Метеорологические условия на территории Иркутской области в теплый период 2005–2016 гг. обусловили преобладание среднего и высокого класса опасности. Максимальные значения индекса пожарной опасности, рассчитанные по индексу В. Г. Нестерова, наблюдались в мае, июне, августе и сентябре (рис. 1).

В степной зоне Иркутской области показатель пожарной опасности изменялся от среднего до чрезвычайно высокого класса опасности с преобладанием чрезвычайно высокого, максимальные значения которого приходятся на август. В лесостепной зоне этот показатель варьировал от малого до чрезвычайно высокого с преобладанием высокого класса опасности, максимальные значения которого отмечались в сентябре. Метеорологические условия возникновения лесных пожаров в таежной зоне изменялись от среднего до высокого класса опасности с преобладанием высокого, максимальные значения которого наблюдались в июле.

В степной зоне Республики Бурятия классы пожарной опасности в исследуемый период изменялись от среднего до чрезвычайно высокого с преобладанием высокого класса пожарной опасности, максимум значений которого фиксировался в июне. В лесостепной зоне этот показатель варьировал от среднего до чрезвычайно высокого с преобладанием высокого и чрезвычайно высокого класса опасности и с максимумом, приходящимся на сентябрь. Таежная зона отличается изменением данного показателя от малого до высокого с преобладанием высокого класса опасности, максимум которого выпадает на июнь.

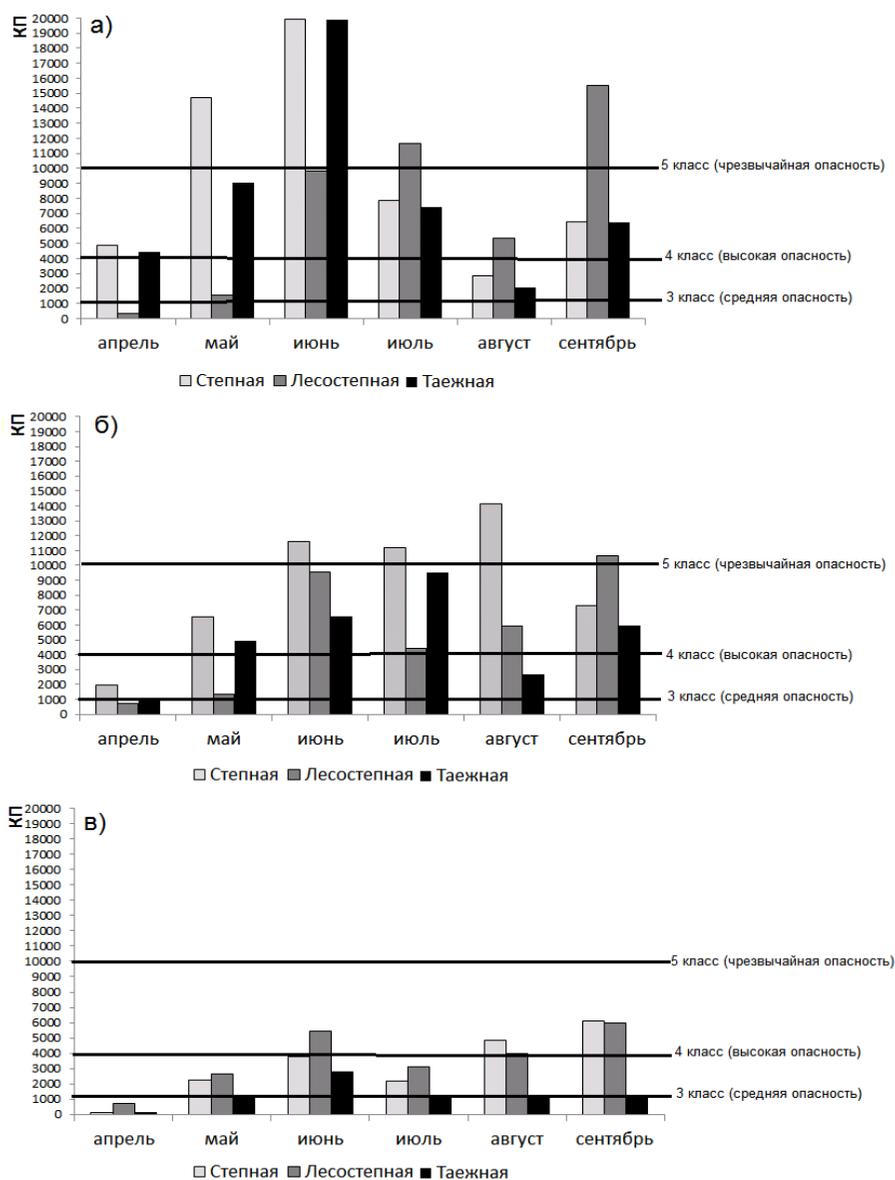


Рис. 1. Средние значения показателя пожарной опасности на территории Республики Бурятия (а), Иркутской области (б) и Республики Саха (Якутия) (в) в 2005–2016 гг.

В степной зоне Республики Саха (Якутия) показатель пожарной опасности изменялся от малого до высокого, преобладал средний класс опасности с максимальными значениями в сентябре. В лесостепной зоне он варьировал от малого до высокого с преобладанием среднего класса опасности, в таежной зоне – от малого до среднего с преобладанием малого класса и максимумами значений, также наблюдавшимися в сентябре.

Выполнен сравнительный анализ приземных барических полей для случаев с максимальными и минимальными значениями индекса пожарной опасности на территории Иркутской области в теплый период 2010–2015 гг. (табл. 2). Оказалось, что высокие значения индекса пожарной опасности отмечались в основном при развитии на территории области барического гребня (30 %), несколько меньшая повторяемость приходится на центр антициклона (23 %) и теплый сектор циклона (22 %). Необходимо указать, что это те типы барических полей, при которых летом длительное время сохраняется влияние теплой и сухой воздушной массы, определяющей высокий уровень пожарной опасности по погодным условиям в регионе. Минимальные значения индекса пожарной опасности в 77 % случаев отмечались в холодной и влажной воздушной массе на восточной периферии антициклона, при прохождении фронта окклюзии и холодного атмосферного фронта.

Таблица 2

Повторяемость (%) различных типов приземного барического поля для максимальных и минимальных значений индекса пожарной опасности на территории Иркутской области в 2010–2015 гг.

Максимальные значения	Минимальные значения
Гребень антициклона (30)	Восточная периферия антициклона (38)
Центр антициклона (23)	Фронт окклюзии (25)
Теплый сектор циклона (22)	Холодный фронт (14)
Седловина (14)	Теплый фронт (13)
Малоградиентное барическое поле (11)	Малоградиентное барическое поле (10)

Выявлены отличия в аномалиях средних месячных значений температуры воздуха, атмосферного давления, скорости ветра и атмосферных осадков в годы, различающиеся по количеству лесных пожаров в Иркутской области. В теплый период 2014 г., когда количество лесных пожаров в Иркутской области было одним из максимальных за последние два десятилетия, наблюдались положительные аномалии температур (+6...+8 °С) и приземного давления (+3...+4 гПа) (рис. 2, а, в), тогда как в 2012 г. при сравнительно малом количестве лесных пожаров преобладали отрицательные температурные аномалии (–1...–2 °С) (рис. 2, б). В теплый пожароопасный период 2014 г. по сравнению с 2012 г. на территории Иркутской области отмечался более слабый ветер, а также более выражены отрицательные аномалии в суммах атмосферных осадков (рис. 2, д, е).

Так как одним из факторов увеличения количества лесных пожаров являются блокирующие процессы, в работе проведена оценка изменений атмосферного давления на территории Иркутской области в теплый период 1948–2016 гг. Установлено, что во все летние месяцы, начиная с середины 1960-х гг., атмосферное давление в Иркутской области растет, т. е. увеличивается повторяемость антициклонов и связанной с ними засушливой погоды. Наглядным подтверждением усиления засушливости климата является многолетняя динамика индекса Палмера (PSDI), средние месячные значения

которого были рассчитаны с 1948 по 2005 г., так как более поздние данные отсутствовали в архиве реанализа NCEP/NCAR. Отмечено, что во все летние месяцы приблизительно с конца 1980-х гг. устойчива тенденция к увеличению количества лет с критерием «серьезная засуха» (рис. 3).

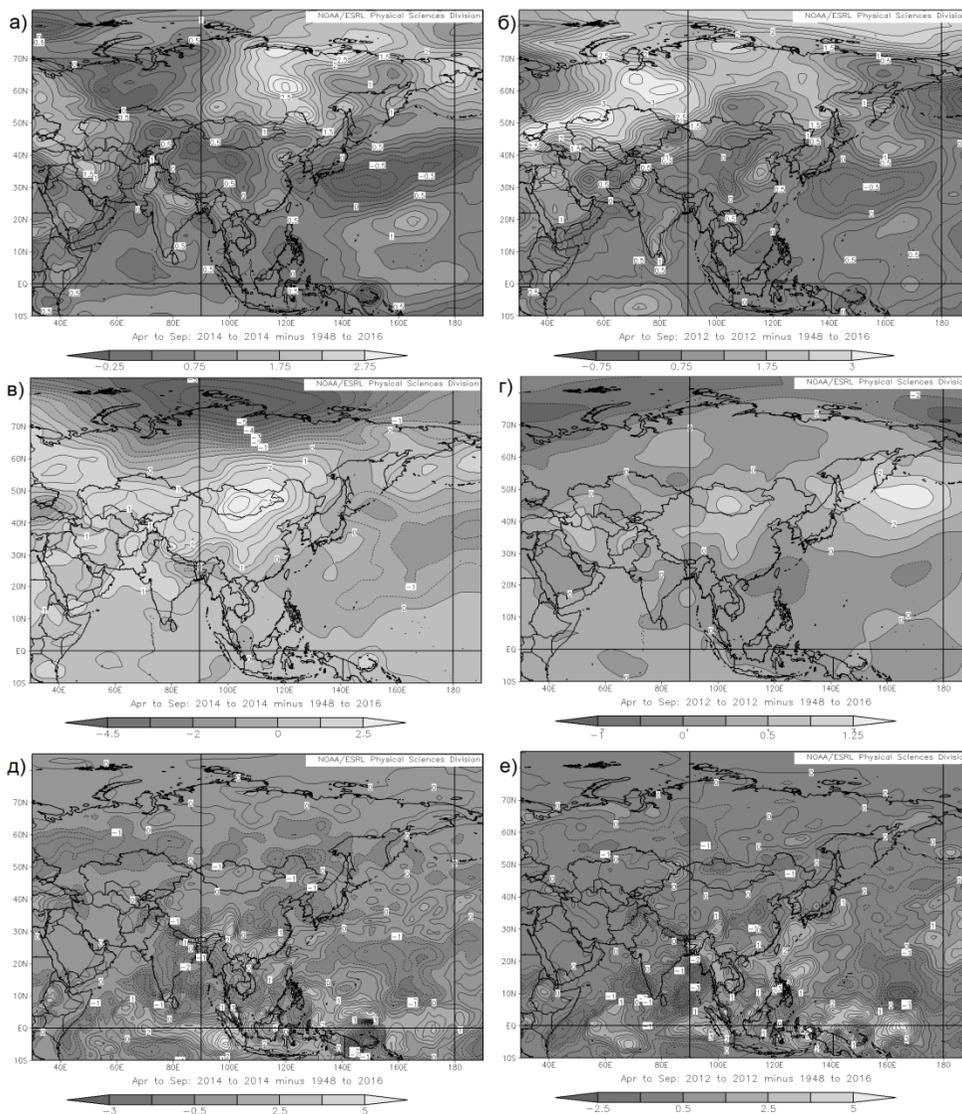


Рис. 2. Карты аномалий приземной температуры (а, б), атмосферного давления (в, з) и сумм атмосферных осадков (д, е) в теплый период 2014 и 2012 гг., рассчитанные по данным реанализа NCEP/NCAR по отношению к средним значениям 1948–2016 гг.

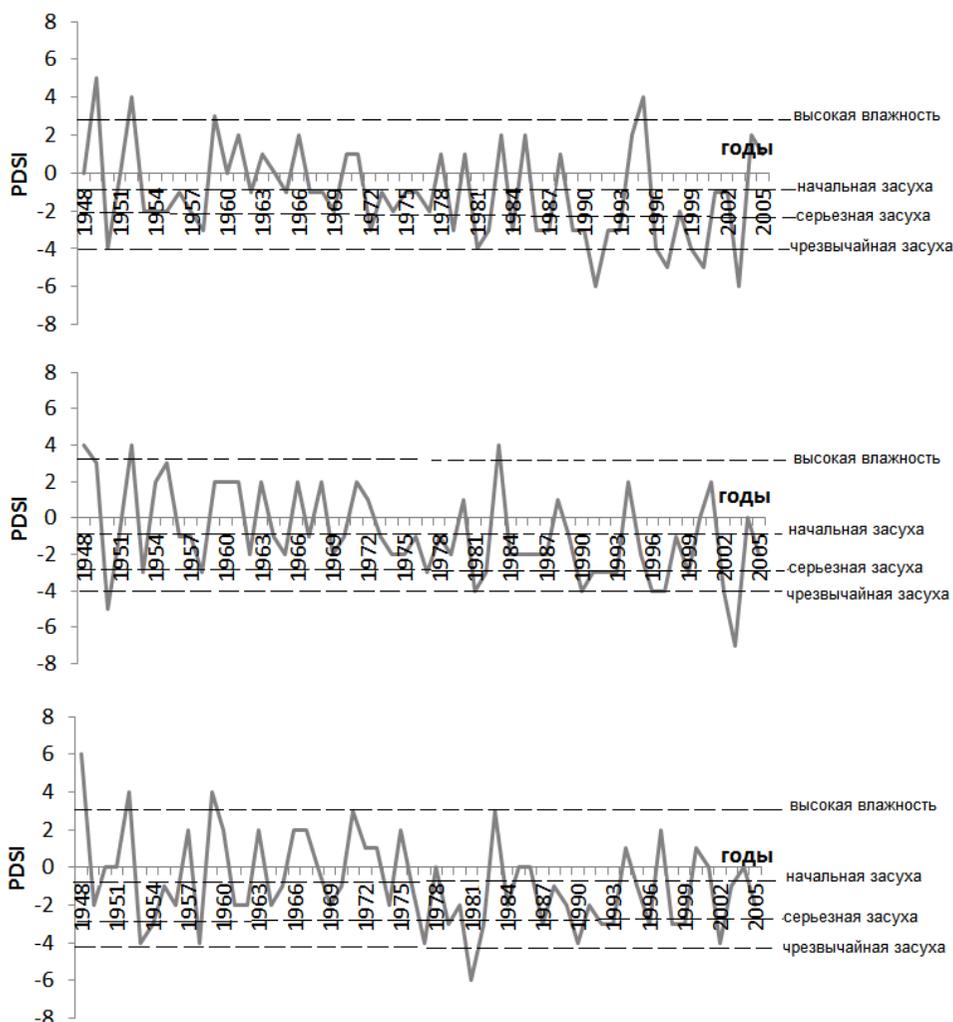


Рис. 3. Изменения индекса засухи PDSI на территории Иркутской области в июне (а), июле (б) и августе (в) 1948–2005 гг. по данным реанализа NCEP/NCAR

Заключение

Анализ метеорологических и синоптических условий в годы с максимальным и минимальным количеством лесных пожаров на территории Иркутской области показал, что метеорологические факторы вносят существенный вклад в возникновение и распространение лесных пожаров. Основными метеорологическими предикторами лесных пожаров в Иркутской области, на наш взгляд, являются положительные аномалии температуры воздуха и атмосферного давления и отрицательные аномалии средней скорости ветра.

Вероятность возникновения лесных пожаров в таежной и лесостепной зонах Иркутской области по метеорологическим условиям оценивается как

высокая. Если ранее метеорологические условия, благоприятные для возникновения лесных пожаров, на территории Иркутской области чаще отмечались в мае-июне, то в последние годы выделяется второй максимум их повторяемости в августе и сентябре. Ярким примером является ситуация с лесными пожарами в сентябре 2015 и 2016 гг.

В связи с усилением засушливости климата Иркутской области следует учитывать высокую вероятность возникновения лесных пожаров во вторую половину лета и в начале осени, особенно в центре антициклона и теплом секторе циклона.

Список литературы

1. Здерева М. Я. Среднесрочный прогноз пожарной опасности в лесах по метеорологическим условиям / М. Я. Здерева, М. В. Виноградова // Метеорология и гидрология. – 2009. – № 1. – С. 16–26.
2. К оценке изменений пожароопасной обстановки в лесах России при ожидаемом потеплении климата в XXI в. / С. П. Малевский-Малевич [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2005. – № 3. – С. 36–44.
3. Леса бассейна Байкала (состояние, использование и охрана). – Красноярск : Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2008. – 245 с.
4. Мохов И. И. Действие как интегральная характеристика климатических структур: Оценки для атмосферных блокингов / И. И. Мохов // Докл. РАН. – 2006. – № 409 (3). – С. 403–406.
5. Нестеров В. Г. Использование температуры точки росы при расчете показателя горимости леса / В. Г. Нестеров, М. В. Гриценко, Т. А. Шабунина // Метеорология и гидрология. – 1968. – № 9. – С. 102–104.
6. Панина О. Ю. Исследование влияния лесных пожаров на почвы широколиственных лесов (на примере Еврейской автономной области) / О. Ю. Панина // Регион. проблемы. – 2010. – № 13 (1). – С. 67–70.
7. Шевцов Е. Г. Исследование влияния погодных условий на возникновение пожаров от гроз / Е. Г. Шевцов, А. И. Сухинин, Е. И. Пономарев // Хвойные бореальной зоны. – 2008. – № 25(1–2). – С. 47–50.
8. Bouguenaya N. Synopsis of Fire's Forest in the Province of Sidi Bel Abbes. Analysis and Cartography / N. Bouguenaya, M. Benyahia, M. Bouzidi // Journal of Agricultural Science and Technology. – 2013. – Vol. 3. – P. 745–750.
9. Change of fire frequency in the eastern Canadian boreal forests during the Holocene: does vegetation composition or climate trigger fire regime? / C. G. Carcaillet, Bovio, A. Quaglino, A. Nosenzo // Journal of Ecology. – 2001. – Vol. 89. – P. 930–946.
10. Ward D.E. Smoke emissions from wildland fires / D.E Ward, C. Hardy // Environment International. – 1991. – Vol. 17 (2–3). – P. 117–134.

Investigation of the Influence of Meteorological Factors on the Occurrence and Spread of Forest Fires in the Irkutsk Region

L. V. Golubeva, I. V. Latysheva, K. A. Loshchenko, A. S. Shcheblykin

Irkutsk State University, Irkutsk

Abstract. The relevance of research on meteorological factors in the occurrence and spread of forest fires in the Irkutsk region is primarily due to the fact that about 80 % of the territory is

occupied by forests, of which ~ 36 % are characterized by a high degree of natural fire danger. In most cases, fires are caused by a person, but the area of forest fire spreads largely depends on combinations of weather and climate factors. In this paper, the contribution of meteorological factors and synoptic conditions to the formation and propagation of forest fires in the territory of the Irkutsk region. According to meteorological stations in the Irkutsk region, the fire danger index according to Nesterov VG was calculated. in the period from April to September 2005–2016 in the taiga, forest-steppe and steppe zones. The meteorological conditions for the occurrence of forest fires in the taiga and forest-steppe zones are characterized by the predominance of a high hazard class. A comparative analysis of the results obtained with the calculated values of the Nesterov index on the territory of the Republic of Buryatia and Yakutia (SA-NA) is carried out. Long-term variations of atmospheric pressure and the Palmer index (PDSI) have been studied, which indicate an increase in the frequency of dry periods in the Irkutsk region in recent decades. Synoptic analysis of near-surface atmospheric pressure maps for cases with maximum and minimum values of the fire hazard index during the warm period of 2010–2015 is performed. The prevailing types of pressure fields are determined, which determine the high level of fire hazard in weather conditions in the region under study.

Keywords: forest fires, Irkutsk region, droughts, meteorological factors, synoptic conditions.

References

1. Zdreeva M.Y., Vinogradova M.V. Medium-term forecast of fire danger in forests according to meteorological conditions [Meteorology and hydrology], 2009, vol. 1, pp. 16-26 (in Russian).
2. Forests of the Baikal basin (condition, use and protection). Krasnoyarsk, Institute of Forest. V.N. Sukachev, SB RAS, 2008, 245 p.
3. Malevsky-Malevich S.P., Molkentin E.K., Nadezhina E.D. et al. To the assessment of changes in the fire-dangerous situation in the forests of Russia with the expected warming of the climate in the 21st century [Meteorology and Hydrology], 2005, vol. 3, pp. 36-44 (in Russian).
4. Mokhov I.I. Action as an integral characteristic of climatic structures: Estimates for atmospheric blocking [Dokl. RAS], 2006, vol. 409 (3), pp. 403-406 (in Russian).
5. Nesterov V.G., Gritsenko M.V., Shabunina T.A. The use of dew-point temperature in calculating the rate of forest fire [Meteorology and Hydrology], 1968, vol. 9, pp. 102-104 (in Russian).
6. Panina O.Y. Investigation of the influence of forest fires on broad-leaved forest soils (on the example of the Jewish Autonomous Region) [Regional Problems], 2010, vol. 13 (1), pp. 67-70 (in Russian).
7. Shevtsov E.G., Sukhinin A.I., Ponomarev E.I. Investigation of the influence of weather conditions on the occurrence of fires from thunderstorms [Coniferous Boreal Zone], 2008, vol. 25 (1–2), pp. 47-50 (in Russian).
8. Bouguenaya N., Benyahia M., Bouzidi M. Synopsis of Fire's Forest in the Province of Sidi Bel Abbes. Analysis and Cartography [Journal of Agricultural Science and Technology], 2013, vol. 3, pp. 745-750 (in Russian).
9. Change of fire frequency in the eastern Canadian boreal forests during the Holocene: does vegetation composition or climate trigger fire regime? / C. G. Carcaillet, Bovio, A. Quaglino, A. Nosenzo [Journal of Ecology], 2001, vol. 89, pp. 930-946 (in Russian).
10. Ward D.E., Hardy C. Smoke emissions from wildland fires [Environment International], 1991, vol. 17 (2–3), pp. 117-134 (in Russian).

Голубева Людмила Валерьевна
аспирант
Иркутский государственный университет

Golubeva Ludmila Valeryevna
Postgraduate
Irkutsk State University

664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3952) 52-10-94
e-mail: tatun0203@yandex.ru

1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: (3952) 52-10-94
e-mail: tatun0203@yandex.ru

Латышева Инна Валентиновна
кандидат географических наук, доцент
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3952) 52-10-94
e-mail: ababab1967@mail.ru

Latysheva Inna Valentinovna
Candidate of Science (Geography),
Associate Professor
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: (3952) 52-10-94
e-mail: ababab1967@mail.ru

Лощенко Кристина Анатольевна
кандидат географических наук, доцент
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3952) 52-10-94
e-mail: loshchenko@bk.ru

Loshenko Kristina Anatolyevna
Candidate of Science (Geography),
Associate Professor
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: (3952) 52-10-94
e-mail: loshchenko@bk.ru

Щеблыкин Александр Сергеевич
аспирант
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3952) 52-10-94
e-mail: foxdesert@mail.ru

Shcheblykin Alexander Sergeevich
Postgraduate
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: (3952) 52-10-94
e-mail: foxdesert@mail.ru