12. Panidi E., Trofimetz L., Sokolova J. Application of phyto-indication and radiocesium indicative methods for microrelief mapping. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 34, 2016, Paper ID: 012024, 6 p. doi:10.1088/1755-1315/34/1/012024.

УДК 630.43

DOI: 10.24057/2414-9179-2017-1-23-332-338

Х.Б. Куулар¹, Э.Н.Р. Ондар²

ДИНАМИКА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В РЕСПУБЛИКЕ ТЫВА

АННОТАЦИЯ

В статье приведены количественные соотношения между характеристиками пожаров растительности и климатическими данными на территории Республики Тыва. По данным метеостанций Республики Тыва, с 1970-х годов зафиксировано повышение среднегодовой температуры. На фоне малого количества выпадающих годовых осадков это привело к увеличению продолжительности активной инсоляции и, как следствие, резкому росту количества пожаров растительности и площади выгоревших участков.

В период 1975–2005 гг. в тёплое время года температура воздуха повысилась на $2,9 \pm 0,7$ °С в регионе. С ростом температуры воздуха количество лесных пожаров увеличилось в 2,2 раза по сравнению с 1960–1990 гг. Площадь пройденных пожарами участков увеличилась в 19,6 раза. В этот период на землях лесного фонда региона произошло 5020 пожаров на общей площади 578463 га, средняя площадь 1 пожара составила 54 га. В последние годы (2006–2016 гг.) в тёплое время года температура воздуха повысилась на $1,9 \pm 0,7$ °С. Количество пожаров увеличилось в 0,9 раза, площадь пройденных пожарами участков увеличилась в 19,6 раза. В этот период на землях лесного фонда региона произошло 2117 пожаров на общей площади 461455 га, средняя площадь 1 пожара 198 га.

Статистические данные показывают масштабы катастрофического положения с пожарами растительности в регионе. На долю крупных лесных пожаров в республике в среднем приходится 85,4 % от всех случаев лесных пожаров. Наиболее пожароопасные годы с большими выгоревшими участками были 2002, 2007, 2008, 2014 и 2015 гг.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

потепление климата, лесные пожары, динамика пожаров, взаимосвязь

ВВЕДЕНИЕ

В Сибири наблюдается увеличение частоты возникновения пожаров и продолжительности пожароопасного сезона в последние десятилетия [Волокитина, Софронов, 2002; Soja et al., 2006; Пономарёв, Харук, 2016 и др.]. Условиям возникновения и распространения пожаров и их последствиям в горах Южной Сибири посвящены работы Л.В. Буряк, А.И. Бузыкина, Э.Н. Валендика, А.В. Волокитиной, Г.А. Доррера, Г.А. Ивановой, Н.П. Курбатского, Б.П. Колесникова, И.Ю. Коропачинского, Н.И. Красавиной, Н.П. Поликарпова, Н.С. Санниковой, М.А. Софронова, Т.М. Софроновой, Э.П. Поповой, А.И. Сухинина, Э.С.П. Якимова, Е.И. Пономарёва, В.И. Харука и других. Показатели частоты пожаров и степени горимости

¹Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН; 667007, Кызыл, ул. Интернациональная, 117а; e-mail: k-k-188@list.ru

²Московский государственный институт международных отношений, МИЭП, Международный бизнес и управление инновациями; 143005, Одинцово, ул. Новоспортивная, 3; e-mail: nach17@inbox.ru

зависят от климатических особенностей, определяющих в т. ч. характерные лесорастительные условия, и антропогенного воздействия на природную среду [Буряк и др., 2011].

Республика расположена в центре Азии, отгорожена системой горных хребтов Алтая, Западного и Восточного Саяна от влагоносных атлантических воздушных потоков и открыта дыханию монгольских пустынь. Принадлежность региона к среднесибирскому и восточносибирскому биоклиматическим секторам в условиях аридности климата обуславливает формирование полусухого, крайне континентального климата [Типы лесов..., 1980].

В соответствии со шкалой природной пожарной опасности насаждений лесной фонд региона дифференцирован на четыре класса лесопожарного районирования, которое учитывает климатические, лесорастительные, геоморфологические, экономические (доступность транспортом, плотность населения) факторы, а также лесопирологические факторы (характер лесной растительности, горимость лесов, продолжительность пожароопасного сезона). С учётом классов природной пожарной опасности и относительной горимости лесов территория региона относится в среднем к III классу пожарной опасности [Лесопожарное..., 2012]. С потеплением температуры воздуха наблюдаются изменения параметров климата, которые отражаются на метеорологических условиях горимости лесов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для оценки горимости лесов республики привлекались данные Красноярской и Тувинской базы авиационной охраны лесов, Государственного комитета лесного хозяйства Республики Тыва, Тувинского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и ВНИИГМИ-МЦД [Булыгина и др., <http://meteo.ru>]. Анализ многолетних данных пожаров растительности и климата проводился усреднением данных, применены процедуры сглаживания.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Горная растительность наиболее чувствительна к климатическим изменениям. С ростом температуры в последние десятилетия участились пожары, продолжительнее стал и пожароопасный период. Вполне вероятно, что климатические изменения в совокупности с лесными пожарами способны стать своеобразным катализатором изменений бореальных лесов.

Климат региона резко континентальный с засушливым летом и холодной зимой. Распределение осадков в течение года крайне неравномерно, 87 % осадков выпадают с апреля по октябрь, продолжительность зимы составляет 150–180 дней с мощностью снежного покрова от 7 до 30 см. Средняя температура января -28 ± 3 °C, июля – $16,7 \pm 1,0$ °C, апреля – $1 \pm 2,2$ °C.

Резкая континентальность климата в республике проявляется в неравномерном выпадении осадков, суточном и сезонном перепадах температур и низкой относительной влажности воздуха, которая в жаркие засушливые дни весной колеблется в пределах 5–54 %. Возникновение лесных пожаров республики происходит после схода снежного покрова и зависит от метеорологических условий. Весна отличается особой сухостью и сильными ветрами. Весной выпадает осадков всего 27–34 мм: в апреле – 9–11 мм, в мае – 18–23 мм. Рост средней температуры весны составил $0,9 \pm 0,1$ °C в 1975–2005 гг., $1,6 \pm 0,1$ °C в 2006–2016 гг.

Характерные ветры и суховеи осушают почву в пожароопасный сезон, также способствуют вторжению степных пожаров в лесостепь и дальше в тёмнохвойный лес. В мае происходит перестройка барического поля, что приводит к усилению скорости ветра, которая в среднем составляет 2–4 м/сек., и большей засушливости весеннего периода. Максимальная скорость ветра часто превышает 15 м/с, иногда достигает 20–32 м/с. Отсутствие осадков и засуха становится одним из важнейших факторов при возгорании леса. Возникают пожары, как правило, на 6–10-й день засушливого периода. В отдельных случаях при одних и тех же

метеорологических условиях пожары могут не наблюдаться из-за отсутствия источников огня. Частота лесных пожаров зависит от и наличия источников загорания.

Летом выпадает большинство годовых осадков (190–210 мм), в основном в виде ливневых дождей. Рост средней температуры лета составил $0,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ в 1975–2005 гг., $1,3 \pm 0,1^\circ\text{C}$ в 2006–2016 гг. Продолжительная засуха и высокая температура стали благоприятными условиями возникновения и распространения пожаров растительности летом. В период 2006–2016 гг. летние осадки уменьшились на 14 %. По данным статистики за 1996–2006 гг., от сухих гроз произошли 15 % пожаров в июне, в августе – 10 %. В июле грозовая активность повышалась и составила 19 %. В этот период площадь лесных пожаров от грозы составила 44990 га. Преобладающей причиной возникновения лесных пожаров являются неосторожное обращение населения, посещающего лес. Длительная летняя засуха и наличие в лесу антропогенных источников огня и сухие грозовые разряды являются причинами возникновения пожаров.

Осенний пожароопасный сезон также отличается сухой и ясной погодой. Осенью выпадают 30–40 мм осадков. Рост средней температуры осени составил $0,7 \pm 0,1^\circ\text{C}$ в 1975–2005 гг., $1 \pm 0,1^\circ\text{C}$ в 2006–2016 гг. В период 2006–2016 гг. осадки уменьшились на 7 %. Осенью произошли 4,5 % от всех пожаров. Возникли по вине человека 73,8 % осенних пожаров (от всех пожаров 3,3 %), от грозы 12,3 % (от всех пожаров 0,5 %), при не выясненных обстоятельствах 3,3 % (от всех пожаров 0,1 %).

Причиной возникновения лесных пожаров в последние годы становятся благоприятствующие метеорологические условия: быстрое повышение температуры весенних месяцев и характерный весенний ветер, удлинение вегетационного периода, учащение засух и жарких периодов создают прямую угрозу выгорания леса на больших территориях. При анализе данных пожаров растительности в период 1996–2016 гг. выявлено, что весной произошло 55,5 % от всех пожаров.

Таблица 1. Показатели пожароопасного сезона с 1975 по 2016 гг.

Table 1. Indicators of the fire season from 1975 to 2016

Годы	Количество пожаров	Площадь пожаров, га	Аномалия температуры IV–X месяцев
1965–1974	181	726	-0,3
1975–1984	1019	17804	0,2
1985–1994	1292	14571	0,3
1995–2004	2564	531991	1,3
2005–2016	2262	475207	1,3

Среди антропогенных факторов преобладают причины, связанные с несоблюдением правил обращения с огнём в лесу (64,2 %). Весной и осенью преобладающей причиной возникновения лесных пожаров являются сельскохозяйственные палы. Неконтролируемые выжигания сухой растительности весной и осенью нередко приводят к переходу огня на лесостепь. Сельскохозяйственные палы в среднем составляют около 9 %, но в отдельные годы относительное число пожаров от них составляет до 30 % от общего количества в связи с выжиганием сухой травы.

Поскольку пожароопасный сезон начинается с апреля и продолжается до октября, проанализированы ряды средней температуры воздуха за тёплый период года. Результаты обработки представлены в таблице 1. Из приведённых данных видно, что наименьшее количество и площадь пожаров были до 1975 г. Анализ временного хода средней температуры с апреля по октябрь за 1975–1994 гг. показывает рост аномалии температур, особенно отчётливо проявившийся с 1995 по 2016 гг.

Температурный тренд 2-го и 3-го десятилетия (1985–1994 гг.) составили 0,2 и 0,3 °С, а в последующие два десятилетия – 1,3 °С. Всё это повлияло на резкое увеличение пожаров. В период 1975–2016 гг. на территории региона произошло 100194 пожаров на общей площади 32195 га. На временных отрезках 1975–1984, 1985–1994, 1995–2004, 2005–2016 гг. количество пожаров увеличилось соответственно в 5,6; 7,1; 14,2; 12,5 раза, площадь пожаров увеличилась соответственно в 24,5; 20,1; 732,8; 654,6 раза по сравнению с 1965–1974 гг. Данные таблицы свидетельствуют о масштабах катастрофического положения с лесными пожарами в регионе.

Более детальный анализ динамики температуры и суммы осадков пожароопасного сезона и площади пожаров на временном отрезке 1965–2015 гг. представлен в виде графика (рисунок 1). Выделяются 8–9-летние и 4–5-летние циклы высокой горимости лесов. В период наибольшего потепления лесные пожары сильно перекрываются с периодами засух. Наибольшее количество пожаров были в 1981 г. (353), 1989 г. (380), 2002 (560), 2014 (355), 2015 (325). Крупные пожары растительности отмечены в наиболее засушливые годы: 2002 г. (337563 га), 2007 г. (60653 га), 2008г. (40610 га), 2014 г. (108147 га), 2015 г. (120258 га).

Статистические данные показывают масштабы катастрофического положения с пожарами растительности в республике. В последние десятилетия аномалия температуры способствует возникновению и распространению летних пожаров, сопровождается увеличением количества пожаров, горимости лесов и продолжительности пожароопасного сезона [Куулар, Хертек, 2014, 2015].

Рисунок 1. Динамика количества пожаров в период 1965–2016 гг.

Figure 1. Dynamics of number of fires during the period of 1965–2016

ВЫВОДЫ

Республика Тыва – один из наиболее уязвимых к изменению климата регионов России. Потепление климата, которое вызвало увеличение температуры, уменьшение суммы осадков

летом, привело к сильным засухам, вызывающим увеличение количества природных пожаров и пройденной огнём площади на территории республики.

Средние многолетние данные о фактической горимости растительности в регионе показывают, что причиной возникновения пожаров на больших площадях в большинстве случаев является человеческий фактор, а разгораются они в связи с благоприятствующими природно-климатическими факторами. В исследуемый период (1960–2016 гг.) средняя проходимая пожарами площадь в год составила 25381 га, количество пожаров – 180, средняя площадь одного пожара – 89 га. Таким образом, наихудший вариант отклика на повышение температуры воздуха связан с увеличением количества и площади лесных и степных пожаров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Трофименко Л.Т., Швец Н.В. Описание массива данных среднемесячной температуры на станциях России. – Режим доступа: <http://meteo.ru>.
2. Буряк Л.В., Сухинин А.И., Каленская О.П., Пономарёв Е.И. Последствия пожаров в ленточных борах юга Сибири // Сибирский экологический журнал. – 2011. – Т. 3. – С. 331–339.
3. Волокитина А.В., Софронов М.А. Классификация и картографирование растительных горючих материалов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 314 с.
4. Куулар Х.Б. Рост пожаров растительности как следствие изменения климата в Республике Тыва // Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении и лесном хозяйстве. Доклады VI Всероссийской конф-ции (Москва, 20–22 апреля 2016 г.). – М.: ЦЭПЛ РАН, 2016. – С. 193–196.
5. Куулар Х.Б., Хертек С.Б. Анализ лесных пожаров Тувы в связи с изменением климата // Интерэкспо ГЕО-Сибирь–2016. XII Междунар. науч. конгр.: Сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Т. 3. 2016. – С. 7–10.
6. Куулар Х.Б., Хертек С.Б. Анализ пожаров растительности Тувы с помощью данных космического мониторинга // Интерэкспо ГЕО-Сибирь–2014. X Междунар. науч. конгр.: Сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2014 г.). – Новосибирск: СГГА, 2014. – Т. 4. – С. 343–346.
7. Пономарёв Е.И., Харук В.И. Горимость лесов Алтае-Саянского региона в условиях наблюдаемых изменений климата // Сибирский экологический журнал. – 2016. – № 1. – С. 38–46.
8. Типы лесов гор Южной Сибири / Под ред. В.Н. Смагина, С.А. Ильинской, Д.И. Назимовой, И.Ф. Новосельцевой, Ю.С. Чередниковой. – Новосибирск: Наука, 1980. – 336 с.
9. Лесопожарное районирование территории лесного фонда Республики Тыва. – Хабаровск: ФБУ «ДальНИИЛХ», 2012. – 61 с.
10. Flannigan M.D., Van Wagner C.E. Climate change and wildfire in Canada // Can. J. For. – 1991. – Res. 21. – Pp. 66–72.
11. Houghton R.A. Biomass burning from the perspective of the global carbon cycle // Global biomass burning: Atmospheric, climatic, and biospheric implications. – Cambridge: The MIT Press, Cambridge University Press, 1991. – 129 p.
12. Kasischke E.S., Christensen N.L., Stocks B.J. Fire, global warming, and the carbon balance of boreal forests // Ecol. – 1995. – Appl. 5 (2). – Pp. 437–451.
13. Torn M. S., Fried J.S. Predicting the impact of global warming on wildland fire // Climatic Change. – 1992. – Vol. 21 – Pp. 257–274.
14. Soja A.J., Tchepakova N.M., French N.H.F., Flannigan M.D., Shugart H.H., Stocks B.J., Sukhinin A.I., Parfenova E.I., Chapin III F.S., Stackhouse Jr. P.W. Climate-induced boreal forest change: Predictions versus current observations // Global and Planetary Change. – 2007. – Vol. 56. – Pp. 274–296.

Khulermaa B. Kuular¹, Ezir-Nachyn R. Ondar²

DYNAMICS OF FOREST FIRES IN THE REPUBLIC OF TYVA

ABSTRACT

The article describes the quantitative relations between characteristics of fires, vegetation and climate data on the territory of the Republic of Tyva. According to meteorological stations in the region since 1970s an increase in the average temperature has been recorded. On the background of small annual precipitation this led to an increase in the duration of active insolation, and as a consequence, sharp increase in the number of wildfires and area burned. During 1975-2005 the air temperature of warm season has increased by 2.9 ± 0.7 °C. With increasing temperature the number of wildfires increased 2.2 times compared to 1960-1990, burned area forest increased 19.6 times. During this period, on forest lands of the region 5020 fires occurred on a total area of 578463 hectares, the average area of 1 fire being 54 ha. In recent years (2006-2016) in warm season air temperature increased by 1.9 ± 0.7 °C. The number of wildfires increased 0.9 times, the area of burned plots increased 19.6 times. During the period 2117 wildfires have occurred on a total area of 461455 hectares, the average area of 1 fire being 198 hectares. Statistics show the catastrophic situation with the fires of the vegetation in the region. On average large wildfires of 85.4 % of all wildfires in the republic. The years have seen 2002, 2007, 2008, 2014 and 2015 most fire with large burned areas.

KEYWORDS:

climate warming, wildfires, dynamics of wildfires, relationship

REFERENCES

1. Bulygina O.N. Razuvayev V.N., Trofimenko L.T. Shvets N.V. Opisaniye massiva dannykh srednemesyachnoy temperatury na stantsiyakh Rossii [Description of the dataset of mean monthly temperature at stations of Russia]; <http://meteo.ru> (in Russian).
2. Buryak L.V., Suhinin A.I., Kalenskaya O.P., Ponomaryov E.I. Posledstviya pozharov v lentochnykh borah yuga Sibiri [Consequences of fires in ribbon forests of South of Siberia], *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal*, 2011, T. 3, pp. 331–339 (in Russian).
3. Volokitina A.B., Sofronov M.A. Klassifikatsiya i kartografirovaniye rastitel'nykh goryuchih materialov [Classification and mapping of plant combustible materials], Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2002, 314 p. (in Russian).
4. Kuular Kh.B. Rost pozharov rastitelnosti kak sledstvie izmeneniya klimata v Respublike Tyva [Growth of vegetation fires as a result of climate change in the Republic of Tyva], *Aerokosmicheskie metody i geoinformatsionnyye tehnologii v lesovedenii i lesnom hozyaystve. Doklady VI Vseros. konf-tsii* (Moskva, 20–22 aprelya 2016 g.), Moscow: TsEPL RAN, 2016, pp. 193–196 (in Russian).
5. Kuular Kh.B., Khertek S.B. Analiz lesnykh pozharov Tuvy v svyazi s izmeneniem klimata [Analysis of forest fires in Tuva due to climate change], *Interespo GEO-Sibir–2016. XII Mezhdunar. nauch. kongr.: sb. materialov v 6 t.* (Novosibirsk, 18–22 aprelya 2016 g.), T. 3, 2016, pp. 7–10 (in Russian).
6. Kuular Kh.B., Khertek S.B. Analiz pozharov rastitelnosti Tuvy s pomoschyu dannykh kosmicheskogo monitoringa [Analysis of vegetation fires in Tuva using space monitoring data],

¹ FSBIS Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources SB RAS; Internatsionalnaya st 117a, Kyzyl, 667007; e-mail: k-k-188@list.ru

² Odintsovo Campus MGIMO of University, MIEP, International Buisness and Innovation Management; 143005, Odintsovo, Novosportivnaya st 3; e-mail: nach17@inbox.ru

- Interekspo GEO-Sibir–2014. X Mezhdunar. nauch. kongr.: sb. materialov v 6 t. (Novosibirsk, 19–29 aprelya 2014 g.), Novosibirsk: SGGa, 2014, T. 4, pp. 343–346 (in Russian).
7. Ponomaryov E.I., Kharuk V.I. Gorimost lesov Altae-Sayanskogo regiona v usloviyah nablyudaemyih izmeneniy klimata [The burning of forests in the Altai-Sayan region in conditions of observed climate changes], *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal*, 2016, No 1, pp. 38–46 (in Russian).
 8. Tipyi lesov gor Yuzhnoy Sibiri [Types of forests in Southern Siberia] / Pod red. V.N. Smagina, S.A. Ilinskoy, D.I. Nazimovoy, I.F. Novoseltsevoy, Yu.S. Cherednikovoy, Novosibirsk: Nauka, 1980, 336 p. (in Russian).
 9. Lesopozharnoe rayonirovanie territorii lesnogo fonda Respubliki Tyva [Forest fire zoning of the territory of the forest fund of the Republic of Tyva], Habarovsk: FBU «DalNIILH», 2012, 61 p. (in Russian).
 10. Flannigan M.D., Van Wagner C.E. Climate change and wildfire in Canada, *Can. J. For.*, 1991, Res. 21, pp. 66–72.
 11. Houghton R.A. Biomass burning from the perspective of the global carbon cycle, *Global biomass burning: Atmospheric, climatic, and biospheric implications*, Cambridge, The MIT Press, Cambridge University Press, 1991, 129 p.
 12. Kasischke E.S., Christensen N.L., Stocks B.J. Fire, global warming, and the carbon balance of boreal forests, *Ecol.*, 1995, Appl. 5 (2), pp. 437–451.
 13. Torn M.S., Fried J.S. Predicting the impact of global warming on wildland fire, *Climatic Change*, 1992, Vol. 21, pp. 257–274.
 14. Soja A.J., Tchebakova N.M., French N.H.F., Flannigan M.D., Shugart H.H., Stocks B.J., Sukhinin A.I., Parfenova E.I., Chapin III F.S., Stackhouse Jr.P.W. Climate-induced boreal forest change: Predictions versus current observations, *Global and Planetary Change*, 2007, Vol. 56, pp. 274–296.
-