

## ДИНАМИКА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ И КЛИМАТА ИЛЬМЕНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА В 1948–2013 гг.

© 2016 г. Член-корреспондент РАН А. А. Чибилев<sup>1</sup>, Д. В. Веселкин<sup>2,3</sup>,  
Н. Б. Куянцева<sup>4,5</sup>, О. Е. Чащина<sup>4</sup>, А. Е. Дубинин<sup>4</sup>

Поступило 17.12.2015 г.

Исследовано влияние климатических факторов на частоту возникновения лесных пожаров в Ильменском государственном заповеднике на основе материалов 66 лет прямых наблюдений в 1948–2013 гг. В этот период число ежегодно регистрируемых на территории заповедника пожаров последовательно увеличивалось. Общий рост частоты возгораний обусловлен удлинением пожароопасного периода и увеличением числа пожаров в весенний и летне-раннеосенний периоды. Не получено достаточных оснований, чтобы связать рост числа пожаров с климатическими изменениями. Средние погодные условия месяцев и сезонов года объясняют лишь небольшую долю межгодовой изменчивости числа пожаров. Наблюдаемые изменения одних климатических характеристик могли способствовать возрастанию, а других – снижению числа пожаров.

DOI: 10.7868/S0869565216170187

Лесные пожары – важный фактор формирования лесного покрова. Знание динамики и причин горимости лесов необходимо для традиционного управления лесами и прогноза, регуляции их состояния при изменениях климата [1, 2]. Количество различных моделей для прогнозирования пожарной опасности и пожаров в лесах при климатических изменениях растет [3–8]. Поскольку подчеркивается большая специфичность режимов горимости лесов [1, 2, 6], необходима разработка регионально адаптированных прогностических моделей. В связи с этим актуален сопряженный анализ частоты лесных пожаров и климатических изменений на территории Ильменского государственного заповедника (ИГЗ). Цель работы: оценить влияние климатических факторов на частоту возникновения лесных пожаров в ИГЗ на материале наблюдений 1948–

2013 гг. ИГЗ (30380 га) расположен на Южном Урале (Челябинская обл., г. Миасс) в подзоне южной тайги вблизи зонального экотона лес–лестепь, для которого анализ динамики и причин лесных пожаров особенно актуален [2, 9].

Динамика пожаров в лесах ИГЗ за десятилетние периоды восстановлена с 1890 г. Имеются оценки ежемесячного распределения лесных пожаров с 1948 г. В соответствии с обоими способами регистрации число пожаров к современности возрастает. При подекадном учете (десятилетка) за 1890–2013 гг. связь между номером 10-летия и числом пожаров значима:  $r_s = 0.62$  ( $P = 0.0235$ ;  $n = 13$ ;  $r_s$  – коэффициент корреляции Спирмена). На основе данных о ежегодном числе пожаров на территории ИГЗ в 1948–2013 гг. корреляция между годом и числом пожаров значима, но не очень тесная:  $r_s = 0.25$  ( $P = 0.0434$ ;  $n = 66$ ; рис. 1), что объясняется большой межгодовой изменчивостью числа пожаров. Корреляция между годом и скользящим средним за 5 лет числом пожаров заметно теснее:  $r_s = 0.66$  ( $P < 0.0001$ ;  $n = 62$ ).

Внутригодовое распределение пожаров проанализировали за три примерно 20-летних интервала: 1948–1970, 1971–1990, 1991–2013 гг. Подавляющее число пожаров во все годы приходилось на период с апреля по октябрь с максимумом в мае (рис. 2). В двухфакторном дисперсионном анализе для скользяще-сглаженных за 5 лет оценок числа пожаров с апреля по октябрь высоко значимы закономерность увеличения числа пожаров от 1948–1970 к 1991–2013 гг. и внутригодовая

<sup>1</sup> Институт степи Уральского отделения Российской Академии наук, Оренбург

<sup>2</sup> Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина, Екатеринбург

<sup>3</sup> Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской Академии наук, Екатеринбург

<sup>4</sup> Ильменский государственный заповедник им. В.И. Ленина Уральского отделения Российской Академии наук, Миасс Челябинской обл.  
E-mail: korablik@mineralogy.ru

<sup>5</sup> Южно-Уральский государственный университет, Челябинск

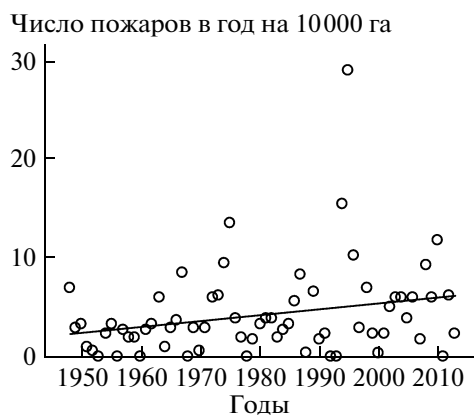


Рис. 1. Увеличение ежегодного числа лесных пожаров в ИГЗ (1948–2013 гг.).

изменчивость:  $F_{\text{интервал}}(2; 413) = 42.40$ ;  $F_{\text{месяц}}(6; 413) = 77.08$ ;  $F_{\text{интервал} \times \text{месяц}}(12; 413) = 4.71$ ; во всех случаях  $P < 0.0001$ . Значимое взаимодействие факторов свидетельствует, что общий рост частоты пожаров обусловлен увеличением их числа в весенний и летне-раннеосенний периоды. Таким образом, увеличение горимости лесов ИГЗ сопровождается удлинением пожароопасного периода, что отме-

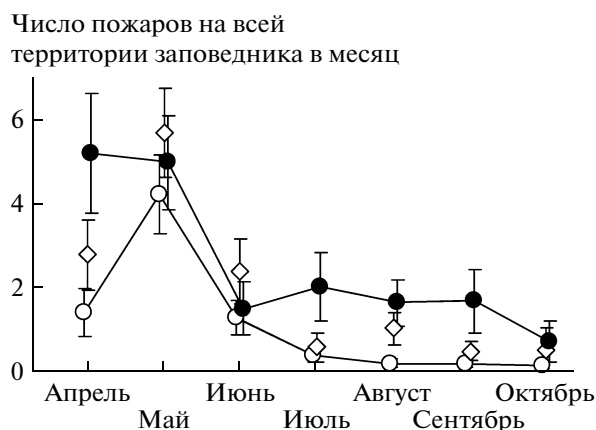


Рис. 2. Среднее число лесных пожаров в месяц ( $\pm SE$ ) в Ильменском заповеднике в 1948–1970 (○), 1971–1990 (◇) и 1991–2013 гг. (●).

чается как современная тенденция для многих регионов [1, 6].

При исследовании зависимости между характеристиками погоды и числом пожаров сначала использовали средние характеристики календарного года (табл. 1). Корреляция между суммой

Таблица 1. Связь погодных условий разных периодов года с числом пожаров за эти периоды ( $r$ ) и изменение средних температур и сумм осадков на метеостанции Миасс в 1948–2013 гг. ( $B$ ) ( $n = 66$ )

Период	$r^1$		$B^2$	
	температура	количество осадков	температура, °C/10 лет	количество осадков, мм/10 лет
Год <sup>3</sup>	+0.19	-0.33**	+0.26***	+5.64
Зима <sup>4</sup>	-0.11	-0.10	+0.28**	-0.32
Весна	+0.22	-0.15	+0.32**	+6.10*
Лето	+0.33**	-0.44***	+0.18*	+2.71
Осень <sup>5</sup>	+0.21	-0.24	+0.31**	-3.21
Январь	+0.07	-0.06	+0.20	+0.61
Февраль	-0.20	-0.10	+0.40	-0.21
Март	-0.01	-0.13	+0.61**	+1.02
Апрель	+0.38**	-0.25*	+0.26	+1.48
Май	+0.22	-0.19	+0.09	+2.06
Июнь	+0.24	-0.26*	+0.20	-0.63
Июль	+0.34**	-0.38**	+0.18	+0.34
Август	+0.26*	-0.27*	+0.16	+2.04
Сентябрь	+0.09	-0.20	+0.16	-1.08
Октябрь	-0.08	-0.24*	+0.35**	-1.55
Ноябрь	+0.17	+0.17	+0.42*	-1.56
Декабрь	+0.11	-0.07	+0.13	-0.76

Примечания. <sup>1</sup> Коэффициент корреляции Пирсона между характеристиками погодных условий периода и числом пожаров за этот период; <sup>2</sup> абсолютная величина изменения показателя за 10 лет – регрессионный коэффициент прямолинейной аппроксимации зависимости между годом и температурой и суммой осадков; <sup>3</sup> полный календарный год; <sup>4</sup> включая ноябрь предыдущего года; <sup>5</sup> сентябрь–октябрь. Уровни значимости  $r$ ,  $B$ : \*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ , \*\*\*  $P < 0.001$ .

осадков за год и числом пожаров более тесная, чем связь между средней годовой температурой воздуха и числом пожаров.

На втором этапе проанализировали связь между числом пожаров и средними погодными характеристиками зимы (включая ноябрь предыдущего года), весны, лета и осени (без ноября, табл. 1). Число пожаров за сезон значительно зависит от особенностей погоды в этом сезоне только для лета. Для объяснения изменчивости суммарного числа пожаров за год на основе средних температур и сумм осадков за сезон использовали множественную линейную регрессию. Оптимально следующее уравнение (в стандартизованном виде):

$$N = -0.157 T_{\text{зима}} + 0.267 T_{\text{весна}} - 0.254 W_{\text{весна}} + 0.248 T_{\text{лето}}, \quad (1)$$

где  $N$  – число пожаров за год;  $T$  и  $W$  – средняя температура и сумма осадков соответствующего сезона;  $R^2 = 0.23$ . Годовое число пожаров увеличивается в годы с повышенными температурами весны и осени, но не лета, и уменьшается в годы с повышенным количеством осадков весной, но не летом. Только 23% межгодовой изменчивости числа пожаров объясняется погодными особенностями сезонов года.

Это заключение уточняют результаты анализа корреляций между числом пожаров в отдельные месяцы и их погодными характеристиками (табл. 1). Значимое увеличение числа пожаров происходит в апреле и июле–августе при повышенных температурах в эти месяцы. Уменьшение числа пожаров с ростом месячных сумм осадков установлено для апреля, июня–августа, октября. С использованием средних температур и сумм осадков отдельных месяцев изменчивость общего числа пожаров за год описывается уравнением

$$N = 0.179 T_4 - 0.208 W_4 + 0.131 T_5 - 0.151 W_7 - 0.151 W_9 + 0.135 T_{10}, \quad (2)$$

где  $T_i$  и  $W_i$  – средняя температура и сумма осадков соответствующего месяца;  $i$  – номер месяца, начиная с января;  $R^2 = 0.18$ . Изменчивость годового числа пожаров положительно связана с температурами апреля–мая, октября и отрицательно – с осадками апреля, июля, сентября.

По данным метеостанции Миасс, в 1948–2013 гг. выражен тренд повышения средней температуры воздуха на  $0.26^\circ\text{C}$  за 10 лет (табл. 1). Это значительно превышает средний глобальный тренд потепления [10, 11], но меньше среднего тренда потепления для территории РФ в 1976–2012 гг. и близко к трендам потепления в Западной Сибири и Уральском федеральном округе в 1976–2012 гг. [11]. Заметнее всего в ИГЗ выражен тренд потепления февраля–марта, октября–ноября. Температура воздуха летом изменилась незначительно. Количество осадков с 1948 по 2013 г.

также незначительно увеличилось, преимущественно в весенние месяцы.

Рассмотрим, могли ли наблюдаемые изменения климата быть причиной возрастания горимости лесов ИГЗ. Два слагаемых уравнения (1) (температура весенних, осенних месяцев) с 1948 по 2013 г. изменялись так, что это могло способствовать росту частоты лесных пожаров. Многолетний тренд двух других слагаемых мог способствовать уменьшению частоты пожаров. Таким образом, в 1948–2013 гг. погодные характеристики сезонов года изменялись так, что эти изменения, как вероятные причины роста частоты возгораний в лесах, действовали разнонаправленно. Также не удается объяснить наблюдаемый рост частоты пожаров с использованием уравнения (2). Из шести его слагаемых многолетний тренд значим только для средней температуры октября (в который число пожаров невелико). Погодные характеристики других месяцев, входящие в уравнение (2), значимо не изменялись в 1948–2013 гг.

Таким образом, в результате анализа 66-летних наблюдений за числом лесных пожаров и климатическими изменениями в ИГЗ не получено достаточных оснований, чтобы удовлетворительно связать наблюдаемый рост числа пожаров с происходящими климатическими изменениями. Об этом свидетельствуют следующие обстоятельства. Во-первых, средние погодные условия месяцев и сезонов года объясняют лишь небольшую долю (18–23%) межгодовой изменчивости числа пожаров. Во-вторых, в 1948–2013 гг. погодные характеристики месяцев и сезонов года изменялись таким образом, что как вероятные причины роста частоты возгораний в лесах они действовали разнонаправленно: наблюдаемые изменения одних климатических характеристик могли способствовать возрастанию, а других – снижению числа пожаров. Погодные характеристики апреля, мая, июля, сентября, связанные с числом лесных пожаров, не продемонстрировали значимого изменения с 1948 по 2013 г. Рост частоты лесных пожаров связан с сильным и все время усиливающимся антропогенным прессом, выражающимся в проникновении браконьеров, старателей, туристов на территорию заповедника или в приграничные с заповедником леса и поджогах леса. Антропогенная составляющая дискутируется как основная причина роста числа лесных пожаров для многих хорошо освоенных лесных районов [1, 2, 9, 11, 12]. Это вселяет осторожный оптимизм и свидетельствует, что далеко не исчерпаны возможности коррекции пожарной обстановки в лесах путем усовершенствования системы их охраны, в том числе и в будущем, при климатически обусловленном повышении пожарной опасности.

Исследования поддержаны Комплексной программой фундаментальных исследований Ураль-

ского отделения РАН (проект 15–12–5–31) и Правительством РФ (Постановление № 211, контракт № 02.А03.21.0006).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Flannigan M.D., Krawchuk M.A., Groot de W.J., Wotton B.M., Gowman L.M.* // Intern. J. Wildland Fire. 2009. V. 18. P. 483–507.
2. *Швиденко А.З., Щепашенко Д.Г.* // Лесоведение. 2013. № 5. С. 50–61.
3. *Малевский-Малевиц С.П., Молькентин Е.К., Надежина Е.Д., Шкляревич О.Б.* // Метеорология и гидрология. 2005. № 3. С. 36–44.
4. *Малевский-Малевиц С.П., Молькентин Е.К., Надежина Е.Д., Семиошина А.А., Салль И.А., Хлебникова Е.И., Шкляревич О.Б.* // Метеорология и гидрология. 2007. № 3. С. 14–24.
5. *Школьник И.М., Молькентин Е.К., Надежина Е.Д., Хлебникова Е.И., Салль И.А.* // Метеорология и гидрология. 2008. № 3. С. 5–15.
6. *Мохов И.И., Чернокульский А.В.* // География и природ. ресурсы. 2010. № 2. С. 120–126.
7. *Pereira M.G., Calado T.J., DaCamara C.C., Calheiros T.* // Climate Res. 2013. V. 57. P. 187–200.
8. *Шерстюков Б.Г., Шерстюков А.Б.* // Метеорология и гидрология. 2014. № 5. С. 17–30.
9. *Замолодчиков Д.Г.* // Вестн. ИРГСХА. 2013. № 54. С. 56–63.
10. Изменение климата, 2007 г. Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп I, II и III в 4-й доклад об оценке Межправительственной группы по изменению климата / Под ред. Р.К. Пачаури, А. Райзингера. Женева: МГЭИК, 2007. 104 с.
11. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. 1008 с.
12. *Иванов В.А., Москальченко С.А., Пономарев Е.И.* // Хвойные бореальной зоны. 2009. Т. 26. № 2. С. 249–254.