

А.Ю. БИБАЕВАИнститут географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия, pav_a86@mail.ru**ОСОБЕННОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ
В ЗАПАДНОМ ПРИБАЙКАЛЬЕ**

Рассматривается распространение природных пожаров в центральной части Западного Прибайкалья в период 1975–2016 гг. Отмечается устойчивая тенденция роста горимости лесов, увеличение числа пожаров и площадей, пройденных огнем. Выявлены годы максимального пирогенного воздействия на геосистемы. На основе сопряженного анализа данных дистанционного зондирования Земли составлена картосхема пространственной структуры катастрофических пожаров в 2015 г., определены площади, пройденные огнем, и средние скорости распространения фронта огня. По результатам полевых исследований приводятся примеры локального воздействия пожаров на структуру и восстановительную динамику геосистем. Для дифференциации возможных источников возгораний производится статистический анализ метеорологических данных. Сделан вывод, что последние пять лет характеризуются длительными периодами чрезвычайной пожарной опасности, регистрируется низкая межень на реках. Выявлено, что пожары катастрофического характера, регистрируемые в 2003 и 2015 г., происходили на фоне минимума грозовой активности.

Ключевые слова: лесные пожары, геосистемы, факторы, условия, очаги возгораний, пирогенная трансформация.

A.Yu. BIBAEVAV.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
664033, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia, pav_a86@mail.ru**CHARACTERISTICS OF THE EMERGENCE AND DEVELOPMENT OF WILDFIRES
IN WESTERN CISBAIKALIA**

The spread of wildfires in the central part of Western Cisbaikalia in the period 1975–2016 is considered. The study emphasizes a steady tendency for the fire danger of forests to increase as well as an increase of the number of fires and affected areas. The years of a maximal pyrogenic impact on geosystems are revealed. A correlative analysis of Earth remote sensing data was made to compile the schematic map of the spatial structure of catastrophic fires in 2015 and determine the areas affected by fire and the mean velocities of the spread of the fire front. Based on results of field investigations, examples of the local impact of fires on the structure and rehabilitation dynamics of geosystems are provided. For differentiating the possible sources of fires, a statistical analysis of meteorological data is made. It is concluded that the last five years are characterized by long periods of extreme fire danger, and a low-water level on rivers has been recorded. It is found that fires of a catastrophic nature as recorded in 2003 and 2015 occurred at the minimum of thunderstorm activity.

Keywords: forest fires, geosystems, factors, hotspots, pyrogenic transformation.

ВВЕДЕНИЕ

С изменением климатических условий проблема увеличения частоты природных пожаров в последние десятилетия становится все более актуальной. С конца 1970-х гг. после периода стабилизации (1940–1970 гг.) отмечается новый этап потепления климата [1], сопровождаемый более интенсивным подъемом температуры воздуха. Предполагается [2], что данные изменения могут быть вызваны «экспансией тропиков» в результате расширения ячейки Гадлея (Хэдли) и смещения ее нисходящей ветви в умеренные широты на 2–4° [2, 3].

Трансформация крупномасштабной и региональной форм атмосферной циркуляции обуславливает неустойчивость температурного режима различных регионов и увеличение количества стихийных и опасных метеорологических явлений [1, 4]. Над Сибирским сектором [4] увеличивается продолжительность долготной северной группы процессов (меридиональной северной циркуляции) и связанных с ними адвективно-динамических факторов антициклогенеза. Вследствие развития и распространения

длинных волн Россби, сопровождаемые их обрушением, формируются атмосферные блокингы высокой повторяемости, определяющие аномалии циркуляции атмосферы в регионе [5]. В результате на территории Иркутской области в условиях повышения атмосферного давления растет повторяемость засушливых периодов в теплое время года [6]. На фоне трансформации атмосферной циркуляции наблюдается [7] устойчивая тенденция роста горимости лесов Сибири, причем увеличивается как число очагов пожаров, так и площадь, пройденная огнем.

Преобладающей причиной возникновения лесных пожаров считается антропогенный фактор, на удаленных территориях — грозовая активность [8, 9]. Сообщается [10], что потепление климата на 1 °С может способствовать увеличению грозовой активности на 10–12 %. По данным В.А. Иванова [9], самое большое число пожаров, возникающих от гроз, отмечается при классах пожарной опасности 3–4 по условиям погоды, когда лесные горючие материалы достигают своей пожарной зрелости. Кроме того, очаг возгорания может находиться непосредственно на болоте в высохшем торфяном слое. Высказывается гипотеза [11–13] о природной причине торфяных пожаров вследствие самовозгорания болотных газов, обусловленного комплексом биохимических, химических и физических процессов.

Цель данного исследования — изучение пространственно-временной структуры пожаров и их воздействия на геосистемы центральной части Западного Прибайкалья.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Источником информации об очагах возгорания и территориях, пройденных огнем, послужили данные дистанционного зондирования Земли — космоснимки Landsat за период 1975–2019 гг.

Для исследования привлекалась база метеорологических данных Всероссийского исследовательского института гидрометеорологической информации — Мирового центра данных (ВНИИГМИ — МЦД) по метеостанциям Баяндай, Узур, Сарма за период наблюдения с 1965 по 2018 г.: сведения о неблагоприятных условиях погоды и опасных гидрометеорологических явлениях [14], температуре воздуха; данные об атмосферных явлениях [15].

В июле 2020 г. проводились натурные исследования постпирогенной восстановительной динамики геосистем центральной части Западного Прибайкалья. Выполнены комплексные физико-географические описания более 20 точек. Исследуемая территория расположена на западном побережье в средней части котловины оз. Байкал. Режим атмосферных осадков характеризуется крайней неравномерностью в течение года: их минимальное количество приходится на зимний период, как следствие, развивается дефицит увлажнения в ранний весенний период, а также в поздние осенние месяцы [16]. Это способствует формированию благоприятных условий распространения горения в весенний — раннелетний период; в отдельные годы пожароопасный период смещается на август (рис. 1). По данным ВНИИГМИ, 2014–2017 гг. в Иркутской области характеризовались длительными периодами чрезвычайной пожарной опасности — со второй половины апреля до конца сентября, сопровождаемыми сильной жарой и низкой меженью на реках — до середины октября (см. рис. 1). В эти же годы отмечается резкое увеличение пожарной активности, сопровождаемое усиленным пирогенным воздействием на почвенный и биотический компоненты геосистем.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На территории исследования чрезвычайная степень горимости лесов отмечалась в 1993–1994, 1996–1997, 2003, 2008 и 2015 гг. Пик пожарной активности, как правило, приходится на начало–середину мая. На рис. 2 представлена картосхема очагов возгорания и площадей горения центральной части Западного Прибайкалья в 2015 г. Пирогенному воздействию подверглись горно-таежные геосистемы условий низко- и среднегорья: гольцовые тундровые, подгольцовые кустарниковые (с кедровым стлаником), подгольцовые темнохвойные редколесные, горно-таежные темнохвойные (редуцированного, ограниченного и оптимального развития), горно-таежные сосновые, подгорные и межгорных понижений таежные темнохвойные (ограниченного и оптимального развития), межгорных понижений и долин таежные лиственничные (ограниченного развития). Суммарная площадь, пройденная огнем от 10 источников возгорания, составляет более 300 000 га.

Преобладающей причиной возникновения большинства лесных пожаров считается антропогенный фактор. По данным спутникового мониторинга, в центральной части Западного Прибайкалья практически ежегодно фиксируются возгорания вблизи населенных пунктов, в зоне эксплуатационной доступности лесов. Одним из факторов лесных пожаров становятся сельскохозяйственные палы, преимущественно в Баяндаевском и Эхирит-Булагатском районах, в результате которых огонь переходит на

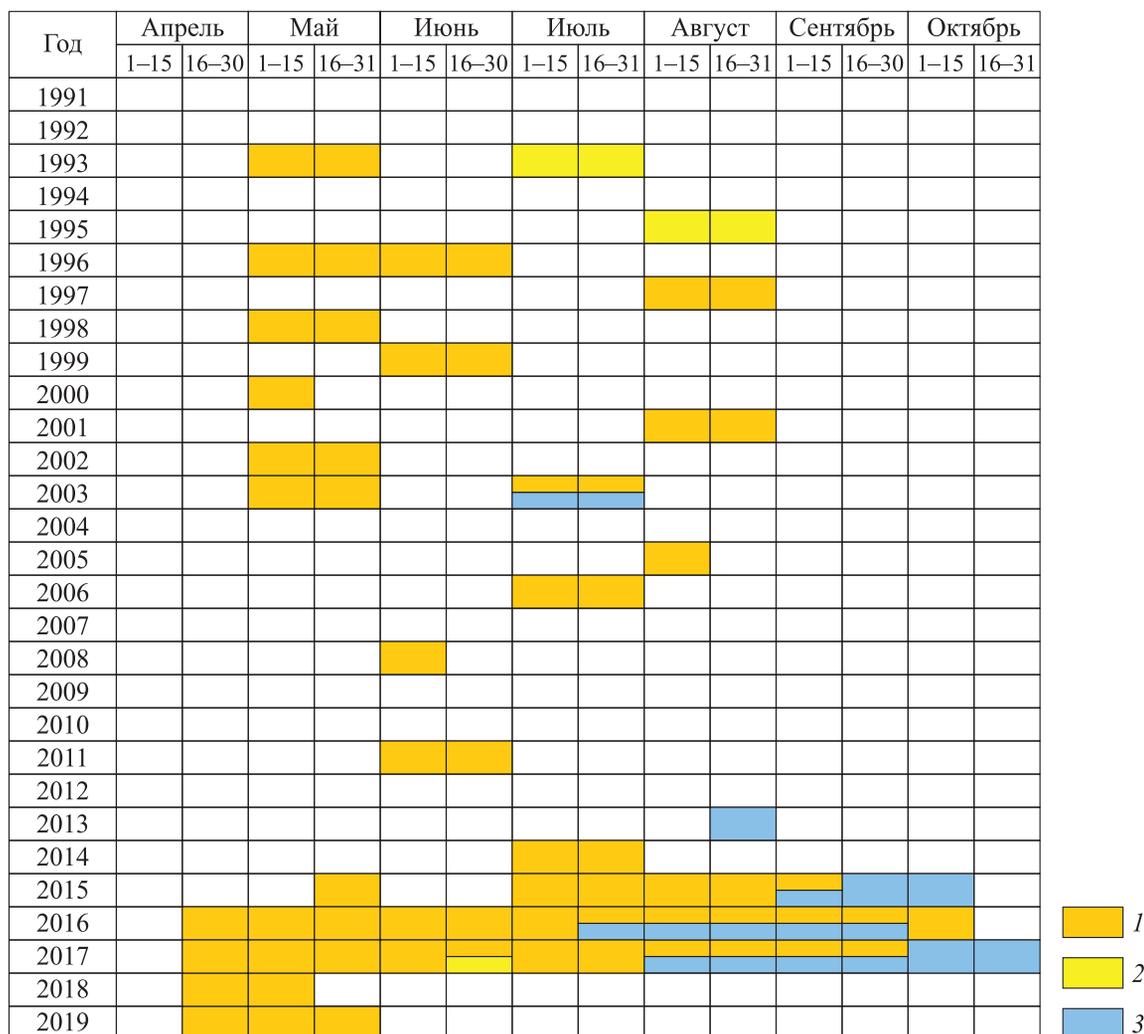


Рис. 1. Неблагоприятные условия погоды и опасные гидрометеорологические явления, нанесшие социальные и экономические потери на территории Иркутской области (1991–2019 гг.) (составлен автором по [14]).

1 — чрезвычайная пожарная опасность; 2 — сильная жара; 3 — низкая межень р. Лены.

лесные участки. Другим фактором выступают палы на лесозаготовительных участках, главным образом в Качугском районе. Большая часть таких возгораний локализуется, однако в отдельные годы они становятся источником пожаров, значительно распространяющихся на восток и достигающих особо охраняемых природных территорий, входящих в ФГБУ «Заповедное Прибайкалье», в частности Прибайкальского национального парка и Байкало-Ленского государственного природного заповедника.

Район исследования малонаселен и вместе с тем характеризуется низким уровнем развития и состояния транспортной инфраструктуры — автомобильных дорог, как общего пользования, так и лесных (лесовозных, лесохозяйственных, противопожарных). Для обеспечения проезда автотранспорта к лесным участкам с целью ликвидации пожара возможно использование 42,4 % дорожно-транспортной сети; при этом плотность дорог летнего использования составляет лишь 0,16 км/км² [17].

Полевые исследования, проведенные в летний период 2020 г., показали, что основная часть лесных дорог в настоящее время находится в неудовлетворительном состоянии после катастрофических пожаров 2015 г. Дороги непроходимы из-за сплошных завалов деревьев, расчистка которых не производится. За состоянием отдельных транзитных участков лесных дорог, необходимых для обеспечения проезда в Качугский район, следят малые предприятия по добыче полезных ископаемых. В целом большая часть территории исследования труднодоступна, и преобладающая доля возгораний фиксируется на территориях вне зоны эксплуатационной доступности. Здесь одним из факторов развития пожаров выступают грозы.

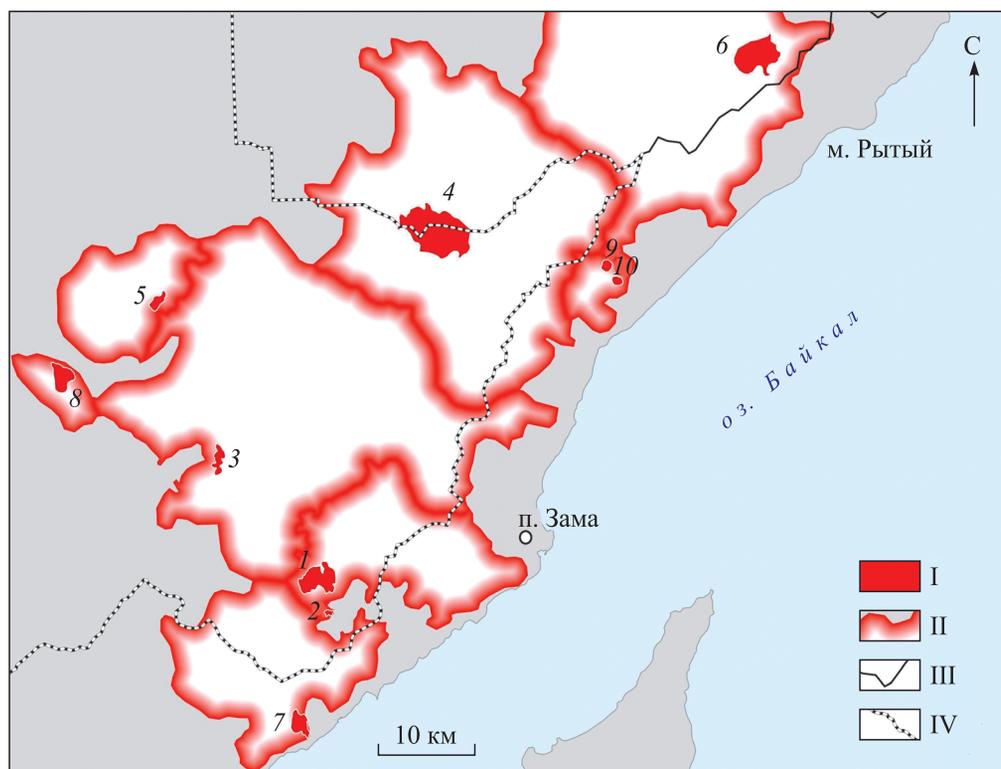


Рис. 2. Ситуационная динамика пожаров и локализация очагов возгораний в центральной части Западного Прибайкалья в 2015 г.

I (1–10) — очаги возгорания (см. таблицу). Границы: II — распространения огня от очага возгорания, III — Ольхонского муниципального района; IV — Центральной экологической зоны Байкальской природной территории.

На пространственное распределение грозовой активности определяющее влияние оказывает рельеф местности. Пониженная повторяемость гроз наблюдается над Байкалом, по мере удаления от озера она увеличивается, достигая максимума в горных районах [16].

Примечательно, что на территории Восточной Сибири пики пожарной и грозовой активности не совпадают [18]: основное число пожаров фиксируется в мае (в конце весны), в то время как максимальное количество гроз регистрируются в июле. Так, по данным пространственно-временного анализа распределения пожаров и молний, в Восточной Сибири для интервала широт $49\text{--}55^\circ$ с. ш. в зоне $80\text{--}120^\circ$ в. д. в 2005 г. грозы стали причиной лишь 3,6 % пожаров [18].

Для иллюстрации приведем график изменчивости числа дней с грозой в период май–сентябрь 1970–2018 гг. на метеостанции Баяндай (рис. 3, а). Согласно данным ВНИИГМИ-МЦД, наименьшее количество гроз отмечается в мае и сентябре, наибольшее (около 57 % случаев) — в июле. В отдельные годы пик грозовой активности смещается на июнь (28 %) — 1985, 2000, 2005, 2011 гг. и август (15 %) — 1974, 1978, 1987, 1990 гг. (см. рис. 3, а).

За период наблюдений 1970–2018 гг. на м/с Баяндай максимум грозовой активности отмечен в 1985–1987 и 1990–1991 гг., минимум — в 1972, 1995, 2003 и 2015–2016 гг. (см. рис. 3, б). Обращает на себя внимание и то, что пожары катастрофического характера, регистрируемые в 2003 и 2015 гг., происходили на фоне минимума грозовой активности (см. рис. 3, б).

В горных условиях пожарам от гроз часто подвержены кедровые насаждения, поскольку почвы, на которых они произрастают, имеют высокое удельное электрическое сопротивление [19]. При изучении материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) за период 1975–2015 гг. наиболее показательным представляется 2015 г. В данный пожароопасный сезон зафиксировано 10 очагов возгораний, приуроченных преимущественно к верхнему поясу гор (см. таблицу). Распространение огня осуществлялось от вершины вниз по склону, что косвенно может указывать на естественное происхождение пожаров в результате молниевых разрядов; средняя скорость распространения фронта огня составила около 0,5 км/сут (примерно 20 м/ч).

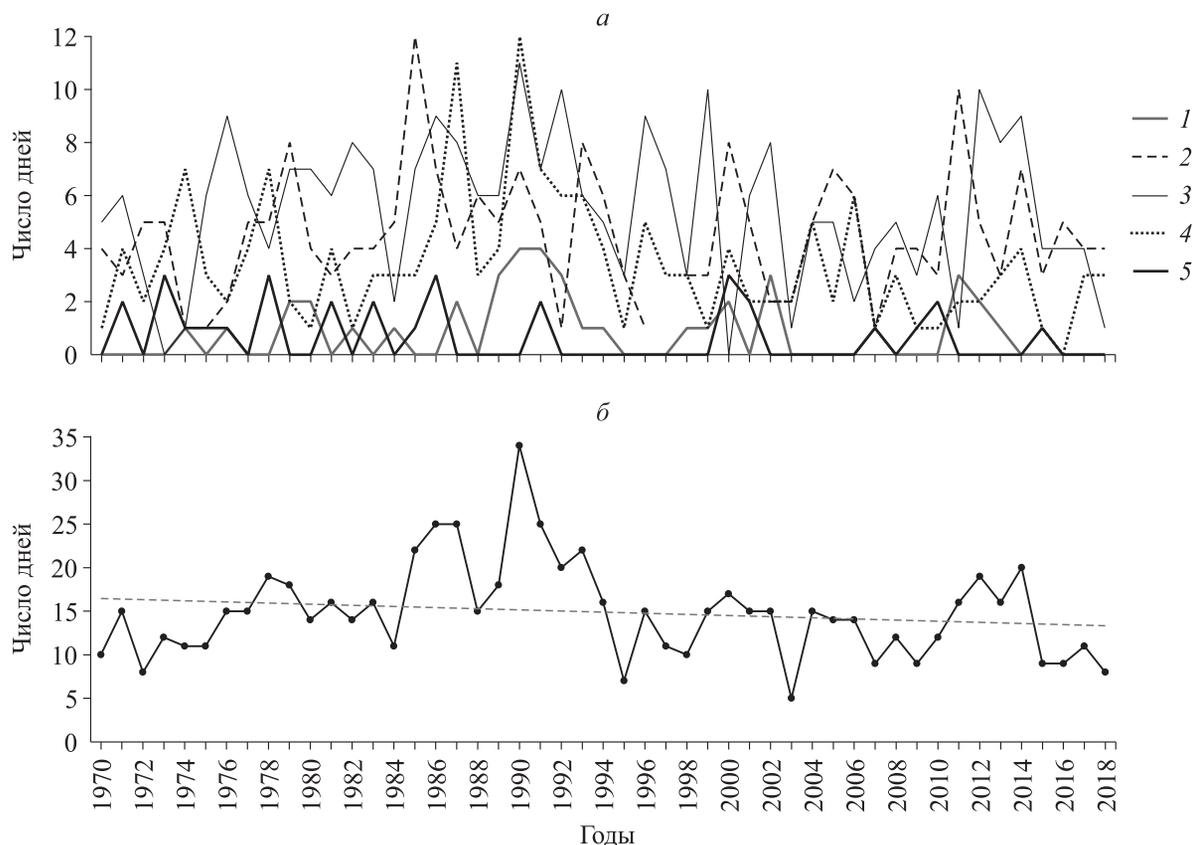


Рис. 3. Число дней с грозой на м/с Баяндай в период 1970–2018 гг. по месяцам (а) и суммарно за теплый период года (б) (составлен автором по данным ВНИИГМИ-МЦД).

Месяцы: 1 – май, 2 – июнь, 3 – июль, 4 – август, 5 – сентябрь.

Характеристика очагов возгорания центральной части западного Прибайкалья в 2015 г. (см. рис. 2)

Номер очага	Дата выявления очага возгорания	Приуроченность к геосистеме	Площадь, пройденная огнем	
			км ²	%**
1	16–17 июня	Подгольцовые склоновые кедровые редколесные с подлеском из кедрового стланика (МК), склоновые пихтово-кедровые чернично-травяно-зеленомошные с баданом (МК)	222	7,5
2	16–17 июня	Подгольцовые склоновые кедровые редколесные с подлеском из кедрового стланика (МК)	2	0,1
3	18 июня*	Склоновые пихтово-кедровые чернично-травяно-зеленомошные с баданом (МК)	817	27,6
4	23 июля	Подгольцовые склоновые кедровые редколесные с подлеском из кедрового стланика (МК)	685	23,2
5	20–27 июля	Склоновые пихтово-кедровые чернично-травяно-зеленомошные с баданом (МК), подгорных равнин пихтово-кедровые мохово-травяные (МК)	137	4,6
6	20 июля	Гольцовые выровненных поверхностей с кедровым стлаником (К)	765	25,9
7	20–27 июля	Склоновые сосновые травяные с подлеском из рододендрона даурского остепненные (МК)	249	8,4
8	24 июля	Долинные ерников (С)	39	1,3
9–10	13–21 августа	Склоновые сосновые травяные с кустарниковым подлеском и подлеском из рододендрона даурского остепненные (МК)	40	1,4

Примечание. Состояние геосистем: К – коренное, МК – мнимокоренное, С – серийное.

* По данным СКАНЭКС (<https://fires.ru/>).

** Доля от общей площади, пройденной огнем.

Полевые исследования, проведенные в 2020 г., показали, что прошедшие пожары характеризовались как низовые устойчивые разной интенсивности. В результате на значительных площадях огнем уничтожен напочвенный покров, повсеместно наблюдается послепожарное усыхание древесного яруса.

Преобладающим видом, участвующим в восстановительной динамике горно-таежных светлохвойных лесов спустя 5 лет после пожара, является иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.) [20]. Восстановление древесных пород единично или отсутствует. При этом высота подроста сосны и лиственницы не превышает 0,3 м. Восстановительная динамика горно-таежных темнохвойных лесов восточного макросклона Приморского хребта осуществляется через березу повислую (*Betula pendula* Roth.) с преобладанием в напочвенном покрове багульника болотного (*Ledum palustre* L.). Геосистемы темнохвойных лесов западного макросклона Приморского хребта характеризуются восстановлением растительности посредством березы карликовой (*Betula nana* L.).

Приведем пример восстановительной динамики геосистем на локальном уровне. В 2015 г. пирогенному воздействию были подвержены группы фаций лиственнично-сосновых чернично-зеленомошных лесов, представляющих собой восстановительную серию коренных пихтово-кедровых чернично-мелкотравно-зеленомошных лесов на дерново-подзолистых почвах. Площадка (53°29,158' с. ш.; 107°20,331' в. д.) расположена на субгоризонтальной поверхности на высоте 1060 м над ур. моря. Огнем полностью уничтожены живой напочвенный покров и подстилка. Спустя 5 лет величина послепожарного отпада древесного яруса составила 60 %, средняя полнота уцелевшего древостоя снизилась до 0,3 с диаметром стволов около 15–17 см. Учитывая высоту нагара на стволах и величину послепожарного отпада, насаждения были пройдены низовым устойчивым пожаром средней интенсивности. Восстановление идет через березовое (*Betula pendula*) сообщество, подрост сосны редкий и неравномерный — в среднем 20 шт. на 100 м². Напочвенный покров фрагментарный (проективное покрытие 20 %) с преобладанием багульника болотного, иван-чая узколистного, брусники (*Vaccinium vitis-idaea* L.), голубики (*V. uliginosum* L.); восстановление мохового покрова также носит фрагментарный характер, всходы высотой до 2–3 см.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нами изучена пространственно-временная структура пожаров и их воздействие на геосистемы центральной части Западного Прибайкалья. На фоне трансформации климата Восточной Сибири лесные пожары в Прибайкалье все чаще принимают характер стихийного бедствия. Чрезвычайная степень горимости лесов выявлена в 1993–1994, 1996–1997, 2003, 2008, 2015 гг. Выявлено, что одна из особенностей динамики пожарной активности в районе исследования — прохождение наиболее интенсивных пожаров (2003, 2015 гг.) на фоне минимума грозовой деятельности.

Изучение условий и факторов возникновения и развития пожаров в 2015 г. показывает преобладание естественных очагов возгорания (в результате молниевых разрядов). На данное обстоятельство указывают их местоположение преимущественно в верхнем поясе гор. Пожары носили характер низовых устойчивых разной интенсивности; площадь, пройденная огнем, составила более 300 000 га. Пирогенному фактору, главным образом, были подвержены восстановительные серии коренных горно-таежных темнохвойных и светлохвойных геосистем. По прошествии 5 лет после пожара сукцессионное восстановление горно-таежных светлохвойных лесов характеризуется преобладанием иван-чая узколистного с проективным покрытием до 90–100 %. Восстановительная динамика горно-таежных темнохвойных лесов идет посредством березового сообщества: для восточного макросклона Приморского хребта характерно развитие березы повислой с преобладанием в напочвенном покрове кустарничков (голубика, брусника) и багульника болотного, для западного макросклона отмечается развитие березы карликовой с багульниково-разнотравным напочвенным покровом. Подрост древесных пород единичный и низкорослый (до 0,3 м высотой).

Одно из следствий воздействия пирогенного фактора на геосистемы региона — снижение эстетических свойств ландшафтов и выведение данных территорий из туристско-рекреационного освоения на длительный период (несколько десятков лет).

Неудовлетворительное состояние лесных дорог вследствие завалов деревьев и отсутствие противопожарных полос в дальнейшем могут способствовать неконтролируемому распространению огня и увеличению площадей пирогенного воздействия на геосистемы.

Исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ госрегистрации темы АААА–А17–117041910167–0) и при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20–05–00253 А.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Маргазинова В.Ф., Тимофеев В.Е.** Современное состояние атмосферной циркуляции воздуха в Северном и Южном полушарии и региональные климатические особенности в атлантико-европейском секторе и районе Антарктического полуострова // Проблемы Арктики и Антарктики. — 2008. — № 3. — С. 17–37.
2. **Lu J., Vecchi G.A., Reichler T.** Expansion of the Hadley cell under global warming // Geophysical Res. Let. — 2007. — Vol. 34, N L06805. — P. 1–5.
3. **Fu Q., Johanson C.M., Wallace J.M., Reichler T.** Enhanced mid-latitude tropospheric warming in satellite measurements // Science. — 2006. — N 312. — P. 1179.
4. **Латышева И.В.** Циркуляционные факторы изменений климата в Сибирском регионе // 13-е Сибирское совещание и школа молодых ученых по климато-экологическому мониторингу. — Томск: Аграф-Пресс, 2019. — С. 70–71.
5. **Антохина О.Ю., Антохин П.Н., Латышева И.В., Мордвинов В.И.** Особенности крупномасштабных волновых процессов в атмосфере над Евразией в периоды возникновения экстремальных природных пожаров в Сибири и на Дальнем востоке // Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии в России. — Иркутск: Изд-во Иркутск. ун-та, 2019. — С. 383–394.
6. **Голубева Л.В., Латышева И.В., Лощенко К.А., Щельцын А.С.** Исследование влияния метеорологических факторов на возникновение и распространение лесных пожаров в Иркутской области // Изв. Иркутск. ун-та. Серия Науки о Земле. — 2017. — Т. 22. — С. 30–40.
7. **Цветков П.А., Буряк Л.В.** Исследования природы пожаров в лесах Сибири // Сибир. лесной журнал. — 2014. — № 3. — С. 25–42.
8. **Буряк Л.В., Иванов В.А., Кукавская Е.А.** Оценка природной пожарной опасности и ее динамики // Интенсификация лесного хозяйства России: проблемы и инновационные пути решения. — Красноярск: Изд-во Ин-та леса СО РАН, 2016. — С. 40–41.
9. **Иванов В.А., Иванов А.В., Пономарёв Е.И.** Природа пожаров от гроз в лесах Сибири // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций. — Железногорск: Изд-во Сиб. пожарно-спасат. академ. Гос. противопожар. службы Мин. РФ по делам ГО ЧС и ликвидации стихийных бедствий, 2018. — С. 9–11.
10. **Romps D.M., Seeley J.T., Vollaro D., Molinari J.** Projected increase in lightning strikes in the United States due to global warming // Science. — 2014. — Vol. 346 (6211). — P. 851–854.
11. **Ульбаев Т.С., Базаева М.Г.** Природный источник пожаров на болоте // Вестн. Моск. обл. ун-та. Серия Естественные науки. — 2012. — № 1. — С. 94–97.
12. **Таубкин И.С.** Микробиологическое самовозгорание как причина пожаров: методические рекомендации для следователей и экспертов // Теория и практика судебной экспертизы. — 2016. — № 4 (44). — С. 73–85.
13. **Restuccia F., Huang X., Rein G.** Self-ignition of natural fuels: Can wildfires of carbon-rich soil start by self-heating? // Fire Safety Journ. — 2017. — Vol. 91. — P. 828–834.
14. **Сведения о неблагоприятных условиях погоды и опасных гидрометеорологических явлениях, нанесших социальные и экономические потери на территории России** // ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» [Электронный ресурс]. — <http://meteo.ru> (дата обращения: 28.04.2020).
15. **Булыгина О.Н., Веселов В.М., Александрова Т.М., Коршунова Н.Н.** Описание массива данных по атмосферным явлениям на метеорологических станциях России [Электронный ресурс]. — <http://meteo.ru/data/345-atmosfernye-yavleniya-sroki> (дата обращения: 30.04.2020).
16. **Структура и ресурсы климата Байкала и сопредельных пространств** / Гл. ред. Г.И. Галазий. — Новосибирск: Наука, 1977. — 271 с.
17. **Лесной план Иркутской области на 2009–2018 годы.** Кн. 1. Пояснительная записка [Электронный ресурс]. — http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/rus_155903.pdf (дата обращения 25.08.2020).
18. **Швецов Е.Г., Сухинин А.И., Пономарёв Е.И.** Исследование пространственных и временных соотношений между молниевыми разрядами и лесными пожарами на территории Восточной Сибири // Вестн. Сиб. аэрокосмич. ун-та. — 2007. — № 2 (15). — С. 13–18.
19. **Иванов В.А., Каленская О.П., Лузганов А.Г., Буряк Л.В.** Основные типы леса Сибири: учеб. пособие. — Красноярск: Изд-во Сиб. ун-та науки и технологий, 2012. — 140 с.
20. **Чепинога В.В., Степанцова Н.В., Гребенюк А.В., Верхозина А.В., Виньковская О.П., Гнутиков А.А., Дулепова Н.А., Енушенко И.В., Зарубин А.М., Казановский С.Г., Коновалов А.С., Коробков А.А., Луферов А.Н., Росбах С.А.** Конспект флоры Иркутской области (сосудистые растения). — Иркутск: Изд-во Иркутск. ун-та, 2008. — 327 с.

Поступила в редакцию 16.09.2020

После доработки 29.09.2020

Принята к публикации 09.10.2020