

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ СТАТЬИ

УДК 630*432

ПРИРОДА СТЕПНЫХ ПОЖАРОВ В СИБИРИ И МОНГОЛИИ

Э. Н. Валендик¹, Е. К. Кисляхов¹, Е. И. Пономарев^{1, 2}, И. В. Косов¹,
А. И. Лобанов³, Ч. Дугаржав⁴

¹ *Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28*

² *Единый региональный центр дистанционного зондирования Земли Красноярского края
ФИЦ КНЦ СО РАН
660036, Красноярск, Академгородок, 50/45*

³ *Научно-исследовательский институт аграрных проблем Хакасии
655019, Республика Хакасия, Абакан, а/я 709*

⁴ *Институт общей и экспериментальной биологии Академии наук Монголии
Монголия, 210351, Улан-Батор, просп. Жукова, 77*

E-mail: yegor@ksc.krasn.ru, yegorkis@mail.ru, evg@ksc.krasn.ru, letter-box@list.ru,
anatoly-lobanov@ksc.krasn.ru, chdugaa@yahoo.com

Поступила в редакцию 15.12.2017 г.

Рассматривается природа катастрофических степных пожаров в Сибири, которые в последние десятилетия ежегодно распространяются в степной зоне на тысячи гектаров, приводя к экономическим потерям, гибели людей и сельскохозяйственных животных. Обобщена статистика весенних (март–май) пожаров зоны степи и лесостепи по материалам спутникового мониторинга. На 10-летнем временном интервале 2008–2017 гг. выявлен положительный логарифмический тренд роста ежегодной площади степных пожаров. Динамика количества пожаров характеризуется периодическими вариациями относительно среднемноголетнего, не имеющими ярко выраженной направленности к увеличению. Показано, что в современных условиях возникновение и распространение катастрофических степных пожаров в Сибири определяется аномалиями гидрометеорологических условий. Анализируются природные и антропогенные факторы, определяющие возникновение и распространение степных пожаров. Обсуждаются система их предупреждения, а также технологические решения защиты населенных пунктов и других объектов. При этом предлагается основные усилия направлять не только на непосредственную борьбу с пожарами и ликвидацию их последствий, но и на реализацию комплексных превентивных мер по защите конкретных объектов экономики. В качестве примера приводится технология создания противопожарных заградительных барьеров, останавливающих распространение степных пожаров, а также предотвращающих перенос горящих частиц на жилые и хозяйственные постройки населенных пунктов, которая позволит получить экономический эффект за счет существенного сокращения расходов на восстановление населенных пунктов после пожаров, сохранить жизни людей и сельскохозяйственных животных.

Ключевые слова: *катастрофические степные пожары, аномальные погодные условия, сельхозпалы, геопространственная интерполяция, спутниковые данные.*

DOI: 10.15372/SJFS20180401

ВВЕДЕНИЕ

Степные пожары – это неуправляемое горение, стихийно распространяющееся по площади, занятой травяной растительностью, в степи и лесостепи. Катастрофическим считается пожар, который имеет значительное негативное влияние на устойчивость экосистем, человеческие ценности и имущество (International multilingual fire management terminology..., 2010). Массовые степные пожары – широко распространенное явление как на территории России, так и за рубежом (Wright, Bailey, 1982; Goldammer et al., 2004; Ткачук, 2015).

В отечественной научной литературе большое внимание уделяется пожарам в лесах, тогда как степные пожары в современных условиях изучены недостаточно. Доступные немногочисленные публикации на эту тему, как правило, анализируют проблему только как региональную или субрегиональную, например в отдельных ООПТ (особо охраняемых природных территориях) (Ткачук, 2015). Однако последствия массовых пожаров в степях носят не только локальный характер, но проявляются и в планетарном масштабе. Зафиксирована связь пожаров растительного покрова степей, сельскохозяйственных палов с глобальными процессами переноса сажи (так называемого черного углерода) в Арктику (Quinn et al., 2011). Значим вклад эмиссий степных пожаров в формирование и трансграничные переносы дымовых шлейфов (Goldammer et al., 2004) в регионах азиатской части Российской Федерации. Кроме того, в последнее десятилетие при аномальных погодных условиях степные пожары нередко распространяются на больших площадях, приводя к катастрофическим экономическим и социальным последствиям.

Степные пожары в Сибири в основном имеют антропогенное происхождение. Они возникают, как правило, от сельскохозяйственного пала, выжигания сенокосов и пастбищ в начале пожароопасного сезона (март–апрель, начало мая). Массовое выжигание сухой травы в степной и лесостепной зонах нередко становится причиной распространения пожаров на прилегающие леса.

В настоящее время проблема сельскохозяйственных палов и связанных с ними катастрофических степных пожаров в весенний период остается актуальной, особенно в Монголии и азиатской части России, а также в степных ландшафтах Южного Урала, Алтая, Хакасии, Тувы и Забайкалья.

Основная цель данной работы – многофакторный анализ проблемы степных пожаров в Сибири. В данном аспекте рассмотрены следующие вопросы: многолетняя вариация и наблюдаемые тренды числа и площадей степных пожаров; условия возникновения и распространения катастрофических пожаров; возможные подходы к планированию противопожарной защиты населенных пунктов и хозяйственных объектов в зонах степи и лесостепи Сибири и Монголии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В анализе использованы данные о пожарах, зафиксированных спутниковыми методами (Пономарев, Швецов, 2015), представленные в формате геоинформационного покрытия (ГИС-слой). Дополнительно проанализирован банк метеорологической информации (Архив..., 2017), что позволило выявить факторы, формирующие экстремальные условия для развития пожаров и последующие катастрофические эффекты от пожаров степей. Также использованы материалы полевых обследований последствий катастрофических пожаров 2015 г. в степной зоне Республики Хакасия и Забайкальского края.

В России степи и лесостепи тянутся непрерывной полосой от западной ее границы на восток до р. Обь. На юге Восточной Сибири степи встречаются в виде отдельных массивов. Основной тип растительности здесь степной, характеризующийся преобладанием травянистых растений, преимущественно дерновинных злаков, значительно реже – корневищных злаков или разнотравья (Лавренко, 1940).

Естественный растительный покров степи и лесостепи в европейской части России и в Сибири значительно преобразован в результате антропогенного воздействия (сельскохозяйственного использования, выпаса скота). Вместе с тем в последние десятилетия существенные площади пахотных земель переходят в разряд залежных из-за дефляции и эрозии почв, а также значительного сокращения сельскохозяйственной деятельности (Люри и др., 2010).

Степи занимают 12.2 % территории Республики Хакасия. Они приурочены в основном к равнинному и низкогорному рельефу. Площадь всех видов степей 7532 км². К ним относятся луговые степи, мелко- и крупнодерновидные, а также долинные луга. Площадь, где запасы сухой травы достигают 1.4–2.0 т/га, оценивается в 1494 км² (Растительный покров..., 1976).

Климатические условия степей Хакасии и Забайкалья сходны (Прокофьев, 1993). Зоны степи и лесостепи характеризуются ранним сходом снегового покрова весной и частыми продолжительными засухами летом. В год выпадает до 200–300 мм осадков. Характерная особенность климата – превышение испарения над осадками, что обуславливает постоянный дефицит влаги. С продвижением в южном направлении фиксируется более ранний сход снегового покрова, растут летние температуры воздуха, уменьшается количество жидких осадков и проявляется преобладание сильных ветров, особенно характерных для весеннего периода. Средняя скорость ветра в апреле 5–6 м/с. В этот же период высока вероятность штормовых ветров со скоростью 25–30 м/с.

В Сибири в степных и лесостепных районах Хакасии и Забайкалья в зимний период часто наблюдается дефицит твердых осадков. Снег сохраняется лишь под пологом леса в лесостепной зоне и в лесных колках степной зоны. Устойчивый снежный покров начинает разрушаться в марте–апреле, полный сход снега происходит на 1–3 нед. позже. Для весеннего периода характерны невысокая температура воздуха и солнечная малооблачная погода. Высыханию травяных горючих материалов и за счет этого повышению пожарной опасности в этот период способствуют ветра, которые в случае возникновения загораний определяют высокую скорость распространения и большие площади пожаров в степи.

Для ретроспективного анализа аномальных погодных условий (штормовой ветер и уровень засухи) на территории районов исследований использовали данные гидрометеослужб Республики Хакасия и Забайкальского края (Архив..., 2017) и материалы, опубликованные в журнале «Метеорология и гидрология» (Бережная и др., 2015; Сатина, 2015).

Для анализа распространения степных пожаров дополнительно использовали космические снимки ИСЗ Landsat-8 (радиометр OLI (Operational Land Imager) с пространственным разрешением 30 м) с привязкой к датам степных пожаров (весенние периоды 2013–2016 гг.).

Статистически максимум пожаров в степной зоне, в том числе максимум загораний на землях сельскохозяйственного назначения, фиксируется сразу после схода снегового покрова в марте. Долговременная статистика травяных пожаров в Сибири, фиксируемых в весенний период, получена на основе обработки материалов детектирования пожаров в среднем и тепловом

ИК-диапазонах со спутников TERRA и AQUA (радиометр Modis, пространственное разрешение 1000 м) с точной координатной привязкой, датами обнаружения, оценками длительности пожара и площади (Пономарев, Швецов, 2015). Данные спутникового мониторинга обобщены в формате векторного полигонального слоя пожаров за весенние периоды (март–май) 2008–2017 гг. Дополнительно сформирован точечный векторный слой, содержащий координаты центров масс полигонов пожаров. На основе данного точечного покрытия пожаров средствами ГИС выполнена интерполяция плотности пожаров в весенний период на территории степной и лесостепной зон. На картосхемах градация плотности пожаров на единицу площади выполнена путем введения четырех классов (цветовых градиентов) с диапазонами σ , 2σ , 3σ , 4σ от среднего.

Пространственное распределение пожаров анализировали средствами ГИС с привлечением векторных карт растительности (Ландшафтная карта..., 1988; Bartalev et al., 2004). В базе данных спутникового мониторинга выделены лесные пожары (не рассматриваемые в данной работе) и травяные пожары в степной и лесостепной зонах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Динамика пожаров в степной и лесостепной зонах на территории от Южного Урала до Дальнего Востока за период с марта по май 2008–2017 гг. приведена на рис. 1.

Среднегодовое количество зарегистрируемых пожаров весеннего периода (6.3 ± 1.5) тыс. шт., а среднегодовое значение суммарной площади достигает (5.0 ± 1.1) млн га. При этом в отдельные годы число пожаров превышает среднегодовое количество в 1.3–1.7 раза. Так, более 8 тыс. пожаров зафиксировано в период март–май 2008 г. и более 10 тыс. – в весенний период 2015 г. (см. рис. 1, а). Возрастающий уровень антропогенного воздействия доминирует в причинах весенних пожаров в степной и лесостепной зонах.

Результаты анализа количественно характеризуют положительный логарифмический тренд (уровень значимости 0.05) роста ежегодной площади степных пожаров (см. рис. 1, б). Во многом это определяется климатическими изменениями, имеющими тесную корреляцию с динамикой горимости последних лет, что, в частности, зафиксировано для территории Сибири (Ponomarev, Kharuk, 2016; Kharuk, Ponomarev,

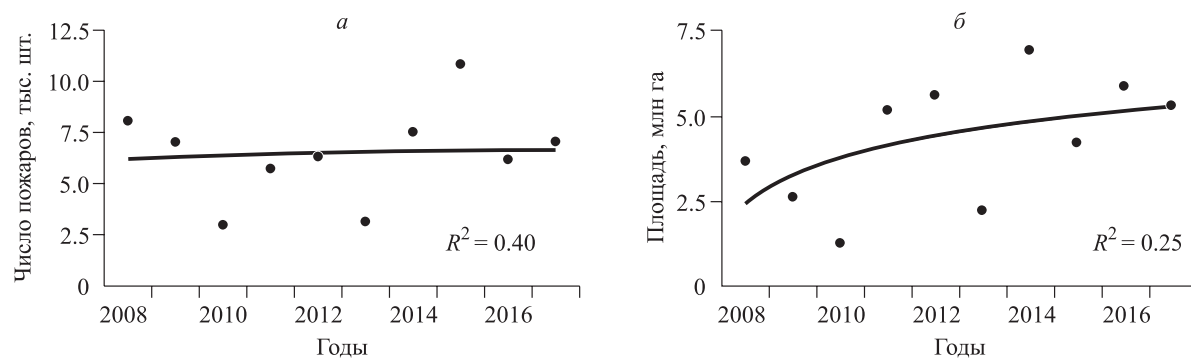


Рис. 1. Многолетние тренды пожаров в степной и лесостепной зонах Сибири в весенний период (март–май). Число (а) и площадь (б) пожаров по материалам банка данных спутникового мониторинга ИЛ СО РАН за 2008–2017 гг.

2017). При этом динамика количества пожаров за рассматриваемый 10-летний период характеризуется периодическими вариациями относительно среднелетнего, не имеющими ярко выраженных трендов (см. рис. 1, а).

Обобщая статистические данные за рассматриваемый период, можно констатировать, что до 15 % от общего числа весенних травяных пожаров фиксируется после схода снега в марте, не менее 54 % – в течение апреля и 31 % – в мае. Около 60 % всей площади весенних травяных пожаров (в среднем это 2.6 млн га) приходится на пожары, фиксируемые в апреле.

Результаты интерполяции плотности пожаров в весенний период по территории степной и лесостепной зон характеризуют пространственно-временные закономерности возникновения весенних пожаров на юге Сибири (рис. 2).

После схода снега степные пожары начинаются, как правило, в марте в Забайкалье, в Амурской области и в Хабаровском крае (см. рис. 2, а). Максимум степных пожаров наблюдается в апреле на всей территории исследований от Южного Урала до Хабаровского края и Еврейской АО.

Большая их часть фиксируется на территориях Южного Урала, Западной Сибири, Алтая и Хакасии, Забайкалья и юга Амурской области (см. рис. 2, б). В мае основное количество степных пожаров смещается на юг Западной Сибири и Алтая. На юге Восточной Сибири число степных пожаров в мае снижается (см. рис. 2, в), так как в это время начинается активная вегетация, прекращаются сельхозпалы. Этому способствуют также и метеорологические условия, в частности характерное увеличение частоты выпадения осадков. Зоны концентрации травяных пожаров смещаются с юга на север. Так, например, если в начале пожароопасного сезона в марте большинство пожаров сосредоточено не

выше 55° с. ш., то в апреле в Западной Сибири эта граница смещается к 60° с. ш., а в мае травяные пожары фиксируются уже севернее 60° с. ш. на всей рассматриваемой территории.

Массовому распространению горения сухой травы на огромных территориях степной зоны юга Сибири способствуют погодные условия. Зафиксировано (Сатина, 2015; Бережная и др., 2015), что в апреле 2015 г. в верхней стратосфере происходила перестройка циркуляции на летний режим. В первой декаде апреля мощные тропосферные гребни регулярно распространялись из Средней Азии и Монголии на север Сибири, что послужило причиной нарушения обычного режима циркуляции на юге Сибири (Хакасии), Северной Монголии и Забайкалья и определило здесь аномальные для региона погодные условия. По метеорологическим данным 12–13 апреля 2015 г. порывы ветра в этой зоне достигали 25–30 м/с. Обычно при ветре 10 м/с скорость движения фронта степного пожара 5–6 км/ч (Кузнецов, 1990), а при штормовом – 60 км/ч. Фронт пожара может распространяться со скоростью сотни метров в минуту за счет образования впереди фронта пожара очагов горения от летящих горящих пучков сухой травы. Слияния этих очагов образуют вторичные фронты пожара, при этом скорость распространения пожара увеличивается в десятки раз. По многолетним данным (см. таблицу) в апреле скорость ветра 6–10 м/с в Хакасии (метеостанция Шира) и Забайкальском крае (метеостанция Чита) наблюдалась в 49 и 38 % дней соответственно.

Кратковременные порывы ветра достигали 30 м/с. Катастрофические пожары, вызванные ураганными порывами ветра, возможны лишь несколько дней в году в начале пожароопасного сезона. Так, катастрофические пожары на территории Хакасии 12 апреля 2015 г. были детек-

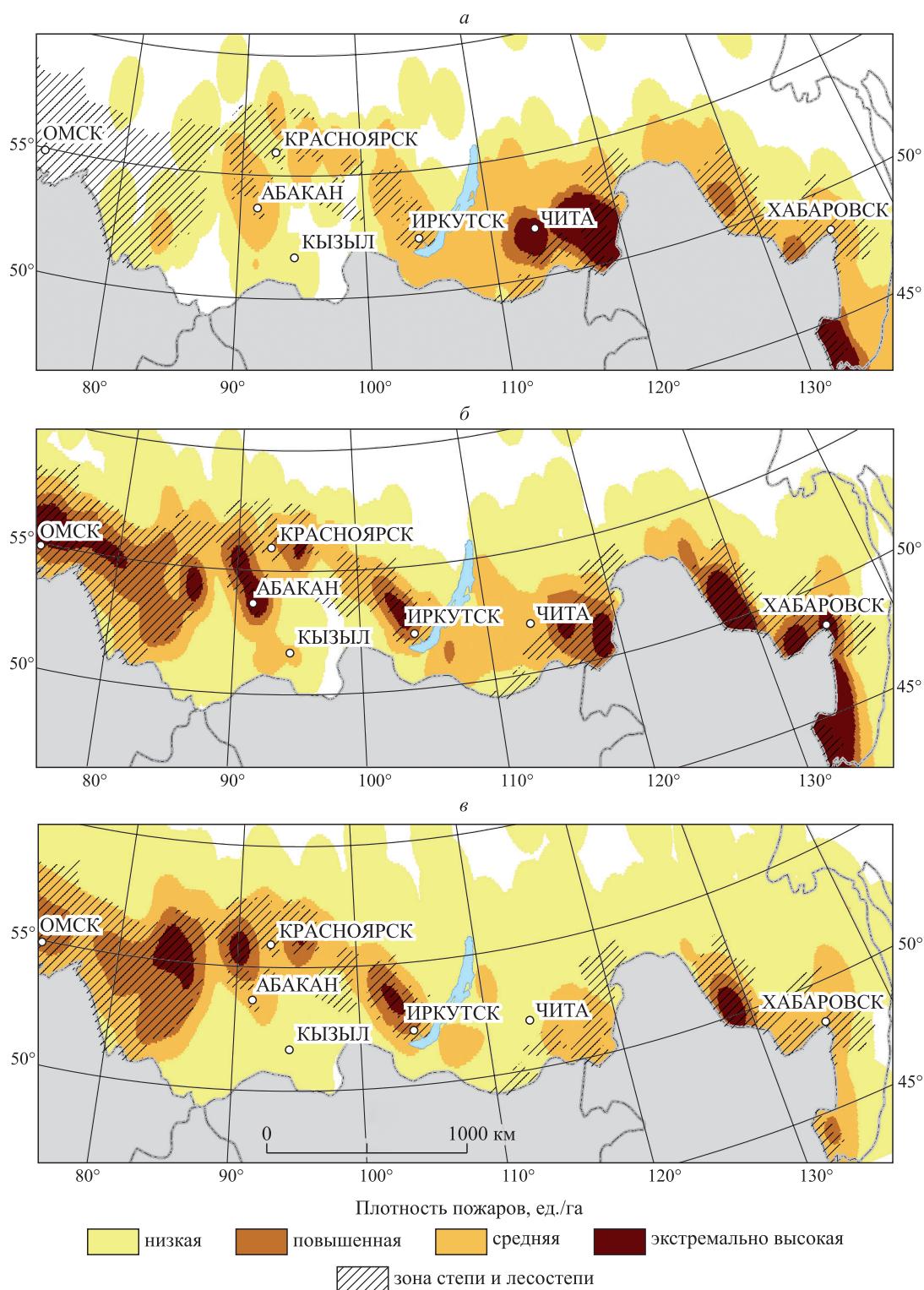


Рис. 2. Травяные пожары в зонах степи и лесостепи на начало пожароопасного периода: март (а), апрель (б), май (в). Интерполяция по данным спутникового мониторинга 2010–2015 гг. Градация плотности пожаров выполнена на основе стандартного отклонения (σ).

тированы на снимке со спутника Landsat-8/OLI разрешением 30 м. На территории 200 тыс. га одновременно действовало 12 степных пожаров. Формы действующих очагов представляли собой характерную полосу высокоинтенсивного

горения шириной 0,3–1 км и протяженностью от 1 до 16 км, что было следствием ураганных порывов ветра. Остановить пожары при таких условиях невозможно, особенно при большом количестве очагов горения и при отсутствии си-

Количество дней с ветром в апреле (по данным метеостанций Шира (Хакасия) и Чита (Забайкальский край))

Средняя скорость ветра, м/с	Годы																Средне-многолетнее, %	
	2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		Шира	Чита
	Шира	Чита	Шира	Чита	Шира	Чита	Шира	Чита	Шира	Чита	Шира	Чита	Шира	Чита				
1–5	14	20	17	20	16	11	15	21	10	21	12	19	20	20	15	14	50	61
6–10	16	10	13	9	14	18	14	7	19	9	17	11	10	10	15	16	49	38
11–15	0	0	0	1	0	1	1	2	1	0	1	0	0	0	0	0	1	2

стемы раннего обнаружения, возможности быстрого реагирования.

Во вторую и третью декады апреля 2015 г. в Сибири стали действовать атлантические циклоны и избыток осадков отмечался на всей Южной Сибири, за исключением Забайкалья (Бережная и др., 2015; Сатина, 2015). В Республике Хакасия к середине апреля пожары прекратились, а в Забайкалье продолжились. Экономика в этих регионах понесла огромные убытки. Так, например, в Республике Хакасия полностью сгорели 1215 домов, погиб 31 человек и пострадали 6442, 1426 семей остались без жилья. В огне погибло около 5 тыс. голов сельскохозяйственных животных. На ликвидацию последствий пожаров правительство РФ выделило 4.1 млрд руб. (Гуггенгейм, 2015). Примерно такие же затраты понесли Бурятия и Забайкальский край.

В последнее десятилетие (2008–2017 гг.) ежегодно на территории Забайкалья в апреле и первой декаде мая действуют десятки и сот-

ни степных пожаров. В то же время в Северной Монголии, примыкающей к югу Забайкалья, в тех же природных и климатических условиях пожаров, как правило, на порядок меньше (рис. 3).

На этой территории в отличие от Забайкалья снижению потенциального уровня пожарной опасности весной способствует развитое скотоводство. Многотысячные стада овец и других сельскохозяйственных животных поедают траву в степи, а в зоне поселений и кошар еще и вытаптывают ее, что приводит к отсутствию условий для распространения огня (National Round Table..., 2015).

Издrevле южные степные районы Сибири были животноводческими. Все степные пастбища, особенно вблизи населенных пунктов, были подвержены перевыпасу, что оказывало мощное воздействие на растительный покров (Мордкович, 1982). Запасы горючих материалов снижались, что приводило к слабой интенсивности горения. Пожары в степях были всегда. После

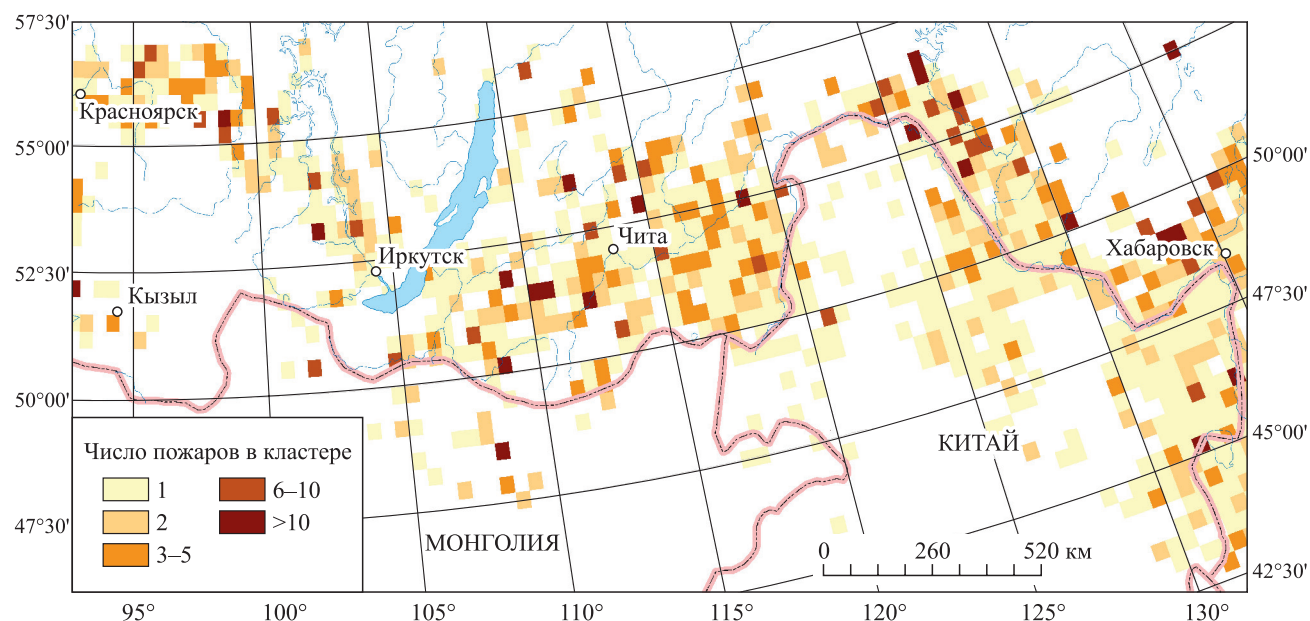


Рис. 3. Среднегoлетняя повторяемость степных пожаров в весенний период (апрель – 1-я декада мая), обобщенная для кластеров регулярной сети с размером ячейки 30' × 20'.

90-х гг. XX в. с деградацией сельского хозяйства численность сельскохозяйственных животных намного сократилась. На распаханых ранее участках степей образовались значительные площади залежных земель, на которых происходит восстановление степной растительности. В настоящее время в силу ряда причин (экономических, социальных и проч.) существенная доля этих площадей не используется. Все это предопределяет условия для возникновения пожаров с катастрофическими последствиями.

Исторический опыт и современная ситуация с пожарами свидетельствуют, что исключительно запретами выжигания сухой травы в степных и лесостепных районах невозможно добиться желаемого результата, поэтому необходимо искать альтернативные пути решения этой серьезной проблемы. На наш взгляд, необходим федеральный план, где приоритетом будет защита населенных пунктов и других объектов от степных пожаров. Регионы без поддержки правительства Российской Федерации эту проблему сами решить не смогут. Это наглядно демонстрируют ситуация со степными пожарами 2015 г. и ряд предшествующих пожароопасных сезонов в Республике Хакасия и в Забайкалье. Для решения проблемы требуется комплекс мер и технологий, обеспечивающих защиту поселков от степных пожаров. Необходима разработка профилактических мероприятий и технических решений, связанных с противопожарным обустройством территорий, прилегающих к степным населенным пунктам. Его основой должно стать создание противопожарных заградительных барьеров по периметру населенных пунктов. Например, в предлагаемой технологии создания противопожарного заградительного барьера (Патент..., 2017) дополнительно к минерализованным полосам, формируемым в первом поясе по периметру населенного пункта, во втором поясе создаются лесополосы из пожароустойчивых лесных пород. Технология осуществляется следующим образом (рис. 4).

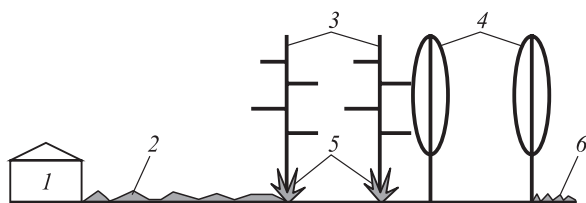


Рис. 4. Схема противопожарного заградительного барьера. 1 – населенный пункт; 2 – минерализованная полоса; 3, 4 – лесные полосы; 5 – кустарник; 6 – дополнительная минерализованная полоса.

В первом поясе по периметру населенного пункта 1 прокладывается минерализованная полоса (2) шириной 30 м путем вспашки плугом по системе черного пара. При благоприятных почвенно-грунтовых условиях на части минерализованной полосы шириной 25 м, прилегающей к строениям, можно проводить посадку или посев слабгоримых растений (картофель и другие корнеплоды, капуста, люпин, однолетние зерновые культуры). Вспаханную часть минерализованной полосы необходимо подновлять каждую осень после уборки урожая для придания ей необходимого физического состояния, тщательного очищения от сорняков, накопления и сбережения влаги.

Второй пояс создается на внешней границе 30-метровой минерализованной полосы. Он состоит из лесополос (3, 4) общей шириной 6 м, которые формируются из пожароустойчивых быстрорастущих видов древесных пород (лиственница сибирская *Larix sibirica* Ledeb., ива остролистная *Salix acutifolia* Willd., ива Ледебура форма курайская *Salix ledebouriana* Trautv. f. *kuraica* Liss, тополь бальзамический *Populus balsamifera* L., тополь черный *Populus nigra* L., тополь лавролистный *Populus laurifolia* Ledeb., клен ясенелистный *Acer negundo* L., облепиха крушиновидная *Hippophae rhamnoides* L., смородина альпийская *Ribes alpinum* L., смородина золотистая *Ribes aureum* Pursh, кизильник блестящий *Cotoneaster lucidus* Schldtl. и др.).

Защитная лесополоса (3) непродуваемой конструкции закладывается из двух рядов лиственницы с 2.5-метровой шириной междурядья. Расстояние между деревьями лиственницы составляет 2 м. При этом лиственница в ряду чередуется с кустарником (5) на расстоянии 1 м друг от друга.

Защитная лесополоса (4) плотной конструкции закладывается от лесополосы (3) той же конструкции на расстоянии 1 м и состоит из двух рядов быстрорастущих лиственных растений с 2.5-метровым междурядьем. При этом расстояние между растениями в рядах лиственных растений составляет всего 0.5 м.

Защитные лесополосы (3, 4), состоящие из быстрорастущих лиственных растений и относительно огнестойкой лиственницы, предназначены для остановки распространения пожара. Они снижают интенсивность пламенного горения, а минимальный запас горючих материалов в напочвенном покрове под лиственницей с кустарником переводит горение в режим тления.

Созданная вспашкой на границе с населенным пунктом минерализованная полоса шириной 30 м с высеянными или посаженными на ней сельскохозяйственными культурами останавливает распространение горения. Конструкция лесополосы позволяет не только останавливать распространение кромки степного пожара, но и задерживать горящие частицы. В предлагаемом способе посаженные два ряда лесополосы из быстрорастущих лиственных пород защищают деревья лиственницы от неблагоприятных условий внешней среды (высокой температуры воздуха, ветра и т. д.) и обеспечивают комфортные условия для их роста и развития как в период вегетации, так и в зимнее время путем снегозадержания. Дополнительная минерализованная полоса (6) шириной 2 м, созданная по внешней границе лесополосы из лиственницы (3) и лиственных древесных пород (4), позволяет при маловетреной погоде снизить интенсивность пламенного горения и даже остановить кромку степного пожара.

Таким образом, предлагаемая технология создания противопожарных заградительных барьеров вокруг населенных пунктов надежно задерживает распространение степных пожаров даже при сильном ветре, предотвращая перенос горящих частиц на жилые и хозяйственные постройки, облагораживает ландшафт местности и создает комфортные условия для проживания людей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На 10-летнем временном интервале 2008–2017 гг. выявлен положительный логарифмический тренд (уровень значимости 0.05) роста ежегодной площади степных пожаров. Установлено, что возникновение и распространение катастрофических степных пожаров в Сибири связано как с аномалиями гидрометеорологических условий, так и с возрастающим уровнем антропогенного воздействия. Анализ проблемы степных пожаров показывает ее системный характер. Альтернативные пути решения, устранение причин этого явления необходимо вырабатывать на федеральном уровне, привлекая административные, научные и ведомственные ресурсы. В частности, в качестве превентивных мер для защиты населенных пунктов от степных пожаров авторы предлагают создать по их периферии противопожарные заградительные барьеры, которые целесообразно включить в список стратегических направлений развития Российской Федерации и Монголии.

Анализ данных спутникового мониторинга выполнен при частичной финансовой поддержке РФФИ, правительства Красноярского края, Красноярского краевого фонда поддержки научной и научно-технической деятельности (проект № 17-41-240475).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Архив погоды, 2017. <http://rp5.ru>
- Бережная Т. В., Голубев А. Д., Паршина Л. Н. Аномальные гидрометеорологические явления на территории Российской Федерации в апреле 2015 г. // Метеорология и гидрология. 2015. № 7. С. 120–128.
- Гуггенгейм С. Противопожарная слега // Московский комсомолец в Красноярске. 21(908). 20–27 мая 2015 г. С. 2.
- Кузнецов Ю. А. Защита леса от сельскохозяйственных палов в Забайкалье: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1990. 25 с.
- Лавренко В. М. Степи СССР // Растительность СССР. Т. II. / Отв. ред. Б. К. Шишкин. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940. С. 1–265.
- Ландшафтная карта СССР. Масштаб 1 : 4 000 000 / Науч. ред. А. Г. Исаченко. М.: МГУГК, 1988.
- Люри Д. И., Горячкин С. В., Караваева Н. А., Щенисенко Е. А., Нефедова Т. Т. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010. 416 с.
- Мордкович В. Г. Степные экосистемы. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1982. 207 с.
- Патент РФ на изобретение № 2611877. Способ создания противопожарных заградительных барьеров вокруг населенных пунктов от степных пожаров / Валендик Э. Н., Кисляхов Е. К., Косов И. В., Лобанов А. И., Онучин А. А. Дата гос. рег. в гос. реестре изобрет. РФ 01 марта 2017 г. М.: Роспатент, 2017.
- Пономарев Е. И., Швецов Е. Г. Спутниковое детектирование лесных пожаров и геоинформационные методы калибровки результатов // Исслед. Земли из космоса. 2015. № 1. С. 84–91.
- Прокофьев С. М. Природа Хакасии: пособие. Абакан: Хакас. кн. изд-во, 1993. 205 с.
- Растительный покров Хакасии / Отв. ред. А. В. Куминова. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1976. 423 с.
- Сатина Н. В. Погода на территории Российской Федерации в апреле 2015 г. // Метеорология и гидрология. 2015. № 7. С. 114–119.
- Ткачук Т. Е. Динамика площадей степных пожаров на юге Даурии в первом десятилетии XXI века // Учен. зап. Забайкальск. гос. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2015. № 1(60). С. 72–79.
- Bartalev S. A., Ershov D. V., Isaev A. S., Potapov P. V., Turubanova S. A., Yaroshenko A. Y. Russia's forests: Dominant forest types and their canopy density. Map. Scale 1:14 000 000. Moscow: Space Res. Inst., Rus. Acad. Sci., 2004.

- Goldammer J. G., Davidenko E. P., Kondrashov L. G., Ezhov N. I. Recent trends of forest fires in Central Asia and opportunities for regional cooperation in forest fire management // *Int. For. Fire News*. 2004. N. 31 (July – December). P. 91–101.
- International multilingual fire management terminology. Freiburg, Germany: Global Fire Monitoring Center, 2010. 368 p. <http://www.fire.unifreiburg.de/literature/RUS-MON-GER-ENG-Glossary-Web.pdf>
- Kharuk V. I., Ponomarev E. I. Spatiotemporal characteristics of wildfire frequency and relative area burned in larch-dominated forests of Central Siberia // *Rus. J. Ecol.* 2017. V. 48. Iss. 6. P. 507–512 (Original Russian Text © V. I. Kharuk, E. I. Ponomarev, 2017, publ. in *Ekologiya*. 2017. N. 6. P. 413–419).
- National Round Table on Fire Management and Field Assessment of the 2015 Spring Fires in Eastern Mongolia, 4–8 May 2015. <https://www.fire.unifreiburg.de/GlobalNetworks/CentralAsia/MongoliaFireManagementWeek2015.html>
- Ponomarev E. I., Kharuk V. I. Wildfire occurrence in forests of the Altai-Sayan region under current climate changes // *Contemp. Probl. Ecol.* 2016. V. 9. Iss. 1. P. 29–36 (Original Russian Text © E. I. Ponomarev, V. I. Kharuk, 2016, publ. in *Sibirskii Ekologicheskii Zhurnal*. 2016. N. 1. P. 38–46).
- Quinn P. K., Stohl A., Arneth A., Berntsen T., Burkhardt J. F., Christensen J., Flanner M., Kupiainen K., Lihavainen H., Shepherd M., Shevchenko V., Skov H., Vestreng V. The impact of black carbon on Arctic climate. AMAP Tech. Rep. N. 4. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway, 2011. 72 p.
- Wright H. A., Bailey A. W. Fire ecology: United States and Southern Canada. N. Y.-Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley & Sons, Inc., 1982. 528 p.

THE NATURE OF STEPPE FIRES IN SIBERIA AND MONGOLIA

E. N. Valendik¹, Ye. K. Kisilyakhov¹, E. I. Ponomarev^{1,2}, I. V. Kosov¹,
A. I. Lobanov³, Ch. Dugarjav⁴

¹ Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
Akademgorodok, 50/28, Krasnoyarsk, 660036 Russian Federation

² Unified Regional Centre for Remote Sensing of the Earth of Krasnoyarsk Krai
Akademgorodok, 50/45, Krasnoyarsk, 660036 Russian Federation

³ Scientific Research Institute of Agrarian Problems of Khakassia
P.O. Box 709, Abakan, Khakass Republic, 655019 Russian Federation

⁴ Institute of General and Experimental Biology, Mongolian Academy of Sciences
Prospekt Zhukova, 77, Ulaanbaatar, 210351 Mongolia

E-mail: yegor@ksc.krasn.ru, yegorkis@mail.ru, evg@ksc.krasn.ru, letter-box@list.ru,
anatoly-lobanov@ksc.krasn.ru, chdugaa@yahoo.com

The nature of catastrophic steppe fires in Siberia, which in recent decades have been spread over thousands of hectares each year, leading to economic losses, and losses of lives and livestock, is being considered. The paper follows spring (March–May) steppe and forest-steppe fires using satellite monitoring data. In the 10-year time interval of 2008–2017 a positive logarithmic trend in annual burned area of steppe fires has been identified. The trend in the number of fires is characterized by periodic variations in relation to the average values, which do not seem to increase. It has been shown that in today's context the occurrence and spread of catastrophic steppe fires in Siberia are determined by the anomalies of hydrometeorological conditions. Also, natural and anthropogenic factors that cause the occurrence and spread of steppe fires are analyzed. A system of prevention is discussed, as well as technological solutions for the protection of settlements and facilities. It is proposed to focus attention not only on the immediate control of fires and the elimination of their effects, but also on the implementation of comprehensive preventive measures to aim at specific economic targets. As an example a technology is proposed to construct fire control barriers that would prevent the spread of steppe fires and scattering of burning particles to residential and structural settlements. These measures should have a positive effect on the national economy by significantly reducing the cost of rebuilding settlements after fires, saving lives, livestock and infrastructure.

Keywords: catastrophic steppe fires, abnormal weather conditions, agricultural burns, geospatial interpolation, satellite data.

How to cite: Valendik E. N., Kisilyakhov Ye. K., Ponomarev E. I., Kosov I. V., Lobanov A. I., Dugarjav Ch. The nature of steppe fires in Siberia and Mongolia // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2018. N. 4. P. 3–12 (in Russian with English abstract). DOI: 10.15372/SJFS20180401