

И.Л. ВАХНИНА, М.А. ГОЛЯТИНА, Е.В. НОСКОВА

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Чита, Российская Федерация

ИЗМЕНЕНИЕ ЛЕСОПОКРЫТОЙ ПЛОЩАДИ ЦАСУЧЕЙСКОГО БОРА В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ¹

Целью работы является оценка лесопокрытой площади степного соснового бора за период с 1986 по 2018 гг. Территория исследования – Цасучейский бор, произрастающий вблизи российско-монгольской границы в степной зоне Юго-Восточного Забайкалья. Определение лесопокрытой площади выполнено по спутниковым изображениям Landsat TM, ETM+ и OLI с использованием программного обеспечения ArcGIS. Площади, пройденные пожарами, получены в результате применения продукта MCD45A1 коллекции MODIS. В последние десятилетия рост приземной температуры воздуха наряду с наступлением аридной фазы в цикле увлажнения региона с 1999 г. вызвали увеличение потенциальной пожарной опасности и, как следствие, возникновение катастрофических лесных пожаров. Влияние климатических условий усугубляется действием антропогенных факторов. Палы, проводимые местными жителями в весенне-летний период, приводят к неконтролируемым степным пожарам, которые распространяются на лесные массивы. Наибольшими масштабами и интенсивностью на территории бора отличались лесные пожары в 2000, 2003 и 2012 гг. Время их возникновения приходится на апрель-июнь. Площадь, пройденная пожарами за исследуемый период, составила 96,2% от всей территории Цасучейского бора. Максимальные значения лесопокрытой площади приходятся на 1999 год (43,5 тыс. га), а минимальные на 2012 г. (2,5 тыс. га). Суммарное влияние природных и антропогенных факторов привело к катастрофическому сокращению лесопокрытой площади бора. Засушливые климатические условия и легкий механический состав почв, характерные для исследуемой территории, приводят к угрозе необратимых изменений вплоть до ее остепнения и даже опустынивания. Для сохранения Цасучейского бора необходимо проведение мероприятий по его охране от пожаров и по лесовосстановлению с учетом экологических особенностей лесных экосистем в степных условиях.

Степной бор, сосна, пожары, климат, Забайкалье.

Введение. Сосновые насаждения в степной зоне произрастают на границе условий своего существования. Физиологические процессы деревьев здесь лимитированы количеством атмосферных осадков, выпадающих за период вегетации [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Недостаток атмосферного увлажнения в степях обуславливает их высокую пожарную опасность, и если степная растительность в большинстве случаев адаптирована к пирогенному фактору и процессы ее восстановления не требуют достаточно длительного времени, то для лесных экосистем в степной зоне важнейшим экологическим фактором, определяющим возможность их существования, являются пожары [7, 8, 9].

Цасучейский бор находится на территории Юго-Восточного Забайкалья вблизи границы России и Монголии. Основная древесная порода – *Pinus sylvestris* subsp. *Krylovii* (Serg. et Kondr., 1953) [10, 11]. Бор имеет почвозащитное, водоохранное и агролесомелиоративное значение. С 1964 г. ему присвоен статус областного заказника с целью сохранения островного соснового бора, окруженного степью. С 1988 года Цасучейский бор входит в состав Государственного природного биосферного заповедника «Дарурский» как Государственный комплексный заказник федерального значения «Цасучейский бор». По результатам землеустройства 2010 г. площадь заказника составляет 58881 га. [12].

¹ Подготовка космоснимков выполнена в рамках базового проекта IX.137.1.1, анализ полученных данных проведен при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 19-14-00028).

Климат территории исследования резко континентальный с избыточным теплообеспечением и недостаточным увлажнением. Среднегодовые температуры воздуха составляют от $-0,1$ до $-2,0^{\circ}\text{C}$, суммы осадков – $300...370$ мм. В среднем за период вегетации (май-сентябрь) приземная температура воздуха составляет менее $15,0^{\circ}\text{C}$. С середины XX века самые низкие средние значения температуры воздуха, осредненные по территории, отмечались в 1957 г. ($13,0^{\circ}\text{C}$), а самые высокие – в 2007 г. ($17,2^{\circ}\text{C}$). На теплый период приходится в среднем менее 300 мм атмосферных осадков, что составляет около 90% от годовой их суммы [13]. Для территории исследования характерно выраженное циклическое чередование влажных и засушливых периодов с продолжительностью около 30 лет [14].

Анализ разностной интегральной кривой осредненных по территории значений годовых сумм атмосферных осадков с 1950 года позволяет выделить в режиме выпадения атмосферных осадков две гумидных: 1956-1970 гг. и 1983-1998 гг. – и две аридных: 1971-1982 гг. и 1999-2011 гг. фазы. В то же время на разностной интегральной кривой осредненных по территории значений среднегодовых температур воздуха выделяются два периода повышения среднегодовой температуры воздуха (1958-1975 гг.; 1989-2008 гг.) и один период ее понижения (1976-1988 гг.) [13].

Влияние климатических условий усугубляется действием антропогенных факторов, связанных с тем, что территория исследования характеризуется относительно высокой для Забайкальского края плотностью населения и тем, что степи в районе бора имеют сельскохозяйственное назначение и используются в качестве пастбищных угодий. Палы, проводимые местными жителями в весенне-летний период, приводят к неконтролируемым пожарам, которые распространяются на лесные массивы.

Материал и методы. Определение лесопокрытой площади Цасучейского бора выполнено за период с 1986 по 2018 гг. по спутниковым изображениям относительно высокого разрешения (30 м) Landsat TM, ETM+ и OLI (<http://verb.echo.nasa.gov/>) в программе ArcGIS-10. Площади, пройденные пожарами, получены в результате применения продукта MCD45A1 коллекции MODIS. Основу продукта составляют космические снимки спутников Terra и Aqua, доступные на сервисе NASA LP DAAC (<https://lpdaac.usgs.gov/>), прошедшие атмосферную коррекцию. Композитные

снимки продукта имеют пространственное разрешение 500 м и временной интервал 1 месяц.

Результаты и обсуждение. В XX веке основные виды антропогенного воздействия на Цасучейский бор заключались в выпасе скота и деятельности леспромхозов, а после присвоения ему охранного статуса – в незаконных рубках. Несмотря на то, что пирогенный фактор оказывал воздействие на протяжении всего существования бора, относительно спокойная в предшествующий период лесопожарная обстановка не приводила к значительным изменениям лесопокрытой площади бора [15, 16]. Рост приземной температуры воздуха наряду со снижением количества атмосферных осадков, связанным с началом аридной фазы в цикле увлажнения, вызвали увеличение потенциальной пожарной опасности и возникновение катастрофических лесных пожаров.

Значительный рост числа площадей, пройденных пожарами, с 1999 г. характерен как для всей территории Забайкальского края, так и для его степной зоны [16]. Коэффициент корреляции между динамикой степных и лесных пожаров с 2000 г. составил 0,83. При этом пожары в степной зоне, которая занимает лишь 15% от территории края, составили более 50% от их суммарного количества по всему краю [17].

По данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) за 2000-2018 гг. на территории бора наибольшими масштабами и интенсивностью отличались лесные пожары в 2000, 2003 и 2012 гг. (табл.), которые и привели к катастрофическому сокращению площади бора. Все пожары приходились на апрель-июнь. За исследуемый период площадь, пройденная пожарами, составила 96,2% от территории Цасучейского бора (рис 1).

Если до начала последней сухой фазы цикла увлажнения (1999-2011 гг.) лесопокрытая площадь бора составляла более 40 тыс. га (рис. 2а), то после пожаров в 2000 г. площадь этого лесного массива снизилась в половину до 21,3 тыс. га, а после пожаров в 2003 г. – до 7,9 тыс. га. Лесной пожар, имевший место в бору в апреле 2012 г., уничтожил почти все оставшиеся насаждения. Таким образом, в результате катастрофических пожаров, прошедших в Цасучейском бору с 2000 г., к 2012 году сохранилось только 2,5 тыс. га его лесопокрытой площади (рис. 2б), что составляет менее 6% от его площади на начало последней аридной фазы цикла, начавшейся в 1999 г.

Площади, пройденные пожарами на территории Цасучейского бора
с 2000 по 2018 гг., по данным MCD45A1

Годы	Площадь, тыс. га
2000	28,10
2003	19,70
2004	1,20
2006	2,10
2007	0,02
2008	0,50
2009	1,20
2010	0,20
2011	0,20
2012	20,22
2014	1,50



Рис. 1. Площадь, пройденная пожарами на территории Цасучейского бора за период с 2000 по 2018 гг., по данным MCD45A1

Оценка отклика растительности на воздействие пожаров на основании анализа временных рядов вегетационного индекса NDVI на территории Цасучейского бора показала, что участки, длительное время не подверженные возгоранию, проявляют способность к восстановлению растительного покрова, что отражается в увеличении индекса NDVI [18]. В то же время результаты натурных исследований, проведенных на территории

бора В.П. Макаровым и В.П. Макаровым совместно с О.Ф. Малых, свидетельствуют о том, что на его выгоревших площадях развиваются преимущественно осиново-разнотравные и разнотравные травянистые сообщества [19, 20]. Возобновление молодым подростом сосны отмечено в большинстве пострадавших от пожара сообществ, однако из-за повторных пожаров подрост сосны старше 5 лет практически не сохраняется.



Рис. 2. Лесопокрытая площадь в границах Цасучейского бора по результатам анализа космических снимков Landsat в 1999 и 2012 гг.

Выводы

Таким образом, суммарное влияние природных и антропогенных факторов привело к катастрофическому сокращению лесопокрытой площади бора. Учитывая, что для исследуемой территории характерны засушливые климатические условия и легкий механический состав почв, вследствие чего они подвержены интенсивной ветровой и водной эрозии, здесь возникает угроза

необратимых изменений вплоть до ее остепнения и даже опустынивания. Для сохранения Цасучейского бора необходим ряд мероприятий по его охране от пожаров, которые в первую очередь должны заключаться в проведении противопожарной пропаганды среди местного населения, а также обустройстве, регулярном обновлении и расчистке искусственных противопожарных барьеров: противопожарных разрывов

и минерализованных полос. При этом создание защитных противопожарных минерализованных полос важно проводить с учетом крутизны и направления склона для предотвращения оврагообразования. Необходимо разработка и проведение системы научно обоснованных лесовосстановительных мероприятий с учетом экологических особенностей лесных экосистем в степных условиях.

Библиографический список

1. **Андреев С.Г., Тулохонов А.К., Нарурзаев М.М.** Региональные закономерности изменчивости прироста сосны в степной зоне Бурятии // География и природные ресурсы. – 2001. – № 1. – С. 73-78.

2. **Агафонов Л.И., Кукарских В.В.** Изменения климата прошлого столетия и радиальный прирост сосны в степи Южного Урала // Экология. – 2008. – № 3. – С. 173-180.

3. **Малышева Н.В., Быков Н.И.** Дендроклиматический анализ ленточных боров Западной Сибири // Известия Российской академии наук. Серия: Географическая. – 2011. – № 6. – С. 68-77.

4. **Рыгалова Н.В., Быков Н.И.** Пространственно-временная изменчивость климатического сигнала древесно-кольцевых хронологий ленточных и Приобских боров // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология. – 2015. – Т. 8, № 4. – С. 394-409.

5. **Вахнина И.Л., Голятина М.А., Носкова Е.В.** Индикаторы климатических изменений в степной зоне Юго-Восточного Забайкалья / Сб. материалов Междун. научно-практ. конференции и Симпозиума, посвященного 100-летию заповедного дела и Году экологии в России, «Шелковый путь. Транссиб. Маршруты сопряжения: экономика, экология». – Чита: ИПРЭК СО РАН, 2017. – С. 34-37.

6. **Вахнина И.Л., Обязов В.А., Зама-на Л.В.** Динамика увлажнения в степной зоне юго-восточного Забайкалья с начала XIX столетия по кернам сосны обыкновенной // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2018. – № 2. – С. 28-33.

7. **Евдокименко М.Д.** Пирогенные нарушения лесорастительной среды в сосняках Забайкалья и их лесоводственные последствия лесоведение // Лесоведение. – 2014. – № 1. – С. 3-12.

8. **Малиновских А.А.** Влияние экологических условий на флористический состав гарей 1997 года в юго-западной части

ленточных боров Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 11 (133). – С. 76-79.

9. Последствия лесных пожаров в южных и центральных районах Забайкальского края / Л.В. Буряк [и др.] // Сибирский лесной журнал. – 2016. – № 6. – С. 94-102.

10. **Сергиевская Л.П., Кондратюк Е.Н.** Сосновый остров в Агинской степи // Бот. журн., АН УССР. – 1953. – Т. 10, № 1. – С. 37-42.

11. **Правдин Л.Ф.** Сосна обыкновенная (изменчивость, внутривидовая систематика и селекция). – М.: Наука, 1964. – 189 с.

12. **Сараева Л.И., Кирилук О.К.** Растительный покров // Биосферный заповедник «Даурский». – Чита, 2009. – С. 27-36.

13. **Носкова Е.В., Вахнина И.Л., Курганович К.А.** Характеристика условий увлаженности территории бессточных озер Торейской равнины с использованием метеорологических данных // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2019. – Т. 25, № 3. – С. 22-30. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-3-22-30.

14. **Обязов В.А.** Изменение современного климата и оценка их последствий для природных и природно-антропогенных систем Забайкалья: Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. – Чита: Читинская городская типография, 2014. – 39 с.

15. **Обязов В.А.** Влияние изменений метеорологических условий на лесопожарную обстановку в Забайкальском крае // Метеорология и гидрология. – 2012. – № 6. – С. 27-35.

16. **Голятина М.А., Вахнина И.Л., Носкова Е.В.** Оценка динамики площадей, пройденных пожарами, на территории Забайкальского края в условиях изменения климата по данным ДЗЗ // Географический вестник = Geographical bulletin. – 2018. – № 3(46). – С. 126-135. DOI: 10.17072/2079-7877-2018-3-126-135.

17. Анализ лесных и степных пожаров в забайкальском крае по данным спутникового мониторинга / М.А. Голятина И.Л. Вахнина Е.В. Носкова К.А. Курганович // Сб. статей по материалам XVIII Междун. научно-практ. конф. «Кулагинские чтения: техника и технологии производственных процессов». – Чита: ЗабГУ, 2018. – С. 108-111.

18. **Курганович К.А., Макаров В.П.** Использование вегетационных индексов NDVI для оценки влияния пожаров на динамику растительности Цасучейского

бора // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2015. – № 2 (117). – С. 27-36.

19. **Макаров В.П.** Состояние островного соснового бора в степной зоне Забайкалья // Аридные экосистемы. – 2015. – Т. 21, № 3 (64). – С. 56-63.

20. **Макаров В.П., Малых О.Ф.** Состояние степного соснового бора в Забайкальском крае после лесных пожаров // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 3-0. – С. 90-93.

Материал поступил в редакцию 26.04.2019 г.

Сведения об авторах

Вахнина Ирина Леонидовна, кандидат биологических наук, зав. лаб. ИПРЭК СО РАН; 672002, г. Чита, ул. Недорезова, 16а; e-mail: vahnina_il@mail.ru

Голятина Марина Алексеевна, аспирант ИПРЭК СО РАН; 672002, г. Чита, ул. Недорезова, 16а; e-mail: marina-sosnina1993@yandex.ru

Носкова Елена Викторовна, кандидат географических наук, младший научный сотрудник, ИПРЭК СО РАН; 672002, г. Чита, ул. Недорезова, 16а; e-mail: elena-noskova-2011@mail.ru

I.I. VAKHNINA, M.A. GOLYATINA, E.V. NOSKOVA

Federal state budgetary institution of science Institute of natural resources, ecology and cryology of the Siberian branch of the Russian academy of sciences, Chita, Russian Federation

CHANGING OF THE WOODED AREA OF THE TSASUCHEYSKY BORON AS A RESULT OF NATURAL FIRES

The purpose of the study is to estimate the wooded area of the steppe pine forest from 1986 to 2018. The investigated area is the Tsasucheysky boron growing near the Russian-Mongolian border in the steppe zone of the South-Eastern Zabaikalie. The wooded area was determined according to Landsat TM, ETM + and OLI satellite imagery using ArcGIS software. The areas covered by fires were obtained by applying the product MCD45A1 of the MODIS collection. The increase in surface air temperature in recent decades and the arid phase in the region's moisturizing cycle since 1999 have led to an increase in potential fire danger and the occurrence of forest fires. The influence of climatic conditions is aggravated by the action of anthropogenic factors. Fires held by local residents in the spring and summer period lead to uncontrolled steppe fires that spread to forests. The forest fires in 2000, 2003 and 2012 were characterized by the greatest scope and intensity on the territory of the steppe forest. The time of their appearance is April-June. The area covered by fires during the study period was 96.2% of the entire territory of the Tsasucheysky steppe forest. This led to a catastrophic reduction of the boron wooded area. The maximum values of the forest area fall on 1999 (43.5 thousand hectares), and the minimum – on 2012 (2.5 thousand hectares). The cumulative impact of natural and anthropogenic factors has led to a catastrophic reduction of the boron area covered by forests. Droughty climatic conditions and light soil textures which are characteristic for the studied territory lead to the threat of irreversible changes including its steppe formation and even desertification. In order to preserve the Tsasucheysky boron it is necessary to take measures on its protection from fires and reforestation taking into account ecological features of forest ecosystems under the steppe conditions.

Steppe boron, pine, fires, climate, Zabaikalie.

References

1. **Andreev S.G., Tulohonov A.K., Nurzbaev M.M.** Regionalnye zakonomernosti izmenchivosti prirosta sosny v stepnoj zone Buryatii // Geografiya i prirodnye resursy. – 2001. – № 1. – С. 73-78.

2. **Agafonov L.I., Kukarskih V.V.** Izmeneniya klimata proshlogo stoletiya i radialny prirost sosny v stepi Yuzhnogo Urala // Ekologiya. – 2008. – № 3. – С. 173-180.

3. **Malysheva N.V., Bykov N.I.** Dendroklimatichesky analiz lentochnyh borov Zapadnoj Sibiri // Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Seriya: Geograficheskaya. – 2011. – № 6. – С. 68-77.

4. **Rygalova N.V., Bykov N.I.** Prosrstvenno-vremennaya izmenchivost klimaticheskogo signala drevesno-koljtsevyh hronologij lentochnyh i Priobskih borov // Zhurnal Sibirskogo federalnogo universiteta. Seriya: Biologiya. – 2015. – Т. 8, № 4. – С. 394-409.

5. **Vakhnina I.L., Golyatina M.A., Noskova E.V.** Indikatory klimaticheskih izmenenij v stepnoj zone Yugo-Vostochnogo Zabaikalja / Sb. Mat-lov mezhdunar. nauchno-praktich. konf. i simpoziuma, posvyashchennogo 100-letiyu zapovednogo dela i Godu ekologii v Rossii, «Shelkovy put. Transsib. Marshruty sopryazheniya: ekonomika, ekologiya». – Chita: IPREC SO RAN, 2017. – S. 34-37.
6. **Vakhnina I.L., Obyazov V.A., Zama-na L.V.** Dinamika uvlazhneniya v stepnoj zone yugo-vostochnogo Zabaikalya s nachala XIX stoletiya po kernam sosny obyknovnoy // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya. – 2018. – № 2. – S. 28-33.
7. **Evdokimenko M.D.** Pirogennye naru-sheniya lesorastitelnoj sredy v sosnyakah Zabaikalya i ih lesovodstvennye posledstviya lesovedenie // Lesovedenie. – 2014. – № 1. – S. 3-12.
8. **Malinovskih A.A.** Vliyanie ekologicheskikh uslovij na floristichesky sostav garej 1997 goda v yugo-zapadnoj chasti lentochnyh borov Altajskogo kraja // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – № 11 (133). – S. 76-79.
9. Posledstviya lesnyh pozharov v uznyh i tsentralnyh rajonah Zabaikalskogo kraja / **L.V. Buryak** [i dr.] // Sibirsky lesnoj zhurnal. – 2016. – № 6. – S. 94-102.
10. **Sergievskaia L.P., Kondratyuk E.N.** Sosnovy ostrov v Aginskoy stepi // Bot. zhurn., AN USSR. – 1953. – T. 10, № 1. – S. 37-42.
11. **Pravdin L.F.** Sosna obyknovennaya (izmenchivost, vnutrividovaya sistematika i selektsiya). – M.: Nauka, 1964. – 189 s.
12. **Saraeva L.I., Kirilyuk O.K.** Rastitelny pokrov // Biosferny zapovednik «Daurisky». – Chita: 2009. – S. 27-36.
13. **Noskova E.V., Vakhnina I.L., Kurganovich K.A.** Harakteristika uslovij uvlazh-nennosti territorii besstochnyh ozer Torejskoj ravniny s ispolzovaniem meteorologicheskikh dannyh // Vestnik Zabaikalskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2019. – T. 25, № 3. – S. 22-30.
14. **Obyazov V.A.** Izmenenie sovremennogo klimata i otsenka ih posledstvij dlya prirodnyh i prirodno-antropogennyh system Zabaikalya: Avtoref. dis. ... d-ra geogr. nauk. – Chita: Chitinskaya gorodskaya tipografiya, 2014. – 39 s.
15. **Obyazov V.A.** Vliyanie izmenenij me-teorologicheskikh uslovij na lesopozharnuyu obstanovku v Zabaikalskom krae // Meteorologiya i gidrologiya. – 2012. – № 6. – S. 27-35.
16. **Golyatina M.A., Vakhnina I.L., Noskova E.V.** Otsenka dinamiki ploshchadej, proydennyh pozharami, na territorii Zabaikalskogo kraja v usloviyah izmeneniya klimata po dannym DZZ // Geograficheskiy vestnik = Geographical bulletin. – 2018. – № 3(46). – S. 126-135.
17. Analiz lesnyh i stepnyh pozharov v zabaikalskom krae po dannym sputnikovogo monitoring / M.A. Golyatina I.L. Vakhnina E.V. Noskova K.A. Kurganovich // Sb. Statej po mat-lam XVIII mezhdunarodnoj nauchno-praktich. konf. «Kulaginskije chteniya: tehnika i tehnologii proizvodstvennyh protsessov». – Chita: ZabGU, 2018. – S. 108-111.
18. **Kurganovich K.A., Makarov V.P.** Is-polzovanie vegetatsionnyh indeksov NDVI dlya otsenki vliyanija pozharov na dinamiku rastitelnosti Tsasuchejskogo bora // Vestnik Zabaikalskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2015. – № 2 (117). – S. 27-36.
19. **Makarov V.P.** Sostoyanie ostrovnogo sosnovogo bora v stepnoj zone Zabaikalya // Ar-idnye ekosistemy. – 2015. – T. 21, № 3 (64). – S. 56-63.
20. **Makarov V.P., Malyh O.F.** Sostoyanie stepnogo sosnovogo bora v Zabaikalskom krae posle lesnyh pozharov // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. – 2016. – № 3-0. – S. 90-93.

The material was received at the editorial office
26.04.2019g.

Information about the authors

Vahnina Irina Leonidovna, candidate of biological sciences, head of the lab.. IPREC SO RAS; 672002, Chita, Nedorezova, 16a; e-mail: vahnina_il@mail.ru

Golyatina Marina Alexeevna, post graduate student IPREC SO RAS; 672002, Chita, Nedorezova, 16a; e-mail: marina-sosnina1993@yandex.ru

Noskova Elena Viktorovna, candidate of geographical sciences, junior researcher, IPREC SO RAS; 672002, Chita, Nedorezova, 16a; e-mail: elena-noskova-2011@mail.ru