



## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Природа лесных пожаров и гарей .....	7
1.1 Лесные пожары как объект исследования лесной пирологии .....	7
1.2 Причины и условия возникновения лесных пожаров .....	11
1.2.1 Источники тепла в лесу.....	11
1.2.2 Фазы горения и характеристики лесного горючего материала.....	13
1.3 Классификация лесных пожаров .....	15
1.3.1 Элементы лесного пожара.....	15
1.3.2 Виды лесных пожаров .....	16
1.3.3 Классы лесных пожаров .....	22
1.4 Характеристика гарей и горельников .....	22
1.4.1 Классификация гарей и горельников .....	23
1.4.2 Восстановление лесных фитоценозов на гарях .....	26
2 Мониторинг лесных пожаров и гарей средствами дистанционного зондирования Земли.....	28
2.1 Исследования лесных пожаров и гарей в Сибири.....	28
2.2 Средства и подходы мониторинга лесных пожаров и гарей с помощью данных дистанционного зондирования Земли.....	33
2.2.1 Базы данных.....	36
2.2.2 Программное обеспечение .....	37
2.3 Методика анализа и оценки последствий лесных пожаров.....	40
2.4 Методика анализа динамики состояния растительного покрова на гарях.....	43

2.5 Данные, используемые при исследовании восстановления растительности .....	44
2.5.1 MCD12Q1 .....	45
2.5.2 MOD13Q1 .....	46
2.5.3 MCD64A1 .....	49
2.6 Физико-географическая характеристика исследуемых тестовых участков.....	50
2.6.1 Район «Кузнецкий Алатау».....	50
2.6.2 Район «Приангарье» .....	52
3 Результаты анализа динамики значений вегетационных индексов на гарях в различных типах лесов Сибири .....	54
3.1 Кузнецкий Алатау .....	54
3.1.1 Темнохвойные древостои.....	54
3.1.2 Лиственничные древостои .....	57
3.1.3 Лиственные древостои .....	61
3.2 Приангарье.....	65
3.2.1 Темнохвойные древостои.....	65
3.2.2 Лиственничные древостои .....	69
3.2.3 Лиственные древостои .....	72
Заключение .....	76
Список использованных источников .....	77

## ВВЕДЕНИЕ

Лесные пожары нередко оказывают пагубное влияние на экосистему. При длительном воздействии данного явления ухудшается качество древостоев и уменьшение их площади. Не стоит забывать о влиянии на компоненты ландшафтов – гидрологический режим, почвообразующие процессы, видовое и численное многообразие фауны, уменьшение ареалов обитания животных. Также изменяется и видовой состав растительности. В зависимости от характера пожаров происходит полное или частичное уничтожение древостоев, срок восстановления которых также может различаться.

Благодаря геоинформационным системам и данным дистанционного зондирования Земли, можно проводить оценку современных пожарных режимов, анализировать состояние лесов до и после пожаров, выявлять новые очаги пожаров и устанавливать закономерности дальнейшего развития растительности на поврежденных участках. Также накопленные данные позволяют выявлять зависимости пожарных режимов от климатических условий, рельефа и типа лесов, делать прогнозы и выявлять риски при дальнейшем изучении новых очагов.

Целью работы является анализ динамики вегетационных индексов на горях в различных типах лесов Сибири на основе данных дистанционного зондирования Земли.

Исследования проводились в нескольких направлениях: анализ состояния темнохвойных древостоев, лиственничных и лиственных лесов на горях и анализ восстановительной динамики растительного покрова после лесных пожаров.

Объектами исследования являются темнохвойные, лиственничные и лиственные леса, выгоревшие в результате пожаров на тестовых участках на территории Юга Сибири.

Предметом исследования являются значения вегетационных индексов NDVI и EVI за 2000–2019 гг., отражающих состояние растительности исследуемых территорий, на гарях 2005–2008 гг.

В первой главе рассмотрены исследования природы лесных пожаров и гарей, их классификация и восстановление фитоценозов на участках действия лесных пожаров.

Во второй главе более детально рассмотрены инструменты мониторинга лесных пожаров и гарей по данным дистанционного зондирования земли. Также здесь приведена методика анализа состояния растительности на гарях, описаны материалы и инструменты исследования, а также тестовые участки исследования.

В третьей главе приведены результаты исследования, выявлены некоторые закономерности развития растительности на гарях разных типов лесов.

Работа выполнена с использованием космических снимков со спутников Landsat, полученных из архива Геологической службы США, геоинформационной системы ArcGIS, Microsoft Excel. Данная работа оформлена с использованием Microsoft Word.

В работе приведены результаты оценки динамики состояния лесов Юга Сибири на участках гарей в период с 2000 по 2019 гг. Рассмотрены вопросы оценки динамики восстановления растительного покрова на месте лесных гарей Юга Сибири и приведены результаты такой оценки, полученные на тестовых участках.

Научную новизну и практическую значимость работы представляют результаты оценки динамики состояния поврежденных пожарами древостоев и восстановления растительного покрова на месте гарей.

Результаты работы могут быть использованы для дальнейшего углубленного анализа динамики состояния лесов после пожаров.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе прохождения производственной практики получены навыки по обработке временных серий данных дистанционного зондирования Земли с помощью средств программного пакета ESRI ArcGIS. Получены теоретические и практические знания о вегетационных индексах NDVI и EVI, о извлечении ареалов гарей для определенных типов растительности для дальнейшего их анализа. В ходе выполнения работы были использованы ранее приобретённые навыки работы с временными сериями вегетационных индексов NDVI и EVI.

Графики однозначно показывают, что NDVI более адекватно отражает динамику состояния растительного покрова после воздействия пожаров. Также были составлены графики для территорий лесов, на которых "условно" не было пожаров. Это позволяет учесть естественные колебания значений индексов между годами.

Наибольшую уязвимость к пожарам показали значения вегетационных индексов темнохвойных древостоев, где наблюдается спад на 15–45% и долгое частичное восстановление в течение более 10 лет. В лиственных древостоях изменения незначительны, что говорит о большей устойчивости лесов к пожарам. Лиственные леса также практически не пострадали, напротив, в большинстве случаев наблюдается рост показателей индексов NDVI и EVI.

Результаты работы могут быть в дальнейшем использованы в прогнозах динамики восстановления растительного покрова на других участках, поврежденных пожарами.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Каницкая, Л. В. Лесная пирология : учебное пособие / Л. В. Каницкая. – Иркутск : БГУЭП, 2013. – 206 с.
2. Цветков, П. А. Очерк истории отечественной лесной пирологии / П. А. Цветков // Сибирский лесной журнал / Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН – Красноярск, 2015. – № 5. – С. 3–25.
3. «Лесной дозор». Проблема лесных пожаров в РФ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://lesdozor.ru>.
4. Курбатский, Н. П. Классификация лесных пожаров / Н. П. Курбатский // Вопросы лесной пирологии / ИЛИД им. В. Н. Сукачева СО АН СССР – Красноярск, 1977. – С. 19–30.
5. Курбатский, Н. П. Терминология лесной пирологии / Н. П. Курбатский // Вопросы лесной пирологии / ИЛИД им. В. Н. Сукачева СО АН СССР – Красноярск, 1972. – С. 171–212.
6. Меркулов, П. И. Лесные пожары как опасные природные явления / П. И. Меркулов, С. В. Меркулова, С. Е. Хлевина // Научное обозрение. Международный научно-практический журнал / Саранск, 2016. – № 2. – С. 1–18
7. Шерстюков, Б. Г. Оценки тенденций усиления лесных пожаров в России до конца XXI в. по данным сценарных экспериментов климатических моделей пятого поколения / Б. Г. Шерстюков, А. Б. Шерстюков // Метеорология и гидрология. / Москва, 2014. – № 5. – С. 17–30.
8. Лупян, Е. А. Лесные пожары на территории России: особенности пожароопасного сезона 2019 г. / Е. А. Лупян, И. В. Балашов, С. А. Барталев, К. С. Сенько, М. А. Бурцев, В. В. Дмитриев, Ю. С. Крашенинникова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2019. – Т. 16. № 5. – С. 356–363.
9. Воробьев, Ю. Л. Лесные пожары на территории России: Состояние и проблемы / Ю. Л. Воробьев, В. А. Акимов, Ю. И. Соколов; под общ. ред. Ю. Л. Воробьева; МЧС России. – Москва : ДЭКС-ПРЕСС, 2004. – 312 с.

10. Исаков, Р. В. Воспламенение элементов лесного горючего горячим газом / Р. В. Исаков // Вопросы лесной пирологии / ИЛиД им. В. Н. Сукачева СО АН СССР – Красноярск, 1974. – С. 50–64.
11. Конев, Э. В. О зажигании лесных горючих материалов / Э. В. Конев // Проблемы лесной пирологии / ИЛиД им. В. Н. Сукачева СО АН СССР – Красноярск, 1975. – С. 80–92.
12. Валендик, Э. Н. Дистанционные методы в решении проблемы лесных пожаров / Э. Н. Валендик // Исследование таежных ландшафтов. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние. – 1979. – С. 168–182.
13. Софронова, Т. М. Совершенствование оценки пожарной опасности по условиям погоды в горных лесах Южного Прибайкалья: науч. изд. / Т. М. Софронова, А. В. Волокитина, М. А. Софронов. – Красноярск : Изд-во Ин-та леса СО РАН, 2007. – 237 с.
14. Побединский, А. В. Сосновые леса Средней Сибири и Забайкалья: науч. изд. / А.В. Побединский – Москва : Наука, 1965. – 268 с.
15. Иванов, В. А. Пожары от гроз в лесах Сибири / А. В. Иванов, Г. А. Иванова – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 2010. – 164 с.
16. Цветков, П. А. Исследование природы пожаров в лесах Сибири / П. А. Цветков, Л. В. Буряк // Сибирский лесной журнал / Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН – Красноярск, 2014. – № 3. – С. 25–42.
17. Лупян, Е. А. Лесные пожары на территории России в 2019 году. Аномалия или тенденция / Е. А. Лупян, И. В. Балашов, С. А. Барталев, К. С. Сенько // Материалы Семнадцатой Всероссийской Открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 15.11.19.» – ИКИ РАН – Москва, 2019. – С. 7–13.
18. Хамедов, В. А. Использование данных дистанционного зондирования в задачах лесной отрасли / В. А. Хамедов, В. Н. Копылов, Ю. М. Полищук, С. В. Шимов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса / Югорский НИИ информационных технологий – Ханты-Мансийск, 2006. –Т. 2, № 3. – С. 380–387.



19. Лупян, Е. А. Спутниковые наблюдения лесных пожаров в России в 21 веке / Е. А. Лупян, С. А. Барталев, Е. В. Флитман, В. А. Егоров, В. Ю. Ефремов, Ф. В. Стыщенко, Д. В. Ершов, В. Н. Антонов, Л. С. Крамарева // Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении и лесном хозяйстве: доклады V Всероссийской конференции, посвященной памяти выдающихся ученых-лесоводов В. И. Сухих и Г. Н. Коровина (Москва, 22-24 апреля 2013г.) / ЦЭПЛ РАН – Москва, 2013. – С. 43–46.

20. Modis active fire and burned area products [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://modis-fire.umd.edu/ba.html>.

21. Fire Information for Resource Management System (FIRMS) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov>.

22. ArcGIS products [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.esri.com/en-us/home>.

23. Аюнова, О. Д. Применение геоинформационных технологий в изучении развития природно-антропогенных экосистем на территории Тувы / О. Д. Аюнова, Е. А. Доможакова, О. И. Кальная, С. Г. Прудников // Вестник СГГА. – 2012. – № 2 (18). – С. 100–105.

24. Котельников, Р. В. Космический мониторинг лесных пожаров: история создания и развития ИСДМ-Рослесхоз / Р. В. Котельников, Е. А. Лупян, С. А. Барталев, Д. В. Ершов // Лесоведение. – 2019. – № 5. – С. 399–409.

25. Копылов, В. Н. Синтез оптических и радиолокационных космических снимков при решении задачи оперативного обнаружения лесных гарей / В. Н. Копылов, Ю. М. Полищук, В. А. Хамедов // ГЕО-Сибирь-2007. III Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 25–27 апреля 2007 г.). – Новосибирск: СГГА, Т. 3, 2007. – С. 157–161.

26. Продукт MODIS: MCD12Q1 – карты наземного покрова (слой IGBP). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov>.

27. Land Cover Type (MCD12Q1) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://lpdaac.usgs.gov/products/mcd12q1v006>.

28. Продукт MODIS: MOD13Q1 – вегетационный индекс (индексы NDVI и EVI). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov>.

29. Вегетационные индексы NDVI, EVI [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.soft.farm/ru>.

30. Индексы растительности для полного анализа вегетации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://eos.com/ru/blog/vegetacionnye-indeksy>.

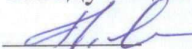
31. Продукт MODIS: MCD64A1 – контуры гарей (слой BurnDate). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov>.

32. Карта рельефа Юга Сибири [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://edcintl.cr.usgs.gov>.

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт экологии и географии  
Кафедра географии

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Г. Ю. Ямских  
подпись инициалы, фамилия

«21» июня 2021 г.


**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

05.03.02 География

05.03.02.02 Физическая география и ландшафтоведение

**Динамика состояния растительного покрова на горячих в Сибири по данным  
спектрорадиометрической съемки MODIS**


Научный  
руководитель

 17.06.21  
подпись, дата

доц., канд. техн. наук  
должность, учёная степень


С. Т. Им  
инициалы, фамилия

Выпускник

 17.06.21  
подпись, дата

А. Н. Астафьев  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

 17.06.21  
подпись, дата

И. А. Вайсброт  
инициалы, фамилия

Красноярск 2021