

Анализ лесного покрова в эпицентре падения Тунгусского метеорита

Секция: “Аэрокосмические информационные системы, мониторинг”

В.И. Харук¹, В.А. Гурьев¹, Э.Я. Фальков², И.Г. Головнев², В.И. Сухих³,

Дж. Лонго⁴, М. Ди Мартино⁵

1. Институт леса СО РАН, г. Красноярск, 660036, Академгородок, тел.: +7(3912)494453, e-mail: kharuk@ksk.krasn.ru; 2. ГосНИИ авиационных систем, г. Москва, 125319, ул. Викторенко, д.7, тел.: +7(495)157-94-34, факс: +7(495)771-71-27, e-mail: Falkov@gosniias.ru; 3. Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, 117810, Москва, Профсоюзная ул. 84/32, тел.: +7(495)331-17-01, факс: +7(495)332-26-17, e-mail: sukhikh@cepl.rssi.ru; 4. University of Bologna, Via Irnerio 46 - 40126 Bologna, Italy, тел.: (+39) 0512091087, факс: +(39) 051247244, e-mail: longo@bo.infn.it; 5. Osservatorio Astronomico di Torino, 10025 Pino Torinese, Italy, тел.: (+39)0118101900, e-mail: dimartino@to.astro.it.

Введение. Данная статья посвящена анализу материалов разновременной аэрофотосъемки зоны падения Тунгусского метеорита. Использовались две серии снимков непосредственно предполагаемого района эпицентра взрыва - данные аэрофотосъемок 1938 и 1999 гг. Аэрофотоснимки 1938 г. представляли собой материалы аэросъемки экспедиции Кулика в масштабе 1:10000. Второй набор данных соответствует 1999 г. и представляет собой серию снимков того же района в масштабе 1:10000 и один снимок более мелкого масштаба (1:20000 – спектральная съемка), охватывающий большую часть исследуемой территории. Использовались также топографическая карта исследуемого района и различные схемы, опубликованные ранее.

В работе рассматриваются два момента, связанные с Тунгусской катастрофой: а) локальная характеристика повреждения леса по материалам съемки 1938 г. и б) восстановление лесного покрова на рассматриваемой территории.

Характеристика района исследования

Исследуемый район расположен на южной границе области распространения современной вечной мерзлоты. Южнее р. Подкаменная Тунгуска мерзлота не отмечена. Мерзлотные очаги приурочены к тяжелым, преимущественно торфяным почвам. Промерзает не только пласт торфа, но и залегающие под ним почвенные горизонты.

На территории исследований преобладают лиственничные и сосново-лиственничные леса. Кедр, ель и пихта спорадически встречаются в составе светлохвойных лесов. К коренным, или первичным типам растительности рассматриваемой территории относятся кедровые, пихтовые и елово - пихтовые леса. Производными, или вторичными типами являются лиственничные, сосновые и смешанные лиственнично - сосновые леса, а также березняки и осинники. Широкое распространение лиственничной тайги связано с биологическими свойствами лиственницы, которая способна произрастать в условиях длительномерзлых грунтов и континентальном климате.

Методология исследований

Предварительная обработка аэрофотоснимков. В качестве исходных данных в работе использовались материалы аэрофотосъемки непосредственно на предполагаемый район эпицентра взрыва экспедиции Кулика в масштабе 1:10000, выполненной в июле 1938 г., а также материалы аэрофотосъемки на ту же территорию, проведенной 26 июля 1999 г. (в 9:40 по местному времени), в масштабе 1:10000 и 1:20000. Использовались также фрагмент топографической карты исследуемого района масштаба 1:100000 и различные схемы, опубликованные ранее. Геометрическая коррекция снимков проводилась в соответствующем модуле Erdas, при использовании опорных точек, задаваемых пользователем.

Привязка аэрофотоснимков. Фрагмент карты был привязан к мелкомасштабному снимку 1999 года. Привязка, осуществлялась по линиям просек, которые присутствовали как на карте, так и на снимке, использовалось 6 опорных точек, среднеквадратичная ошибка составила 8 пикселей, учитывая размер пикселя равный 4 м, ошибка составила 32 м. Таким образом, была получена относительная система координат, в которой находился мелкомасштабный снимок

1999 года. Схема привязки всего материала к одной системе координат, с указанием числа контрольных точек и среднеквадратичной ошибки в пикселях и метрах, представлена на рис.1.

Выделение аномалии. С целью уменьшения временных и ресурсных затрат на обработку на используемых снимках выделены 2 области. Выбор этих областей был обусловлен тем обстоятельством, что только на них имелось перекрытие крупномасштабных (1:10 000) снимков 1938 и 1999 гг. Анализ этих областей на снимках 1938 г. выявил следующую аномалию: в области 2 практически полностью отсутствует вывал деревьев, не замечено также “телеграфного леса” – стволов деревьев, полностью лишенных ветвей, но не вываленных ударной волной. На данной области отсутствуют также видимые следы пожара.

Несколько другая картина наблюдается в области 1, где наблюдаются поваленные деревья и стволы деревьев без кроны.

Использование индекса проективного покрытия древесного полога для анализа состояния лесного покрова. Индекс проективного покрытия древесного полога (P_s) является важнейшей характеристикой состояния лесного покрова. Он показывает отношение площади закрытой кроной деревьев на каком-либо участке, к общей площади этого участка.

Для выделения древесных крон решено было использовать методы автоматической классификации изображений без учителя.

Кроме отмеченного выше, проведен визуальный сравнительный анализ материалов съемок 1938 г. и 1999 г. районов ручья Чургим и реки Хушма (удаление на юг от эпицентра 3-4 км). В этих районах на южных склонах хребтов имеются значительные площади с поваленными деревьями.

Анализ и обсуждение результатов

Как отмечалось ранее, анализ исследуемых областей на снимках 1938 года выявил аномалию вывала леса. Учитывая масштабность явления в целом, и небольшое, порядка 600 метров, расстояние между областями, данная аномалия не может быть объяснена ослаблением ударной волны с удалением от центра взрыва, если принять за центр взрыва эпицентр, рассчитанный по каталогу вывала леса Фаста.

Совершенно другая картина наблюдается в области 1, много поваленных деревьев, наблюдаются стволы деревьев без кроны.

Для количественной оценки лесного покрова и сравнения между собой рассматриваемых областей, использовался индекс проективного покрытия древесного полога. Полученные значения индекса представлены на рисунке 2.

При анализе рельефа, по топографической карте масштаба 1:100000 видно, что область 1 находится на юго-восточном, пологом (3-4°) склоне, в то время как область 2 на северном, более крутом (7-8°) склоне. Северный склон может частично объяснить отсутствие пожаров в области 2 и связанного с ними нарушения древостоя, т.к. там в это время года более высокий уровень влажности. Это могло служить препятствием, как распространению низового пожара, так и воспламенению подстилки от теплового излучения взрыва, которое, несомненно, имело место в районе катастрофы.

Что касается направления ударной волны, то, учитывая, что большинство исследователей дают оценку высоты взрыва в 5-7 км, незначительные, не более 50м, элементы рельефа не могли сыграть существенной роли в случае одного, центрального или объемного, воздушного взрыва. Но если допустить вариант более низкого взрыва, то рельеф мог частично или полностью погасить ударную волну.

Вторая часть данных исследований посвящена современному состоянию лесного покрова. Важным экологическим последствием Тунгусской катастрофы является ускоренное восстановление леса. По полученным данным индекса проективного покрытия древесного полога, можно говорить не только о том, что лесной покров полностью восстановился на поврежденной территории (область 1), но и увеличился индекс проективного покрытия для неповрежденной области 2, а, следовательно, и такие величины как плотность древостоя, индекс листовой поверхности и коэффициент сомкнутости.

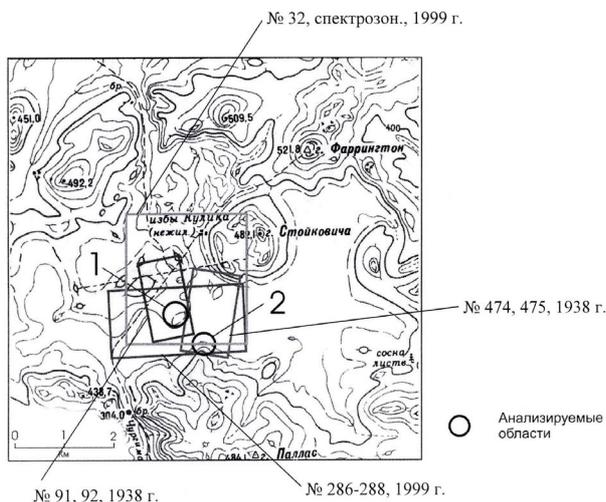


Рис. 1

1. – с.ш. 60° 53' 10"
в.д. 101° 53' 30"
2. – с.ш. 60° 52' 50"
в.д. 101° 54' 30"

Динамика проективного покрытия древесного полога для участков интенсивного (1,2) и слабого (3,4) вывала леса

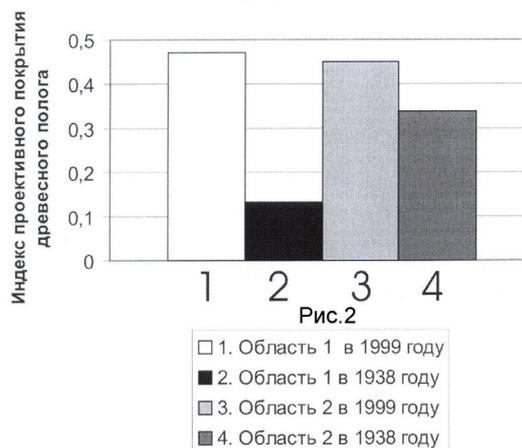


Рис.2

Касательно восстановления лесного покрова в области 1 необходимо отметить, что на поврежденной территории не произошло смены хвойных пород лиственными, как это зачастую бывает на местах пожаров. Ускоренное восстановление поврежденного леса и ускоренный рост неповрежденных деревьев может иметь целый ряд причин: 1) изменение криогенных процессов в вечной мерзлоте вследствие излучения взрыва; 2) обогащение почвы редкоземельными элементами; 3) мутационные процессы, вызванные излучением взрыва или электромагнитными эффектами, сопровождавшими полет Тунгусского метеорита.

Заключение

- Выявлена аномалия вывала леса в районе эпицентра падения тунгусского метеорита
- Проведен анализ взаимосвязи аномалии вывала леса с особенностями рельефа
- Определены значения индекса проективного покрытия древесного полога 1938 и 1999 г.г. для двух фрагментов
- Представляется целесообразным продолжить комплексные авиационно-наземные исследования с целью выявления природы и последствий падения тунгусского метеорита