

- Межвуз. сб. / Отв. ред. С.А. Кулик. – Иркутск: Ирк. ун-т, 1973. – С. 32–43.
- Кулик С.А. Наземные полужесткокрылые (Heteroptera) Восточной Сибири и Дальнего Востока // Фауна насекомых Восточной Сибири и Дальнего Востока: Межвуз. сб. / Отв. ред. С.А. Кулик. – Иркутск: Ирк. ун-т, 1974. – С. 3–41.
- Кулик С.А. Редкие и малоизвестные виды клопов-слепняков в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке // Фауна и экология насекомых Восточной Сибири и Дальнего Востока: Межвуз. сб. / Отв. ред. С.А. Кулик. – Иркутск: Ирк. ун-т, 1977. – С. 27–37.
- Матис Э.Г. Насекомые Азиатской Берингии (принципы и опыт эколого-геосистемного изучения). – М.: Наука, 1986. – 312 с.
- Матис Э.Г., Винокуров Н.Н., Глушкова Л.А. Фауна полужесткокрылых (Heteroptera) Северо-Востока СССР // Фауна и экология насекомых Восточной Сибири и Дальнего Востока: Межвуз. сб. / Отв. ред. С.А. Кулик. – Иркутск: Ирк. ун-т, 1977. – С. 3–26.
- Петрова В.П. О видовом составе кружевниц (Hemiptera, Tingidae) лесостепного Приобья // Вопр. энтомологии Сибири. – 1974. – С. 57–58.
- Петрова В.П. Щитники Западной Сибири (Hemiptera, Pentatomidae). – Новосибирск, 1975. – 236 с.
- Петрова В.П. К познанию фауны кружевниц (Hemiptera, Tingidae) Западной Сибири // Тр. Биол. ин-та СО АН СССР. – 1978. – Вып. 34. – С. 62–73.
- Пучков В.Г. Фауна Украины. Т. 21, вып. 1: Щитники. – Київ, 1961. – 366 с.
- Пучков В.Г. Щитники Средней Азии / В.Г. Пучков. – Фрунзе: Илим, 1965. – 331 с.
- Пучков В.Г. Отряд Hemiptera (Heteroptera) — Полужесткокрылые // Насекомые и клещи — вредители сельскохозяйственных культур / Ред.: О.Л. Крыжановский, Е.М. Данциг. В 4 т. – Л.: Наука, 1972. – Т. 3. – С. 222–261.
- Яхонтов В.В. Экология насекомых: Учеб. пособие для гос. ун-тов. – М.: Высш. шк., 1964. – 459 с.
- Cobben R.H. Addition to the Eurasian saldid fauna, with a description of fourteen new species (Heteroptera, Saldidae) // Tijdschrift voor Entomologie. – 1985. – Deel 128. – Afl. 4. – P. 215–270 (нидерл.)

УДК 528.8.04; 528.88

Х.Б. КУУЛАР

Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН (Кызыл, Россия)

СОСТОЯНИЕ ОСТРОВНОГО ХВОЙНОГО ЛЕСА АРЫГ-БАЖЫ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТУВЫ

В данной статье приводятся материалы исследования островного леса Арыг-Бажы в юго-западной части Республики Тыва. В работе рассматривается сокращение островного леса за 41 год по данным спутника Landsat. Для исследования использована методика на основе спектрального вегетационного индекса NDVI. *Ключевые слова:* островной бореальный лес, вегетационный индекс NDVI, вырубки.

Рис. 3. Библ. 4 назв. С. 30–34.

Kh.B. KUULAR

Tuvian Institute for Exploration of Natural Resources of SB RAS (Kyzyl, Russia)

THE CONDITION OF ISLAND CONIFEROUS FOREST OF THE ARYG-BAZHY ON THE WEST-SOUTH PART OF TUVA

This article presents the study materials of the island forest of the Aryg-Bazhy in the southwestern part of the Republic of Tuva. The paper considers lowering masses of

the island forest on the basis of images of the satellite Landsat for 41 years. The technique based on NDVI spectral vegetation index was used for the study.

Keywords: dynamic of island coniferous forest, Normalized Difference Vegetation Index, cutting.

Figures 3. References 4. P. 30–34.

ВВЕДЕНИЕ. Островные степные леса являются остатками лесного пояса с эпохи плейстоцена (Крашенинников, 1939). Лесной тип растительного покрова степной зоны в пределах региона представлен: сосновыми, лиственнично-сосновыми и лиственнично-еловыми лесами.

«Горная лесостепная группа фитоценозов, своим происхождением связанная с лесостепными комплексами плейстоцена и характеризующаяся сочетанием лиственничных лесов с луговыми и настоящими степями, представлена в предгорьях и на останковых горных массивах в пределах котловин» (Растительный покров ..., 1980, с. 47).

Объектом исследования выбран островной лес Арыг-Бажы, расположенный у подножья южного макросклона хр. Западный Танну-Ола (1160 м н. у. м.), на котором преобладает ель обыкновенная (*Picea obovata*) с примесью лиственницы и берёзы.

Географические координаты леса 50°76' с.ш. и 92°04' в.д., 50°74' с.ш. и 92°09' в.д. Рядом с лесом расположены населённые пункты Солчур и Хандагайты.

Климат территории исследования резко континентальный. Климатические данные были получены с метеостанции Чадан, расположенной в 66 км севернее от объекта исследования. По данным метеостанции г. Чадана (1975–2016 гг.) среднегодовая температура воздуха составляет $-1,4 \pm 0,9^\circ \text{C}$, среднегодовое количество осадков — $235,6 \pm 58,7$ мм. Зима продолжительная и холодная: средняя температура января — $-27,3 \pm 2,7^\circ \text{C}$, сумма температур выше 10°C — $1978,5$ С, гидротермический коэффициент — 1, коэффициент увлажнения (по: Н.Н. Иванову) — 0,3. Лето умеренно тёплое: средняя температура июля — $18,9 \pm 1,2^\circ \text{C}$, большая часть осадков выпадает в июле–августе, 81 % осадков выпадает с мая по август.

Островной лес Арыг-Бажы — один из сохранившихся уникальных лесных массивов, находящийся в ведении Чаданского лесничества (Овюрского участкового лесничества) (рис. 1). По целевому назначению он относится к категории лесопаркового леса. Согласно схеме лесорастительного районирования, территория исследования расположена по Южно-Таннуольскому округу горных степей, пристепных и горнотаёжных лиственничных лесов Центрально-Азиатской котловинно-горной лесорастительной области (Типы лесов ..., 1980).

Здесь произрастают разновозрастные насаждения, ценность представляют редкие лесные фитоценозы с елью обыкновенной, находящиеся в изолированном месте ~ в 10 км от сплошного распространения темнохвойного леса. Произрастание ельников-зеленомошников обусловлено существованием холодных ключевых источников.

В настоящее время в связи с ростом антропогенного воздействия наблюдается быстрое сокращение площади леса. Островной степной лес менее устойчив к природным и антропогенным воздействиям из-за изолированного расположения в степной зоне. Влияние выпаса скота проявляется, по кромкам полян и под куртинами деревьев в лесу, где скот находит убежище летом от зноя, зимой от мороза. Основной губительной формой воздействия на островной лес являются вырубki, быстрыми темпами производящиеся с начала 2000-х годов. На рисунке 1 представлен островной лес по данным Google.ru, сохранившиеся участки темнохвойного леса соответствуют тёмно-зелёному цвету.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Материалами для статьи послужили космические снимки Landsat-5 и Landsat-8. С учётом информативности съёмки были отобраны снимки за даты 06.07.1976 г. и 29.06.2017 г. При обработке космоснимков использована программа QGIS 2.18. Процесс дешифрирования космоснимков состоит

из отбора безоблачных снимков, предварительной их обработки, расчёта вегетационного индекса, интерпретации и анализа полученных изображений.



Рисунок 1. Островной лес Арыг-Бажы (фото: Google.ru)

При изучении растительного покрова с помощью космических снимков применяются комбинации зональных отношений яркости в виде вегетационных индексов. Наибольшее распространение получил универсальный индекс — нормализованный вегетационный индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). На значения индекса влияет состояние, видовой состав и сомкнутость растительного покрова. Значения индекса для растительности колеблется в пределах $0 < NDVI \leq 1$.

Плотность растительности (NDVI — нормализованный относительный индекс) в определённой точке изображения равна разнице интенсивностей отражённого света в красном и инфракрасном диапазоне, делённой на сумму их интенсивностей:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED),$$

где NIR — отражение в ближней инфракрасной области спектра, RED — отражение в красной области спектра (Rouse et al., 1974).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Площадь островного леса по данным снимка за 06.07.1976 г. составляла 1247,5 га (рис. 2 а). По построенному NDVI изображению через лес с севера на юг проведён профильный участок (красная прямая линия). Динамика NDVI профильного участка показывает, что значение нормализованного относительного индекса растительности колеблется в пределах 0,263–0,695, среднее значение NDVI составляет 0,475 (рис. 2 б). Как видно из динамики NDVI (рис. 2 в), наибольшая часть NDVI колеблется в основном между 0,4 и 0,6.

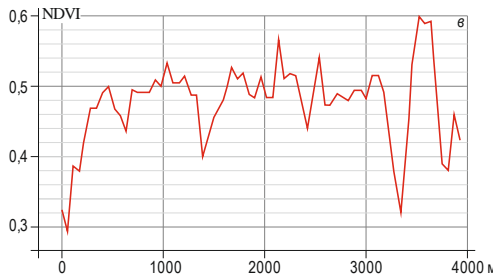
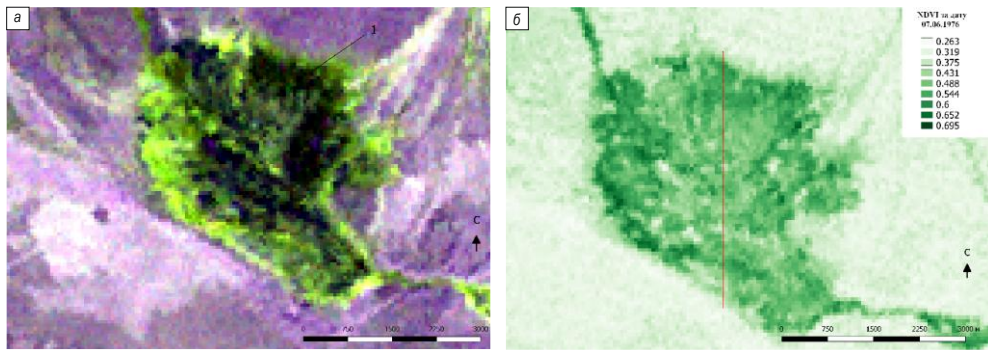


Рисунок 2
 а — 4-3-2 каналы снимка за 06.07.1976 г. (1 — соответствуют участкам с елью);
 б — NDVI-изображение (красная линия — профильный участок);
 в — динамика NDVI профильного участка.

Площадь темнохвойных насаждений по снимку за 29.06.2017 г. составляет ~260 га (рис. 3 а). Динамика NDVI профильного участка показывает, что значение нормализованного относительного индекса растительности колеблется в пределах 0,048–0,48, среднее значение NDVI — 0,348 (рис. 3 б). NDVI профильного участка подтверждает, что значение нормализованного относительного индекса растительности уменьшилось по сравнению с зафиксированным на снимке за 1976 г. Как видно из динамики NDVI, наибольшая часть значения NDVI колеблется в основном между 0,3 и 0,4 (рис. 3 в). На рисунке 3 б малые значения вегетационного индекса соответствуют группе пикселей с наименьшими значениями фитомассы на участках с вырубками.

По данным снимка за 26.04.2017 г. площадь сохранившихся участков леса составила 285,8 га (см. рис. 3 а). Анализируя космоснимки Landsat за 06.07.1976 и 29.06.2017 можно утверждать, что на протяжении 41 года площадь темнохвойного леса по причине вырубки, сократилась более чем на 50 %.

Построенные изображения NDVI дают представление о статистическом портрете островного леса в 1976 и в 2017 гг. Анализ данных вегетационного индекса NDVI за определённый временной период позволяет сделать вывод о деградации островного леса. Как видно из рисунка 3 а, значение индекса NDVI гораздо уменьшилось. Сокращение лесистости происходило главным образом за счёт истребления деревьев. Под влиянием вырубок большая часть леса полностью исчезла, его площадь существенно сократилась, причём значительная часть массива, расположенная рядом с населённым пунктом, трансформировалась в лугово-степное сообщество. В частности, в островном лесу Арыг-Бажы вследствие сокращения лесистости наблюдаются: потепление климата, деградация почв, лишённых защищающего их растительного покрова. В свою очередь, почвы создают менее благоприятные условия для существования и восстановления лесной растительности.

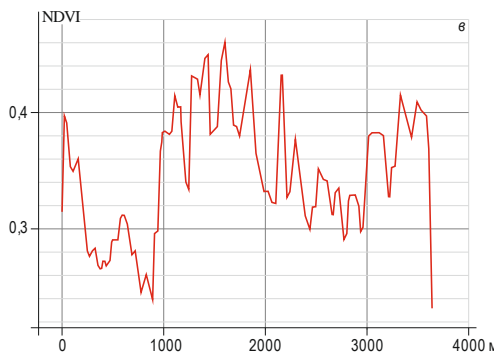
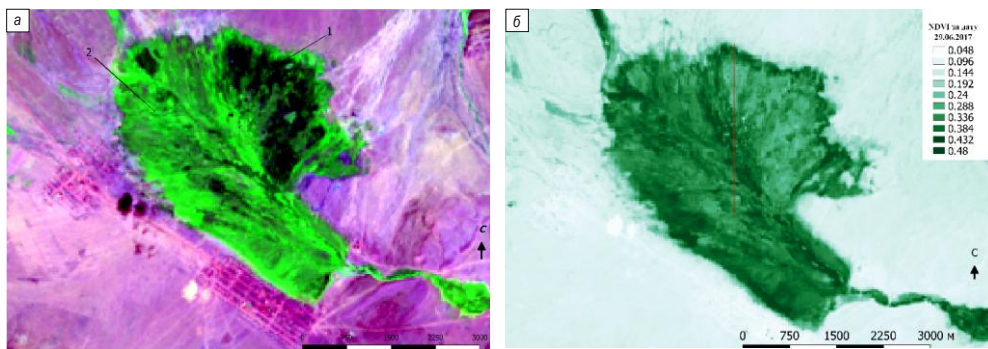


Рисунок 3

а — 6-5-4 каналы снимка за 29.06.2017 г. (1 — соответствуют участкам с елью, 2 — участки с вырубками);

б — NDVI-изображение (красная линия — профильный участок);

в — динамика NDVI профильного участка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Таким образом, результаты исследования островного леса по спутниковым изображениям свидетельствуют о значительных изменениях растительного покрова. В последние годы островной лес претерпевает существенную трансформацию, связанную с антропогенным прессингом. Космические снимки констатируют, что уникальный островной бореальный лес с 1976 по 2017 гг. существенно сокращён вырубками. Этим причинён большой экологический и экономический ущерб близлежащим населённым пунктам (посёлкам Солчур и Хандагайты). Приведённые данные свидетельствуют о быстром темпе негативных изменений в островном лесу из-за усиленного антропогенного воздействия. В сложившихся условиях необходимо разрабатывать меры по восстановлению островного леса.

Подводя итоги, можно сделать заключение о том, что восстановить уникальный темнохвойный лес посреди степи можно лишь при условии незамедлительного прекращения интенсивной хозяйственной деятельности и ежегодных восстановительных лесопосадок.

ЛИТЕРАТУРА

- Крашенинников И.М. Основные пути развития растительности Южного Урала в связи с палеогеографией северной Евразии в плейстоцене и голоцене // Советская ботаника. – 1939. – № 6–7. – С. 18–26.
- Растительный покров и естественные кормовые угодья Тувинской АССР / Куминова А.В., Седельников В.П., Маскаев Ю.М. и др. – Новосибирск: Наука, 1985. – 184 с.
- Тупы лесов гор Южной Сибири / Под ред. В.Н. Смагина, С.А. Ильинской, Д.И. Назимовой, И.Ф. Новосельцевой, Ю.С. Чередниковой. – Новосибирск: Наука, 1980. – 336 с.
- Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., Deering D.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS // Proceedings of the Third ERTS Symposium (10–14.12.1974, Washington). – Washington DC, 1974. – Vol. 1. – P. 309–317.