

Таким образом, уровень и качество засоления почвы определенным образом влияют на плотность произрастания и степень распространения представителей галофитной флоры. В основе устойчивости растений к солям лежат различные механизмы, к числу которых относится наличие лабильной ферментной системы, направляющей ход обменных процессов в сторону устойчивости растений к конкретным условиям среды и способной переключаться при ее изменении. Накоплением веществ, играющих защитную функцию, механизмов, регулирующих транспорт ионов из среды в клетки растений, созданием высокого осмотического потенциала, действием систем, нейтрализующих действие избытка солей [6, 7].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: МГУ, 1962.
- 2 Базилевич Н.И. Учет засоленных почв. // В кн. Методические рекомендации по мелиорации солонцов и учету засоленных почв. / Часть II. / Н.И. Базилевич, Е.И. Панкова. – М: Колос, 1970. – С. 80–111.
- 3 Боровский В.М. Формирование засоленных почв и галогеохимических провинций Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1982. – 161 с.
- 4 Бреслер Э., Макнил М. Солончаки и солонцы. Принципы, динамика, моделирование. – Л: Гидрометиздат, 1987. – С. 82–84.
- 5 Иллюстрированный определитель растений Казахстана // Академия наук Казахской ССР, Институт Ботаники. – Алма-Ата: Наука, 1969, 1972. Т.1. – 641 с. Т.2. – 566 с.
- 6 Иванова Н.А., Музычко Л.М. Механизмы адаптации растений к засолению в условиях Северного Казахстана // Материалы Международной научной конференции «Биологическое разнообразие азиатских степей». – Костанай: Издательский дом, 2007. – С. 53–56.
- 7 Музычко Л.М., Иванова Н.А. Экология распространения солеустойчивых растений // Материалы Международной научной конференции «Биологическое разнообразие азиатских степей». – Костанай: Издательский дом, 2012. – С. 40–45.
- 8 Тазабеков Т.Т. Описание и анализ почв. – Алма-Ата: «Кайнар», 1972.

#### **МОНИТОРИНГ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ ДЕШИФРИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ**

#### *MONITORING OF BIODIVERSITY OF FOREST ECOSYSTEMS BY INTERPRETATION THE HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGES*

**Рожков Ю.Ф., Рожкова О.Ю.**

*Государственный природный заповедник «Олекминский»,  
г. Олекминск, Россия, e-mail: olectazar\_nauka@yandex.ru*

С помощью дешифрирования космических снимков успешно определяются очаги лесных пожаров, нарушения ландшафтов в результате стихийных бедствий и антропогенных воздействий. При наличии снимков, охватывающих большие временные ряды, удается осуществлять мониторинг состояния наземных экосистем, описывать долговременные процессы. Например, успешно ведется мониторинг состояния лесов Австралии с помощью анализа космических снимков Landsat [1], оценивается состояние и использование сельскохозяйственных угодий [2], нарушение ландшафтов в связи с развитием промышленности [3], урбанизацией [4]. Можно проследить даже такой процесс, как инвазия инородных видов растений [5]. При использовании мультиспектральных снимков бореальных лесов, сделанных в течение всего вегетационного периода, можно проследить за процессом вегетации. При использовании снимков выбранной территории, сделанных в течение 10–20 лет, появляется возможность проследить за ходом та-

ких долговременных процессов, как восстановление лесов после пожаров, заболачивание, опустынивание. В настоящей работе показана перспективность использования дешифрирования космических снимков высокого разрешения в мониторинге бореальных лесов Юго-Западной Якутии.

**Цель исследования:** оценить возможности использования дешифрирования космических снимков в мониторинге биоразнообразия бореальных лесов на трех уровнях: оценка состояния лесов на момент съемки или картирования; оценка сезонных изменений состояния лесов преимущественно во время периода вегетации и расчет многолетних изменений исследуемых показателей на примере процесса восстановления лесов после пожара.

#### **Материалы и методы.**

Для осуществления непрерывного мониторинга за состоянием бореальных лесов использовалось дешифрирование мультиспектральных космических снимков высокого разрешения Landsat TM/ETM+, Aster, Spot (15 снимков Landsat, сделанных в период с 1995 по 2010 гг., 3 снимка Aster, 9 снимков Spot). Все снимки прошли радиометрическую и геометрическую коррекцию. Исследования проводились на территории Юго-Западной Якутии на территории площадью 1 млн. га. Для обработки космических снимков использовался пакет программ ENVI-4.0, ArcView-3.3 с модулями ImageAnalyst, SpatialAnalyst. В качестве показателей, с помощью которых осуществлялся мониторинг состояния лесов, были использованы индекс вегетации (NDVI) и показатель изменения оптической плотности (с помощью инструмента «difference» и «тематическая разница»). Кроме того, использовался инструмент «классификация» (с обучением и без обучения) [6], основанный на методе “isodata”. Пересчет с пикселей на площади производился исходя из технических характеристик снимков Landsat, Aster, Spot-2, для которых пространственное разрешение составляет 30 метров на пиксель. Один пиксель имеет сторону 30 м, поэтому площадь пикселя  $900 \text{ м}^2$ .

#### **Основные результаты и выводы.**

##### **1. На первом уровне мониторинга или картирования на момент съемки:**

Показатель NDVI дает оценку состояния биомассы растений и её продуктивности, а показатель Image Difference дает характеристику оптической плотности и позволяет оценить плотность древостоя. Диапазон изменений индекса вегетации (NDVI) от минус 0,3 до +0,65, а Image Difference от минус 35 до +350.

##### **2. На втором уровне мониторинга или оценке сезонных изменений:**

2.1 Показатель NDVI позволяет оценить ход процесса вегетации и рассчитать годовую продуктивность разных типов бореальных лесов. Показано, что кривая вегетации лиственных и березовых лесов имеет одновершинный характер с максимумом в июле, тогда как кедровые, еловые и сосновые леса имеют двувершинную кривую вегетации с максимумами в июле и сентябре (Рис. 1).

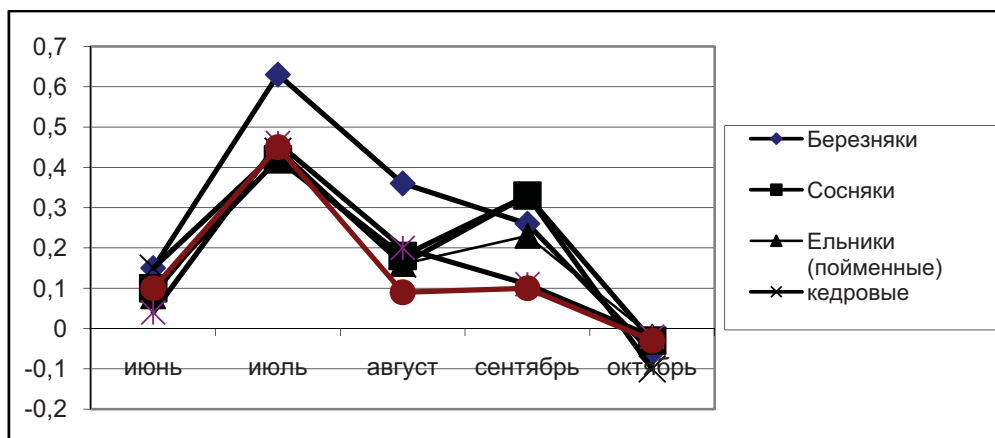


Рис. 1. Кривая вегетации в лесах разного типа в течение вегетационного периода

2.2 Между показателем NDVI и продуктивностью существует функциональная зависимость, описываемая уравнением:  $Y = 1490 X$ , где  $Y$  – продуктивность экосистем в  $г/м^2/год$ ;  $X$  – значения NDVI.

Поэтому годовая продуктивность различных типов бореальных лесов с суммой продуктивностей за 4 месяца с июня по сентябрь. В другие месяцы NDVI имеет отрицательные значения и продуктивность отсутствует.

Расчеты показали, что наибольшая продуктивность (Табл.1) характерна для березняков и лиственничников разнотравных – 348,0 и 298,2  $г/м^2$  в год соответственно; наименьшие значения продуктивности характерны для кедровостланниковых лесов и ельников (пойменных) – 168,0 и 183,8  $г/м^2$  в год соответственно.

Таблица 1

Продуктивность основных типов бореальных лесов

| Тип леса                    | июнь                                        | июль  | август | сентябрь | Продуктивность лесов за весь период вегетации (г/м <sup>2</sup> в год) |
|-----------------------------|---------------------------------------------|-------|--------|----------|------------------------------------------------------------------------|
|                             | Продуктивность г/м <sup>2</sup> в месяц (Р) |       |        |          |                                                                        |
| Лиственничник разнотравный  | 27,4                                        | 134,2 | 64,6   | 72,0     | 298,2                                                                  |
| Лиственничник багульниковый | 10,0                                        | 106,8 | 44,8   | 57,2     | 218,8                                                                  |
| Кедровые леса               | 37,2                                        | 109,2 | 38,8   | 82,0     | 267,2                                                                  |
| Кедровый стланик            | 2,4                                         | 99,4  | 38,8   | 27,4     | 168,0                                                                  |
| Сосняки                     | 2,4                                         | 94,4  | 36,2   | 57,2     | 190,2                                                                  |
| Березняки                   | 37,2                                        | 156,4 | 89,8   | 64,6     | 348,0                                                                  |
| Ельники (пойменные)         | 2,4                                         | 99,4  | 34,8   | 47,2     | 183,8                                                                  |

2.3 По показателю IMAGEDifference, сделанному в разные месяцы (между летними и осенними месяцами), появляется возможность разделить участки лесов, состоящие из листопадных, хвоепадных пород и хвойных пород, сохраняющих хвою в течение всего года. Поэтому удаётся дифференцировать сосновые, кедровые, еловые леса – с одной стороны и березовые, лиственничные, ольховые – с другой. Оптическая плотность лесов после опадения листьев и хвои уменьшается.

Нами была рассчитана разность между снимками, сделанными в июле, сентябре и октябре. Разность рассчитывалась попарно июль-сентябрь, июль – октябрь, сентябрь-октябрь по всем трем каналам (R, G, B или каналы 1; 2; 3). Расчет соотношения осуществлялся между первым каналом одного снимка и первым каналом второго снимка, затем между вторым и третьим каналами этой же пары.

Чем реже древостой и меньше остается хвои, тем больше значения отношений (Табл. 2). В случае сосняков часто отмечается отрицательные значения отношений – (там, где древостой наиболее густой, и проницаемость света хуже). По величине разностей между каналами появляется возможность оценить пропорции сосны и лиственницы, сомкнутость крон в смешанных лесах.

Таблица 2

Возможность дифференциации лиственничных и сосновых лесов

| Тип леса                | Разность каналов июль-сентябрь |     |     | Разность каналов сентябрь-октябрь |     |     |
|-------------------------|--------------------------------|-----|-----|-----------------------------------|-----|-----|
|                         | B                              | G   | R   | B                                 | G   | R   |
| Сосняк на склоне редкий | 72                             | 50  | 3   | 56                                | 36  | 25  |
| Сосняк на склоне густой | 50                             | 12  | -25 | 30                                | 10  | -8  |
| Лиственничник редкий    | 180                            | 130 | 86  | 150                               | 120 | 120 |
| Лиственничник густой    | 120                            | 90  | 50  | 100                               | 95  | 90  |
| Лиственничник с сосной  | 95                             | 42  | 2   | 73                                | 28  | 22  |
| Лиственничник чистый    | 173                            | 122 | 79  | 152                               | 118 | 116 |

3. На третьем уровне мониторинга – оценке многолетних изменений состояния бореальных лесов – на примере процесса восстановления лесов после пожара.

3.1 Индекс **NDVI** используется в **долговременном мониторинге** состояния бореальных лесов. На примере анализа процесса восстановления лесов после пожара показано, как происходит зарастание пустошей, образовавшихся на месте пожара 1985 года (Рис. 2).

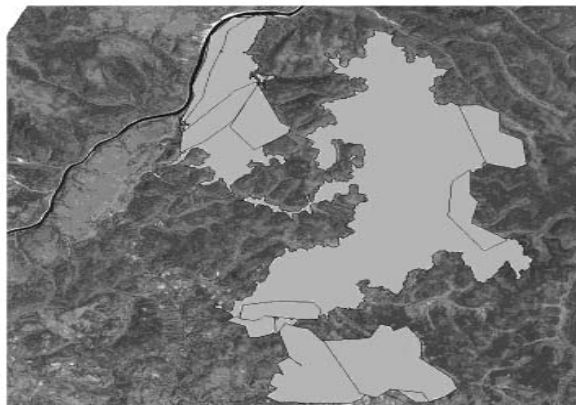


Рис. 2. Граница зарастающего пожара 1985 года

На месте зарастающей гари происходит увеличение индекса вегетации за счет поросли. При этом за период с 1995 по 2004 гг. зарастание более плавное, а за период с 2004 по 2009 гг. – зарастание стремительное (Рис. 3).

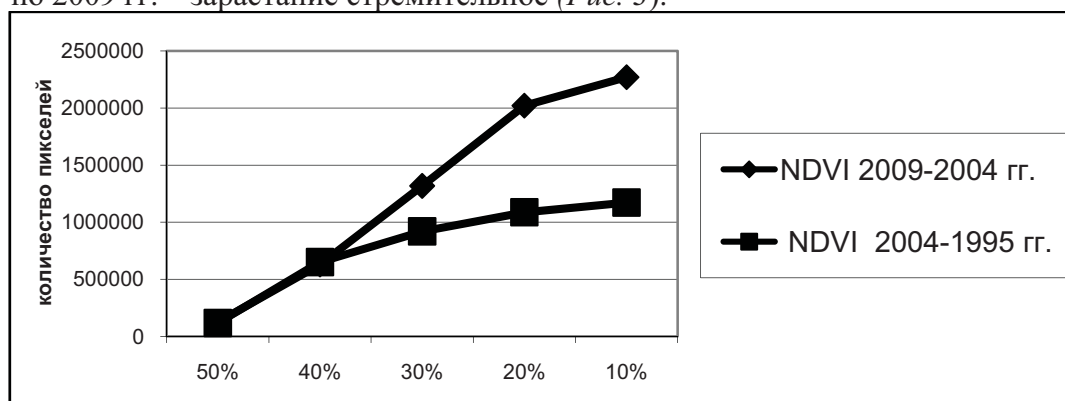


Рис. 3. Изменение скорости зарастания гари по изменению индекса вегетации

Кроме того, определялись площади, на которых произошло изменение индекса NDVI. За период с 1995 по 2004 гг. на площади, пройденной пожаром (40773 га), зарегистрировано увеличение продуктивности на 75% площади. Причем масштабы увеличения продуктивности были разными: на 50% – 117130 пикселей, или 1054 га; на 40% – 480825 пикселей, или 4350 га; на 30 % – 1311670 пикселя, или 11805 га; на 20% – 2573325 пикселей, или 23160 га; на 10 % – 3468645 пикселя, или 31218 га.

3.2 Использование показателя Image Difference на снимках, сделанных с интервалом в 10 лет (1995, 2004, 2008 гг.), позволяет вычлнить изменения в породном составе древостоя, сомкнутости крон на месте пожара 1985 года (спустя 10 и 20 лет со времени пожара).

Спустя 10 лет после пожара (на снимке 1995 года) площади покрытой лесом территории распределились следующим образом:

- открытые пространства и пустоши – 12%;
- редколесья – 43%;
- леса с сомкнутостью крон 20% занимают 26% площади;
- леса с сомкнутостью крон 40% занимают 8% площади;

- леса с сомкнутостью крон 60% занимают 10% площади;
- густые леса (сомкнутость крон больше 60%) занимают 1% площади.

Спустя 24 года произошло увеличение оптической плотности на снимках в районе зарастающей гари. При этом с помощью инструмента «Image Difference» было определено, насколько изменилась оптическая плотность по мере зарастания гари. На Рис. 4 показано, как происходит зарастание гари. Увеличение площадей, занятых разными породами на зарастающей гари 1985 года, выглядит следующим образом:

- на 10% – увеличение оптической плотности на площади 30431 га;
- на 30% – увеличение оптической плотности на площади 19310 га;
- на 40% – увеличение оптической плотности на 12781 га;
- на 50% – увеличение оптической плотности на площади 9817 га;
- на 70% – увеличение оптической плотности на площади 4284 га.

При этом можно определить изменение площадей, занимаемых разными породами. Если на снимке 1995 года площадь пустошей и редколесий составляет 20514 га, то на снимке 2004 года площадь пустошей и редколесий уменьшилась до 17833 га, а в 2008 году до 13835 га – за счет зарастания порослью лиственницы, березы и сосны. Площадь, занимаемая лиственничниками, увеличилась с 15900 га в 1995 году до 22774 га в 2008 году. Площадь березняков увеличилась с 4467 га в 1995 году до 7083 га в 2008 году.

**Закключение.** На основании результатов дешифрирования космических снимков приводятся результаты мониторинга состояния лесов на трех уровнях: оценка состояния на момент съемки или картирование по данному показателю, оценка сезонных изменений, преимущественно во время периода вегетации, и оценка многолетних изменений показателей на примере процесса восстановления лесов после пожара. При оценке сезонных изменений индекса вегетации были построена кривая индекса вегетации для разных пород.

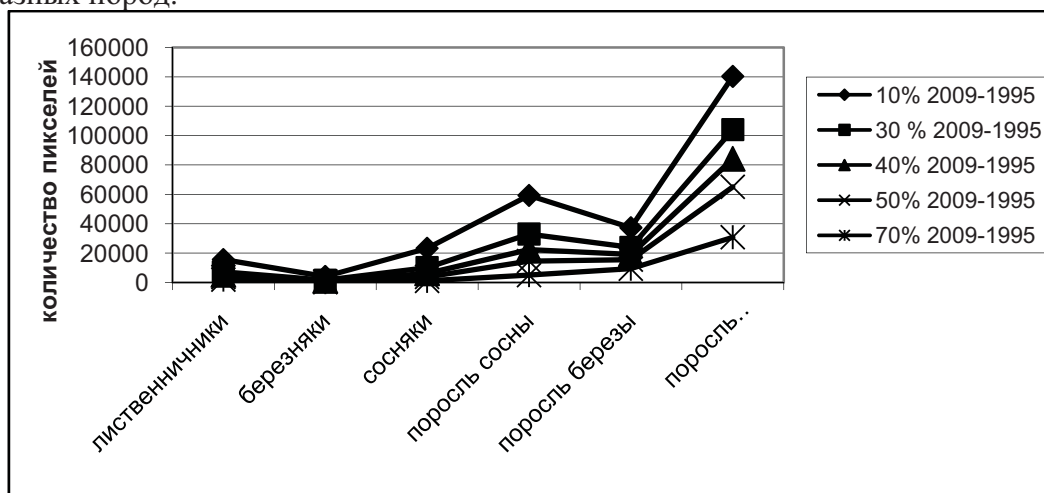


Рис 4. Увеличение площадей, занятых лесом на гари, в период с 1995 по 2009 гг.

Показано, что березовые и лиственничные леса имеют одновершинную кривую вегетации с максимумом в июле, тогда как кедровые и сосновые леса имеют двувершинную кривую вегетации с максимумами в июле и сентябре. Была рассчитана годовая продуктивность бореальных лесов. Благодаря определению Image Difference, удалось дифференцировать разные древесные породы, разделить участки лесов, состоящие из листопадных, хвоепадных пород и хвойных пород, сохраняющих хвою в течение всего года. Оптическая плотность лесов после опадения листьев и хвои уменьшается. С использованием космических снимков исследуемой территории, сделанных в интервале 15 лет (с 1995 по 2009 гг.), удалось проследить динамику зарастания гари на месте пожара 1985 года. Показано, на каких площадях и в каких масштабах происходит за-

растание пустошей и редколесий, образовавшихся на месте пожара, за счет поросли лиственницы, березы и сосны.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Lehmann E.A., Wallace J.F., Caccetta P.A., Furby S.A. and Zdunic K., "Forest cover trends from time series Landsat data for the Australian continent," *Int. Journ.of Appl.Earth Observation and Geoinformation*, 21,453–462 (2013).

2 Prishchepov A.V., Radeloff V.C., Dubinin M. and Alcantara C., "The effect of Landsat ETM/ETM+ image acquisition dates on the detection of agricultural land abandonment in Eastern Europe," *Remote Sensing of Environment*, 126, 195–209 (2012).

3 Linke J., McDermid G. J. "Monitoring landscape change in multi-use west-central Alberta, Canada using the disturbance-inventory framework," *Remote Sensing of Environment*, 125,112-124 (2012).

4 Vila P., "Mapping urban growth using Soil and Vegetation Index and Landsat data: The Milan (Italy) city area case study," *Landscape and Urban Planning*, 107(3), 245–254 (2012).

5 Gavier-Pizarro G.I., Kuemmerle T., Hoyos L.E., Stewart S. I., Huebner C.D., Keuler, N.S. and Radeloff, V.C., "Monitoring the invasion of an exotic tree (*Ligustrum lucidum*) from 1983 to 2006 with Landsat TM/ETM+ satellite data and Support Vector Machines in Córdoba, Argentina," *Remote Sensing of Environment*, 122, 134–145 (2012)

6 ArcViewImageAnalysis. Руководство пользователя. – М: Дата+, 1998. – 214 с.

#### **К ВОПРОСУ ОБ ОРНИТОФАУНЕ СОЛЕННЫХ ОЗЕР ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «РОСТОВСКИЙ»**

#### *TO THE QUESTION OF AVIFAUNA OF SALTY LAKES OF THE NATIONAL NATURAL PARK "ROSTOVSKII"*

**Рыбцова В.В., Тихонов А.В.**

*Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия,  
e-mail: rybcova\_viktorija@rambler.ru; shtirl.rsu@list.ru*

Государственный природный заповедник «Ростовский» был основан в 1995 году на юго-востоке Ростовской области, на побережье Пролетарского водохранилища (озеро Маныч-Гудило) [1], в 2008 году он получил статус биосферного резервата [2]. Земли, которые вошли в заповедник ранее, подвергались серьезному антропогенному прессингу, что негативно сказывалось на состоянии фауны региона [4]. После организации охраны началось восстановление ландшафтов. Одним из показателей состояния ландшафтов, входящих в заповедные земли, является состояние орнитофауны. Птицы как мобильная группа чутко реагируют на антропогенный прессинг и являются модельными объектами для мониторинговых исследований. В данной работе мы рассматриваем состояние орнитофауны соленых озер и их окрестностей, расположенных на территории охранной зоны заповедника. Так как земли в охранной зоне не изымаются из хозяйственного оборота, то на орнитофауне этих участков продолжает сказываться антропогенное воздействие, доминирующей формой которого на соленых озерах является фактор беспокойства [4]. Изучение фауны и экологии птиц велось маршрутным методом, путем визуальных наблюдений и инструментальным методом с использованием биноклей БПЦ 10х50 и БПЦ 12х45 по общепринятым методикам [5], [6].

Во время работ 23.06.12–23.07.12, 26.10.12–28.10.12, 8.03.13–10.03.13, 20.04.13–21.04.13, 2.05.13–10.05.13 г. нами были обследованы озера: Лебяжье, Круглое, Грузское, пруд около п. Стрепетов. На этой территории были отмечены 29 видов птиц, относящихся к 20 семействам и 10 отрядам. Видовой и количественный список представлен табл. 1.