

УДК 574.4/.5:004.031.2

А.Г. Шарикалов, М.В. Якутин

Анализ состояния таежных экосистем с использованием методики автоматизированного дешифрирования

A.G. Sharikalov, M.V. Yakutin

The Analysis of Taiga Ecosystems Condition Applying Automatic Decoding Method

Предложена методика автоматизированного дешифрирования территорий в северной тайге Западной Сибири, занятых природными и антропогенно-трансформированными экосистемами. Проведен анализ 50 месторождений нефти и газа, находящихся на различных стадиях освоения и расположенных на территории Пуровского района Ямало-Ненецкого автономного округа. На основе разработанного алгоритма методом «дерево решений» в программном комплексе ITTVIS ENVI 4.8 проведен анализ нормализованного вегетационного индекса растительности и результатов преобразования Tasseled Cap по летним безоблачным космическим снимкам, полученным со спутников Landsat 5 TM и Landsat 7 ETM+. Также выполнена оценка точности разработанного алгоритма путем сравнения результатов автоматизированного дешифрирования с результатами эталонного дешифрирования того же космического снимка. Показана высокая эффективность предложенной методики при дешифрировании водных и лесных угодий, прежде всего наиболее ценных хвойных лесов. Обсуждается возможность ее применения при мониторинге других видов выделов, а именно лиственного леса, болот, объектов промышленности, деградированных земель.

Ключевые слова: Западная Сибирь, северная тайга, нефтегазодобыча, антропогенный пресс, дистанционное зондирование земли, мониторинг.

DOI 10.14258/izvasu(2014)3.1-22

Работа по инвентаризации лесов, основанная на контурном дешифрировании многозональных космических снимков и натурной таксации насаждений, характеризуется большой трудоемкостью, но позволяет получать результаты с достаточно высокой точностью. Например, запасы на 1 га определяются с точностью 12–15% [1]. Дополнительная трудность при анализе космических снимков заключается в том, что полученные спектральные характеристики разновременных изображений существенно зависят от условий и времени съемки, типа подстилающей поверхности и других факторов. Для устранения искажений и нормализации изображений выполняется специальная обработка снимков, позволяющая нормировать яр-

The automatic decoding method for analysis of the territories occupied by natural and anthropogenic-transformed ecosystems in the northern taiga of Western Siberia is offered. The fifty oil and gas fields which are in the different stages of development and located on the territory of Purovsk district of Yamalo-Nenets Autonomous Okrug have been analyzed. Based on the developed algorithm by the «Decision Tree» method in the software package ITTVIS ENVI 4.8 the normalized vegetation index and Tasseled Cap transformation results have been analyzed using summer cloudless satellite images obtained from Landsat 5 TM and Landsat 7 ETM+. Also, the accuracy evaluation of the algorithm has been made by comparing the results of the automatic decoding method with the results of the visual pattern recognition of the same satellite image. High efficiency of the offered method is shown at recognition of the water and forest territories, especially the most valuable needle-leaved forests. Also the possibility of its application at the space monitoring of the other territories: deciduous forest, wetlands, industries, degraded lands is discussed.

Key words: Western Siberia, northern taiga, oil and gas recovery, anthropogenic load, remote sensing, monitoring.

кости. Существует большое количество алгоритмов обработки, но большинство из них можно использовать только в определенных условиях и для конкретных объектов [2].

Цель данной работы состояла в разработке алгоритма автоматического дешифрирования космических снимков для анализа состояния таежных экосистем на территориях месторождений нефти и газа в подзоне северной тайги Западной Сибири.

В качестве объектов исследования выбраны 50 месторождений нефти и газа в Пуровском районе ЯНАО. Из них 31 месторождение находилось на стадии разработки, и 19 месторождений на момент исследования по тем или иным причинам еще не были

введены в эксплуатацию (доразведка запасов, отсутствие технической возможности либо экономической целесообразности промышленной разработки и т.п.). Область исследования возле каждого месторождения была ограничена пространственным контуром месторождения (зоной нефтегазоаккумуляции) [3; 4].

Исследование территорий месторождения углеводородов выполнялось по материалам дистанционного зондирования Земли. Использовались спутниковые снимки Landsat 7 ETM+ и Landsat 5 TM, которые предоставлены геологической службой правительства США (U.S. Geological Survey) в рамках проекта Glovis [5–7]. Проведено сравнение летних безоблачных космических снимков, полученных со спутника Landsat 5 TM, двадцатилетней давности и за последние несколько лет. В исключительных случаях при отсутствии иных данных необходимой давности использовались снимки, полученные со спутника Landsat 7 ETM+ до поломки корректора линий сканирования (1999–2003 гг., режим SLC-on).

В целях выделения наиболее значимых спектральных признаков на множестве регистрируемых диапазонов использовались нормализованный относительный индекс растительности (NDVI), а также преобразование Tasseled Cap. Нормализованный относительный индекс растительности является простым показателем количества фотосинтетической активности биомассы. Плотность растительности в определенной точке изображения равна разнице интенсивностей отраженного света в красном и инфракрасном диапазонах, деленной на сумму их интенсивностей [8]. Расчет вегетационного индекса базируется на двух наиболее стабильных

участках спектральной кривой отражения сосудистых растений. В красной области спектра (0,6–0,7 мкм) лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области (0,7–1,0 мкм) находится область максимального отражения клеточных структур листа. Отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять растительные объекты от прочих природных объектов и анализировать их. Использование же не простого отношения, а нормализованной разности между минимумом и максимумом отражений увеличивает точность измерения и позволяет уменьшить влияние таких явлений, как различия в освещенности снимка, облачности, дымки, поглощение радиации атмосферой и проч. [9].

Благодаря особенности отражения в используемых вегетационным индексом областях спектра природные объекты, не связанные с растительностью, имеют фиксированное значение NDVI, что позволяет применять этот параметр для их идентификации [8]. Изучая отображенные на снимках объекты в различных диапазонах электромагнитного спектра, можно отметить, что их спектральные яркости хотя и отличаются, но сильно скоррелированы. Таким образом, система измерений не образует ортогональный базис. Преобразование Tasseled Cap осуществляет переход из пространства измерений спектральных яркостей объектов в пространство признаков, связанных со свойствами заданного класса объектов [10]. В качестве примера на рисунке 1 приведен результат преобразования космического снимка Landsat 5 TM на территорию Новогоднего месторождения.

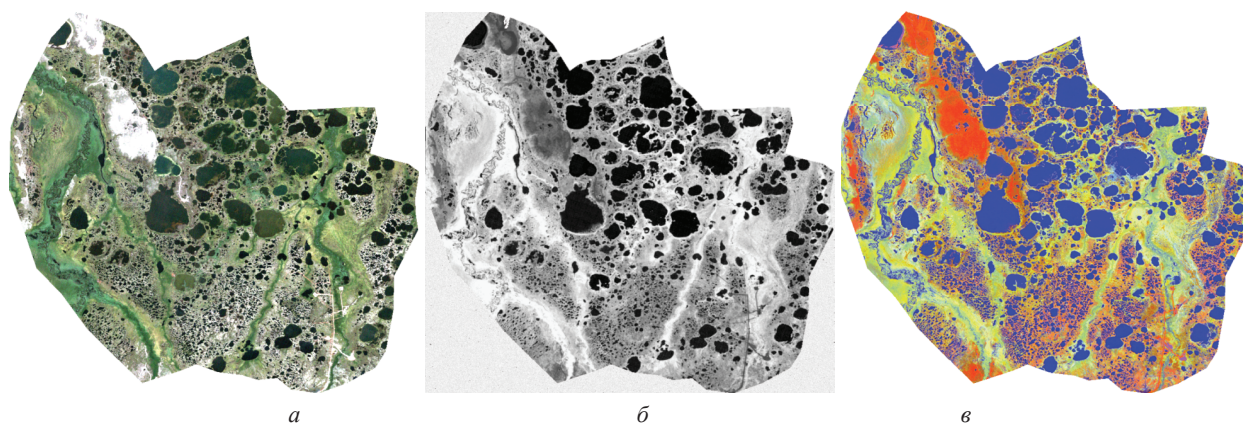


Рис. 1. Результат преобразования космического снимка на территорию Новогоднего месторождения: *а* — снимок со спутника Landsat 5 TM; *б* — индекс NDVI; *в* — результат преобразования Tasseled Cap

Для получения базовых векторов выбраны три типа объектов: яркость — Brightness, «зеленость» — Greenness, и влажность — Wetness. Для определения расположения векторов, характеризующих эти признаки, использовались усредненные измерения

спектральных яркостей трех типов объектов чистой почвы, растительности и водной поверхности соответственно. Для определения коэффициентов преобразования Tasseled Cap в данной работе использовались стандартные коэффициенты преобразования

Tasseled Cap для спутниковых снимков Landsat 5 TM и Landsat 7 ETM+, заложенные в программный продукт ENVI 4.8 [11].

Для выполнения задачи дешифрирования большого объема площадей в установленный срок необходимо применение метода автоматизации. Для этого в настоящей работе разработана методика классификации данных методом «дерева решений». Под классификацией понимается метод обработки информации при изучении новых объектов и явлений, основанный на отнесении изучаемых объектов к известным классам и, если требуется, на образовании новых классов и их упорядочении. Метод «дерева решений» позволяет предсказывать принадлежность наблюдений или объектов к тому или иному классу категориальной зависимой переменной в зависимости от соответствующих значений одной

или нескольких независимых переменных. За основу в процессе классификации видов земельных угодий была взята универсальная система классификации данных на основе аэро- и космических снимков, разработанная в США. Использован первый и частично второй уровни детализации категорий угодий, а именно: водные поверхности, хвойные леса, лиственные и смешанные леса, застроенные земли, лишенные растительного покрова территории, заболоченные земли [11].

При обработке результатов проведена классификация данных с использованием вегетационного индекса, а также результата преобразования Tasseled Cap (рис. 2). К одному из важных достоинств этого метода классификации можно отнести то, что построенное «дерево решений» может быть сохранено и использовано для любого другого набора данных.

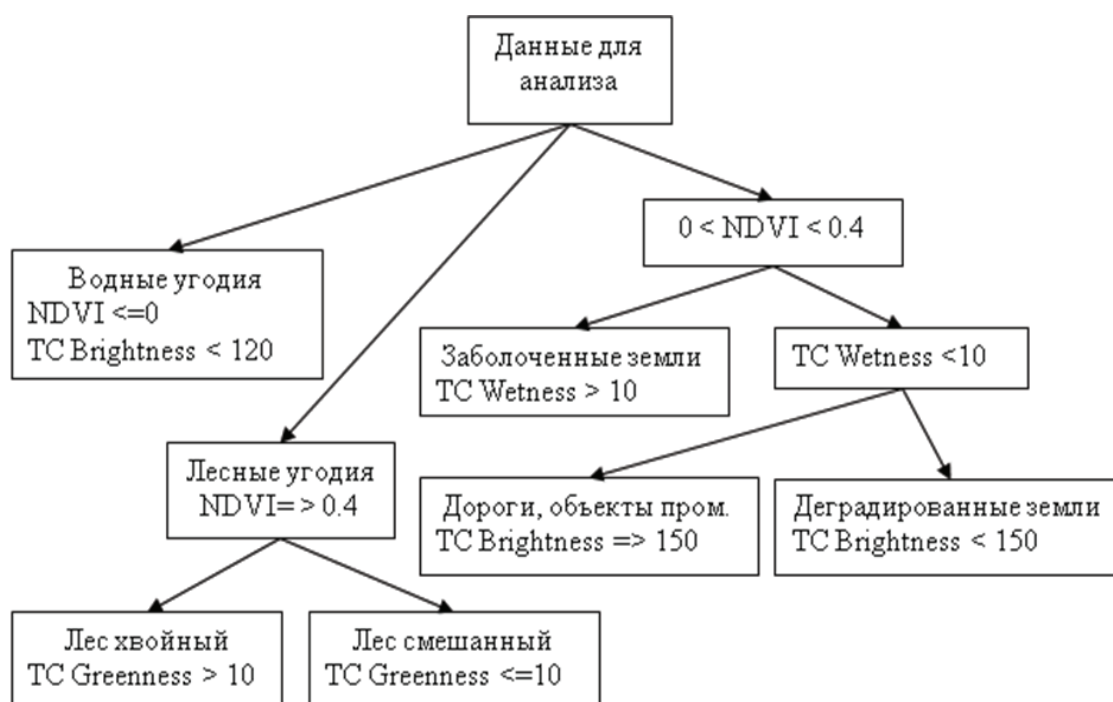


Рис. 2. Вид «дерева решений», используемого для классификации

Пороговые значения критериев разделения типов угодий подбирались для каждого снимка индивидуально с учетом периода вегетации, условий освещенности, ландшафтных особенностей и др. Результат классификации сравнивался визуально с имеющимися топографическими картами на исследуемую территорию масштабов 1 : 500000 — 1 : 100000, в случае необходимости проводились редактирование критериев разделения типов угодий и повторный анализ.

Для оценки качества результатов, полученных с использованием разработанного метода, проведена оценка точности автоматического дешифриро-

вания. В качестве примера на рисунке 3 приведен результат автоматического дешифрирования (классификации) по разработанной методике и эталонного дешифрирования космического снимка на территорию Сугмутского нефтяного месторождения (2011 г. съемки), которое находится в разработке с 1995 г. и характеризуется значительными площадями объектов промышленности, инженерной и транспортной инфраструктуры, а также наличием деградированных (лишенных растительности, незастроенных) земель. Результаты сравнения данных представлены в таблице.

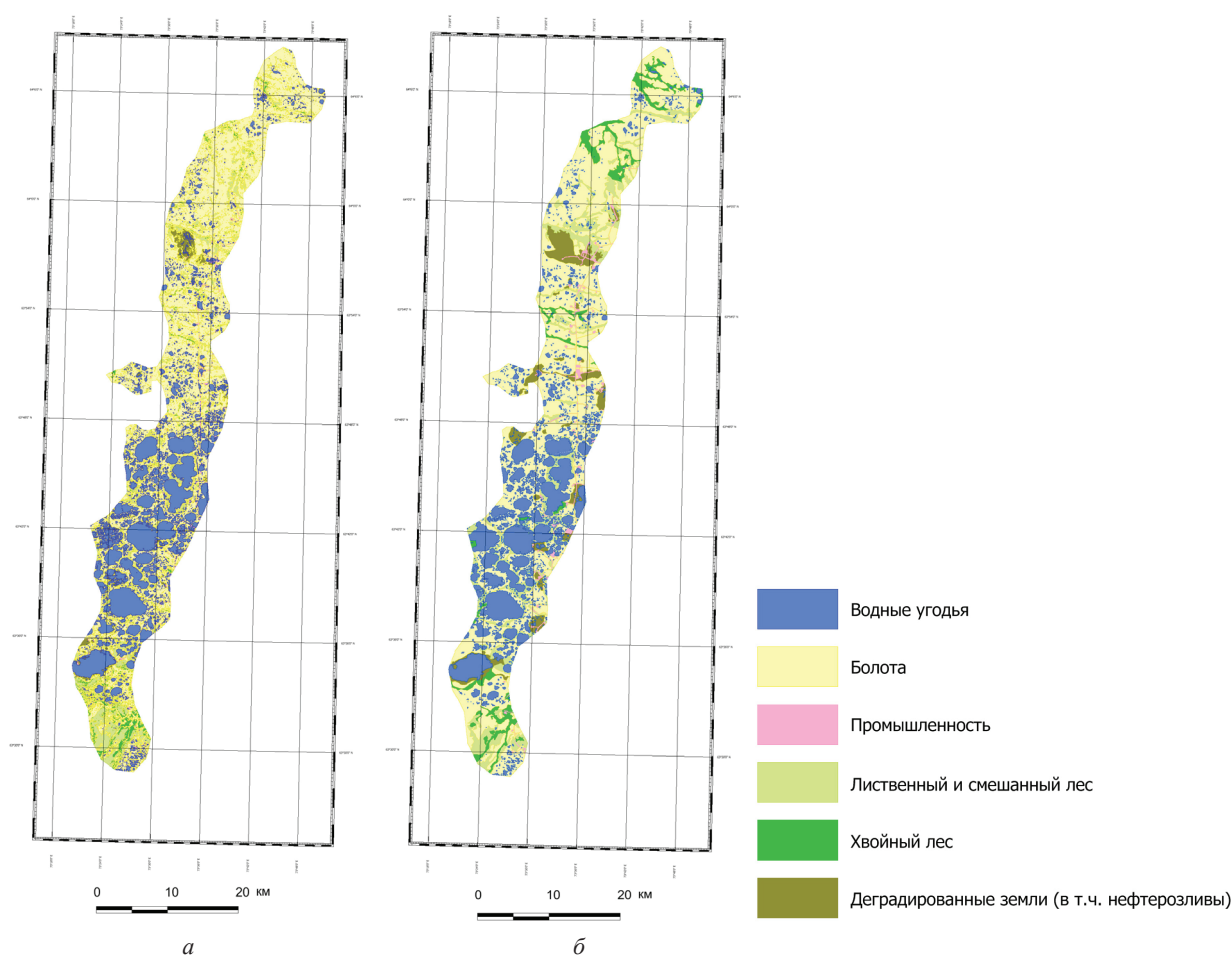


Рис. 3. Результаты автоматической классификации (а) и эталонного дешифрирования (б) на территорию Сугмутского нефтяного месторождения

Оценка точности результатов автоматического дешифрирования
(Сугмутское нефтяное месторождение, снимок 2011 г.)

Выдел	Доля площади занимаемой выделом, %		Площадь, занимаемая выделом, км ²		Относительное отклонение, %
	автоматическое дешифрирование	эталонное дешифрирование	автоматическое дешифрирование	эталонное дешифрирование	
Деградированные земли	7,94	6,15	39,87	30,87	+29,11
Водные угодья	23,14	22,72	116,20	114,10	+1,84
Объекты промышленности	2,25	2,05	11,31	10,31	+9,76
Хвойный лес	5,44	5,45	27,29	27,35	-5,45
Лиственный лес	8,05	11,45	40,43	57,47	-29,69
Болота	53,18	52,18	267,00	262,00	+1,92
Общая площадь	100,00	100,00	502,10	502,10	

В результате оценки точности результатов дешифрирования можно сделать вывод о высоком качестве выделения территорий, занятых хвойными лесами (относительное отклонение 5,5%) и водно-болотны-

ми угодьями (относительное отклонение 1,8–1,9%). Низкая точность результатов автоматического дешифрирования (классификации) данных по выделам: лиственный лес, деградированные земли, объек-

ты промышленности, — указывает на необходимость использования иного алгоритма классификации либо исходного набора данных для более точного их выделения и соответствующих вычислений.

Таким образом, предложенная методика автоматического дешифрирования природно-территориальных комплексов может быть, безусловно, рекомендо-

вана для оценки состояния водных и лесных угодий (хвойные леса) и может существенно облегчить мониторинговые работы. Автоматическое дешифрирование с достаточной точностью других выделов в таежной зоне с помощью данной методики пока не может быть рекомендовано и требует дальнейших исследований.

Библиографический список

1. Некос А.Н., Некос В.Е., Шукин Г.Г. Дистанционные методы исследований природных объектов. — СПб., 2009.
2. Алтынцев М.А. Разработка методик автоматизированного дешифрирования многозональных космических снимков высокого разрешения для мониторинга природно-территориальных комплексов : автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Новосибирск, 2011.
3. Схема территориального планирования муниципального образования Пуровский район, утвержденная решением и.о. Главы муниципального образования Пуровский район от 22.04.2010 № 433.
4. Клещев К.А., Шеин В.С. Нефтяные и газовые месторождения России : справочник : в 2 кн. — Кн. 2 : Азиатская часть России. — М., 2010.
5. Wolfe R.E., Nishihama M., Fleig A.J. Achieving Sup-Pixel Geolocation Accuracy in Support of MODIS Land Science // Remote Sens. Environ. — 2002. — V. 83.
6. Шарикалов А.Г., Якутин М.В. Динамика лесных экосистем на территориях месторождений углеводородного сырья в подзоне северной тайги Западной Сибири // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгресс : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов : в 2 т. — Новосибирск, 2012. — Т. 2.
7. Шарикалов А.Г., Якутин М.В. Геоэкологический анализ состояния антропогенных экосистем // Вестник Сибирской государственной геодезической академии: науч.-технич. журнал. — 2011. — Вып. 3 (16).
8. Asner G.P., Hicke J.A., Lobell D.B. Per-Pixel Analysis of Forest Structure. Vegetation Indices, Spectral Mixture Analysis and Canopy Reflectance Modeling // Remote Sensing of Forest Environments. Concepts and Case Studies. — New-York, 2003.
9. Gis-Lab: NDVI. Теория и практика [Электронный ресурс]. — URL: <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html>.
10. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. — М., 2006.
11. Трифонова Т.А., Мищенко Н.В., Краснощеков А.Н. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях : учебное пособие для вузов. — М., 2005.