

УДК 528.94; 581.5

Технологии дистанционного зондирования для установления структуры лесоболотных комплексов ключевого участка «Бакчарский»

Егор А. Дюкарев*,
Нина Н. Пологова, Евгения А. Головацкая
*Институт мониторинга климатических
и экологических систем СО РАН,
634055 Россия, Томск, пр. Академический, 10/3¹*

Received 22.10.2008, received in revised form 30.10.2008, accepted 29.12.2008

Проведено картирование растительности района Бакчарского болотного массива на основе анализа снимка Landsat и полевого обследования ключевого участка. При дешифрировании снимка использовалось разделение территории на крупные области (водораздельные, террасные и незаболоченные области) и последующая их классификация. На исследуемой территории выделено 24 типа растительности.

Ключевые слова: спутниковые снимки, классификация растительности, болотные экосистемы.

Введение

Использование космических снимков для комплексного исследования природных объектов актуально при исследовании труднодоступных и сильнозаболоченных территорий Западной Сибири. Устойчивая структура болотных массивов хорошо отражается на космических снимках благодаря индикационным свойствам болотных микроландшафтов в изменении структуры изображения и текстуры в пределах однородных контуров [8, 9]. Исследование пространственной структуры природного многообразия микроландшафтов болотных массивов проводится по мультиспектральным спутниковым изображениям с применением методов экспертного дешифрирования. Использование результатов наземных подспутниковых исследований значительно повышает точность дешифрирования космических снимков [2, 3]. Карты, составленные по результатам дистанционного зондирования, позволяют не только оценить площади лесов, болотных ландшафтов, сельскохозяйственных угодий, но и выявить повреждение лесных массивов, определить источники повреждений, выполнить анализ биологических характеристик растительности.

Космические снимки позволяют обнаруживать различные виды нарушения естественного состояния природных систем. В частности, с помощью космических снимков можно оценивать

* Corresponding author E-mail address: egor@imces.ru

¹ © Siberian Federal University. All rights reserved

возмущающее воздействие на растительный покров хозяйственной деятельности, вырубок лесов, пожаров, гибели растительного покрова в результате массового размножения насекомых, воздействия факторов техногенного характера. Оценка возмущающих воздействий на растительность и их последствий основана на выявлении динамики растительного покрова с использованием временных серий данных спутниковых наблюдений.

1. Характеристика территории

Ключевой участок «Бакcharский» (рис. 1) характеризует южно-таежные ландшафты Западно-Сибирской равнины. Располагается на слабодренированной и сильно заболоченной Васюганской равнине [6]. Это типичная часть плато (с высотными отметками 110-130 м над у. моря) включает бассейн реки Ча́я - одного из крупных притоков р. Оби.



Рис. 1. Расположение ключевого участка (КУ) «Бакcharский». Серым цветом показаны заболоченные территории

Перепады высот небольшие, поверхность плоско-волнистая. Территория равнины сложена карбонатными суглинками и глинами озерно-аллювиального генезиса. Ключевой участок дренируется притоками р. Ча́я – реками Икса, Бакchar, Тетеренка, Андарма, Парбиг, текущими в северо-восточном направлении. Строение междуречий во многом сходное, с асимметричной долиной: правый берег здесь несколько более крутой, чем левый — пологий, выделяется неширокая пойма. Большая часть междуречных пространств занята болотами. Также сильно заболочены левобережные террасы рек. За время формирования массивов болот, начавшегося на больших площадях 4,5-5 тыс. лет назад, торф перекрыл неровности поверхности, водоразделы приобрели слабовыпуклый профиль, что создало условия для поверхностного стока вод с болот к периферии и привело к затоплению (заболачиванию) приболотных участков леса. Торфяные болота имеют среднюю мощность торфа 3-4 м, в первичных центрах заболачивания – 5-6 м.

Климат территории континентальный, среднегодовая температура воздуха, по данным наблюдений метеостанции Бакчар за 1988-2007 гг., составляет $(0,53 \pm 0,56)$ °С. Температура самого теплого месяца (июль) $(18,5 \pm 1,6)$ °С, самого холодного (январь) — минус $(17,7 \pm 5,2)$ °С. Территория восточного Васюганья характеризуется достаточным увлажнением, где сумма осадков за год составляет (488 ± 117) мм.

2. Исходные данные

Для классификации растительного покрова ключевого участка «Бакчарский» использовались снимки Landsat 7, сенсор ETM+ (разрешение 28,5 м, 7 спектральных диапазонов). Из рассмотрения был исключен «тепловой» канал спутниковых снимков, полученный на длине волны 10,4-12,5 μm , поскольку пространственное разрешение в данном канале составляет 60 м. В нашем распоряжении имелись два снимка Landsat 1999 г. (см. табл. 1), покрывающих территорию ключевого участка.

Таблица 1. Некоторые характеристики использованных космических снимков

	Снимок 1	Снимок 2
Дата съемки	7 июля 1999	16 сентября 1999
WRS_PATH	149	150
WRS_ROW	20	20
Широта центра снимка	57.3132326	57.3189413
Долгота центра снимка	83.6329721	82.1014857

3. Процедура обработки

Исходные снимки были подвергнуты процедуре атмосферной коррекции [10] и радиометрической калибровке [11]. Затем 6 каналов из 2-х откорректированных снимков были объединены в единое комбинированное изображение, содержащее 12 слоев. Использование изображений, полученных в разные сезоны одного года, позволяет автоматически применить при классификации дополнительную информацию о развитии растительности в течение годового цикла. Схематическое изображение процедуры обработки космических снимков представлено на рис. 2.

Территории, занятые дорогами и населенными пунктами, с помощью вручную сформированной маски были выделены в отдельный класс, поскольку на данных участках наземный покров характеризуется большой неравномерностью и представляет собой земли, активно нарушаемые человеком в процессе хозяйственной деятельности.

Для тематического анализа композитного космического снимка были сформированы обучающие выборки, на основе экспертных оценок с использованием полевых исследований различных ландшафтов в районе стационара «Васюганье» (ИМКЭС СО РАН). На исследуемой территории выделены леса, разделяющиеся по основным физиономически различимым признакам на 3 класса по породному составу древостоев и степени гидроморфности. Выделено 9 типов болотных залесенных и 8 типов открытых болотных микроландшафтов, а также сельскохозяйственные угодья, водные и техногенные объекты. Классификация растительности проводилась «с обучением» [8] на основе перечня основных типов растительности и их эталонных участков.

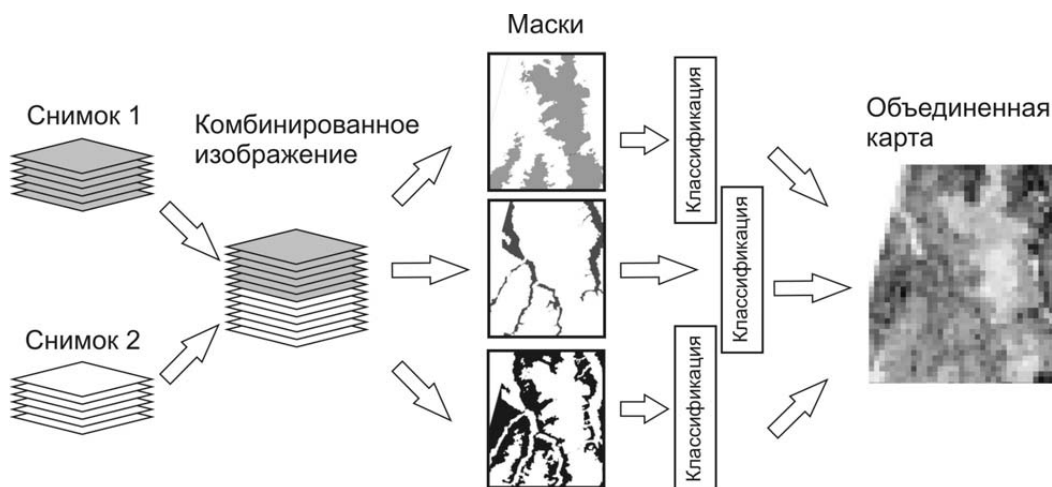


Рис. 2. Процедура обработки спутниковых снимков

Геоморфологические условия залегания болот определяют тип их водного питания: на исследованной территории олиготрофные болота занимают современные междуречья, а эвтрофные типы болот развиты преимущественно в поймах и на террасах рек. Растительность открытых поверхностей как болот, так и суходольных территорий может иметь сходные спектральные характеристики, неразличимые методами автоматической классификации. Например, некоторые типы лугов в дренированных частях междуречий, осоково-сфагновые топи на олиготрофном болоте и открытые осоково-гипновые топи на эвтрофном болоте, существенно отличаясь от характеристик остальной растительности, автоматически объединяются в один класс. Поэтому для надежного разделения типов болот ключевой участок был разделен на три области - водораздельные, террасные и незаболоченные территории, для которых в дальнейшем распознавание классов наземного покрова проводилось отдельно (рис. 2).

4. Основные типологические единицы

4.1. Леса

Кедрово-елово-пихтовые и сосново-кедровые леса (темнохвойные) (класс 1) занимают наиболее дренированные участки водоразделов и дренированные приречные участки. Обычно в составе древостоя в различном сочетании участвуют не менее трех пород: сосна, пихта, ель. Они отличаются высокопродуктивным древостоем (2-3-й класс бонитета), достигающим высоты 25-28 м с диаметрами стволов 50-60 см, обильным подростом из темнохвойных и лиственных пород, разнообразным по составу подлеском [7]. В травяно-кустарничковом ярусе ведущая роль принадлежит таежному мелкотравью.

Лиственные леса (класс 2) занимают довольно обширные территории на междуречных пространствах и представлены березовыми, березово-осиновыми фитоценозами [7]. **Смешанные леса (класс 3)** встречаются в переходной полосе от суходолов к болотам, в долинах рек и вдоль ручьев. Из-за постоянного переувлажнения они характеризуются как заболоченные лесные территории и представлены целым рядом ассоциаций от кедрово-березовых осоковых и кедровых сфагново-осоковых до переходных группировок к сфагновым болотам – сосново-березовых хвощово-сфагновых лесов [7].

4.2. Болота на водоразделах залесенные

Сосново-кустарничково-сфагновые фитоценозы (рямы) являются наиболее типичными для водораздельных территорий Западной Сибири [1, 4, 7]. В растительном покрове исследуемой территории выделяются несколько типов рямов (классы 4-8), различающихся в соответствии с полнотой и высотой древесного яруса. Микрорельеф рямов представлен моховыми подушками и приствольными буграми высотой до 50 см, занимающими около 50 % поверхности. Древесный ярус состоит в основном из сосны с несущественной примесью кедра и березы. Кустарничковый ярус (багульник, кассандра, брусника, клюква) развит пышно, кустарники достигают высоты 50 см, проективное покрытие (п.п.) – 90 %. В травяном покрове встречается осока, пушица, морошка. Доминантом мохового покрова (96 %) является сфагнум ангустифолиум. В более сырых мочажинах встречается мезотрофный вид сфагнум фаллах.

Рослые (высокие) рямы (классы 4, 5) в основном располагаются на периферии болотного массива как на мощных, так и на мелкозалежных торфах. Средняя высота древостоя 15 м. Высокие рямы, сформированные в условиях слабоприточного увлажнения, отличаются по своим спектральным характеристикам, что, возможно, объясняется присутствием кедра в структуре древостоя. Отдельный тип рямов (**класс 6**) занимает приподнятые участки в центральных частях болот, часто граничащие с озерными комплексами.

Низкий рям (классы 7, 8) - сосново-кустарничково-сфагновый фитоценоз с угнетенным древостоем. Микрорельеф низкого рьяма волнистый из-за большого количества больших моховых подушек высотой около 30 см, диаметром до 3 м. Угнетенный древесный ярус представлен сосной, высотой 2-3 м. П.п. древесного яруса 30-60 %. Кустарничковый ярус развит обильно на микроповышениях и состоит из кассандры, подбела, голубики, багульника, клюквы. Травяной ярус представлен куртинами пушицы, морошкой и росянкой. В моховом покрове на повышениях доминирует сф. фускум (п.п.-95 %). «**Сухой**» **рям (класс 7)** на космоснимке был выделен для участков с повышенной сомкнутостью крон и большей высотой древесного яруса (до 5 м). При увеличении степени обводненности древесный ярус становится более разреженным, появляются открытые мочажины, лишенные древесного покрова, - такие участки относятся к **рямово-мелкомочажинным комплексам (класс 9)**. В зоне перехода от рямов к грядово-мочажинным комплексам располагаются **мочажинно-рямовые комплексы (класс 10)**, которые хорошо выделяются благодаря характерной расчлененности рельефа [4]. Общий характер микрорельефа в целом сходен с рямовым. Растительные сообщества, произрастающие на более высоких дренированных участках, аналогичны низкому рямю.

Мочажинные участки характеризуются большим разнообразием растительного покрова в зависимости от размеров и степени увлажненности субстрата. Небольшие по размеру западинки (3-8 м) занимают кустарничково-сфагновые ассоциации, состоящие из подбела и пушицы, в моховом покрове преобладает сф. балтийский. Более крупные мочажины (10-20 м), с пушицевыми кочками представлены также кустарничково-сфагновыми ассоциациями, практически с тем же видовым составом, но с увеличением влажности в мочажинах появляются осока топяная, шейхцерия, сф. майский. Растительность самых крупных (20-30 м) мочажин представлена гидрофильными видами растений. Из сфагновых мхов преобладают сф. майский, сф. балтийский, в травяном покрове доминируют осока топяная, шейхцерия, на периферийных участках мочажин обильно растет пушица, в центральных участках появляются ассоциации с ринхоспорой и сф. майским.

4.3. Болотные на водоразделах открытые

Грядово-мочажинные комплексы в зависимости от соотношения и размеров гряд и мочажин разделяются на **грядово-мелкомочажинные (класс 11)** (мочажины имеют небольшую площадь (1-10 м²) и занимают около 30 % площади, мочажины вытянутой формы и не имеют строгой ориентировки, гряды шириной 3-10 м иногда больше, высотой 50-80 см, часто гряды сливаясь, образуют типичные рямовые участки), **грядово-среднемочажинные (класс 12)** (мочажины - 10-20 м, ширина гряд 3-6 м, высота 50-80 см, гряды извилистые, разветвленные, образующие сложный ячеистый рисунок) и **грядово-крупномочажинные (класс 13)** (мочажины занимают около 80 % поверхности, гряды узкие (2-3 м), дугообразные, не соединяющиеся между собой) [4]. Растительность гряд имеет рямовый характер - на грядах растет сосна высотой до 3 м. Кустарничковый ярус развит обильно на микроповышениях и представлен кассандрой и подбелом, встречается также багульник. В мочажинах преобладает травянистая растительность (пушица, осока топяная, шейхцерия). Моховой покров мочажин представлен в основном сф. ангустифолиум и сф. майским.

Мохово-травяные топи (классы 14-16) - участки сильно обводненного безлесного болота, часто имеющие вытянутую форму и приуроченные к местам контакта рямовых участков с грядово-мочажинными комплексами или с так называемыми «протоками» - лентовидными понижениями с мезотрофной растительностью, по которым осуществляется сток воды из центральной части водораздельного массива [7]. Топи характеризуются отсутствием древесного яруса, имеют почти ровную поверхность и чрезмерное увлажнение. На картируемой территории выделяется несколько типов открытых мохово-травяных топей: шейхцерииво-сфагновые, осоково-сфагновые и пушицево-сфагновые. Чередование перечисленных фитocenозов создает мозаичную картину растительности. **Шейхцерииво-сфагновые топи (класс 14)** обычно занимают наиболее обводненные центральные участки топей. При движении от центра к грядам шейхцерииво-сфагновые топи сменяются осоково-сфагновыми и пушицево-сфагновыми, которые отличаются меньшей обводненностью поверхности. **Осоково-сфагновая топь (класс 15)** расположена в пониженной части болотной системы, где наблюдается застаивание воды поверхностного стока. Кустарничковый ярус развит слабо и расположен по повышенным элементам микро рельефа. **Открытые сфагновые фитocenозы (класс 16)** занимают небольшие площади на склонах водораздельных болот и на их поднятых центральных участках.

4.4. Болота террасовые залесенные

На притеррасных участках поймы формируются **сосново-елово-кедрово-березовые типы фитocenозов – согры (класс 18)**. По флористическому составу согры весьма разнообразны в зависимости от типа водно-минерального питания. На исследованной территории согры имеют обычно комплексное строение. В комплексных сограх растительный покров представляет собой сочетание ряда фитocenозов от эвтрофных до олиготрофных: эвтрофные древесные - эвтрофные древесно-травяно-сфагновые – мезотрофные древесно-кустарничково-сфагновые – олиготрофные древесно-кустарничково-сфагновые. Со временем сосново-елово-кедрово-березовые согры переходят в олиготрофную стадию, формируя сосново-кустарничково-сфагновые сообщества (рямы) – **класс 19** [4].

4.5. Болота террасовые открытые

Березово-разнотравно-гипновые фитоценозы (класс 20) занимают окраинные участки болот террасного залегания. Древесный ярус состоит из березы с незначительной примесью сосны. Средняя высота деревьев 6-8 м. Травяной ярус состоит из осок с примесью хвоща, сабельника, папоротника телিপтериса. Моховой покров разрежен и представлен в основном гипновыми мхами.

В центральных частях террасных болот расположены **ерниково-осоково-гипновые фитоценозы (класс 21)**. Растительный покров представлен зарослями карликовой березки, с редким ярусом низкорослых сосен и берез (высота - 2-6 м), кроме того, встречаются редкие группы ивовых. Травянистый ярус представлен типичными для осоково-гипновых болот Западной Сибири видами осок, щавелем водным, вехом, вейником, сабельником, вахтой и др. В моховом покрове доминируют гипновые мхи.

В отдельные классы были выделены **водные (класс 17)**, преимущественно расположенные на территории водораздельных болотных массивов, и **техногенные объекты (класс 25)**. Незалесенные массивы вне территории болот были выделены в два класса, представляющие **сельскохозяйственные земли** на разных стадиях обработки (пашни, луга, поля, залежные земли) (классы 22, 23).

5. Результаты классификации

Результаты классификации растительности ключевого участка представлены на рис. 3. Основную часть (48,7 %) территории ключевого участка занимают болотные массивы, в структуре которых, в зависимости от их расположения, меняется соотношение болотных микроландшафтов как открытого, так и облесенного типов. В террасных болотах большую долю площади составляют согры (28 %) и березово-разнотравно-гипновые сообщества (21 %). Микроландшафты, характеризующие наиболее обводненные участки внутри болотных массивов террас, составляют только 9% благодаря почти не выраженным уклонам террас к дренирующим водотокам, что свидетельствует об относительно автономном развитии массивов. Вместе с тем ряды, как олиготрофная стадия развития террасных болот, составляя до 41 % их площади и занимая окраины массивов, чаще всего указывают на выходы наиболее крупных болот на приводораздельные склоны. Площади, занимаемые выделенными классами растительности, приведены в табл. 2.

Открытые водные поверхности (0,4 % общей площади или 1,2 % площади болот), в основном озера и озерки, широко распространены в северной части Бакчарского болотного массива. Наиболее обводненные микроландшафты водораздельных болот, составляя до 23 % массивов, представлены как внутриволотными топиями (16 %), так и транзитными топиями, находящимися в сопряжении с первичными водотоками (7 %).

Выявленный рисунок соотношения болотных микроландшафтов разной степени обводнения рямово-мочажинных (12 %), грядово-мочажинных (24 %), озерковых (1,2 %) и топьяных (23 %) комплексов меняется в разных частях массивов в соответствии с особенностями их формирования и может служить для самостоятельного подробного пространственного анализа развития и динамики болотных массивов.

Активное заболачивание лесов и разрастание площадей болот является естественным природным процессом, изменяющим облик ландшафтов ключевого участка [5]. Заболачи-

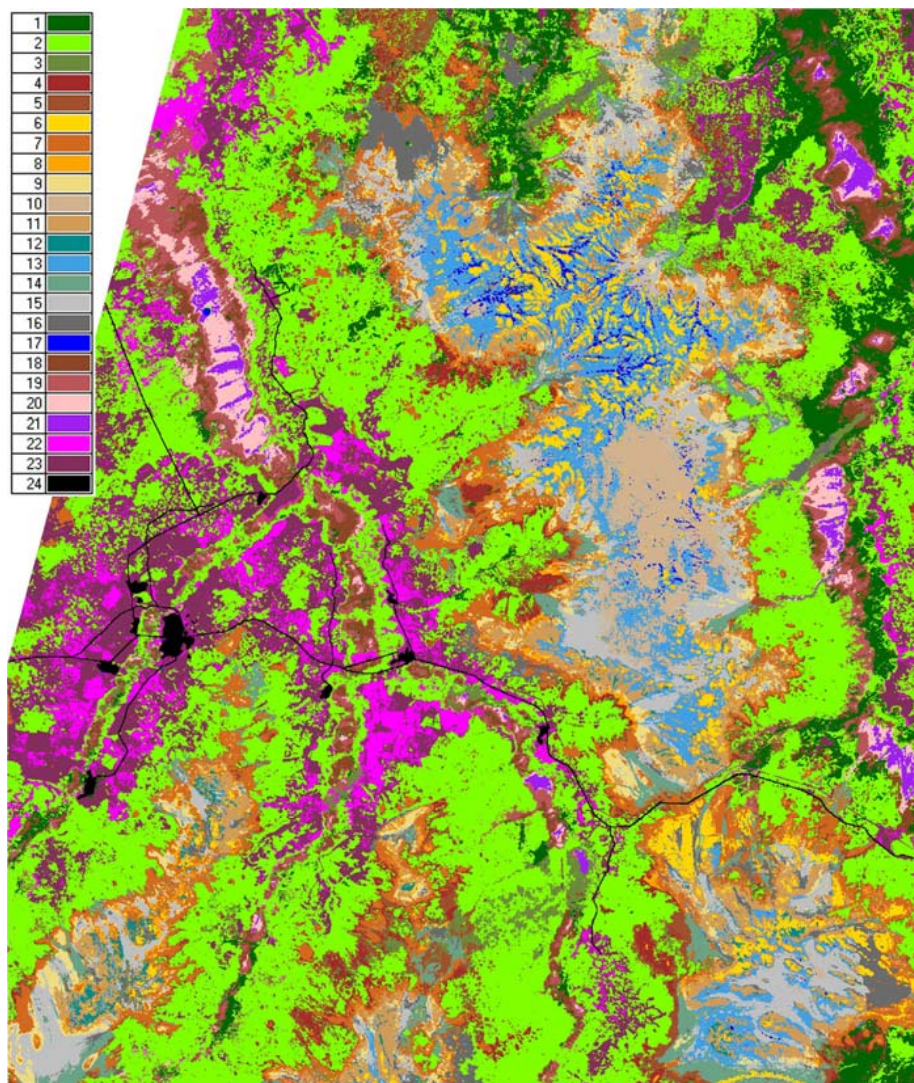


Рис. 3. Карта растительности ключевого участка «Бакчарский». Характеристика номеров легенды приведена в табл. 2.

вание происходит как по периферии болот, так и на удаленных от основного массива первичных центрах - локальных западинах. Специфичным индикатором такого заболачивания являются рямы - сосновые древостои с кустарничково-сфагновым покровом. Рямовые сообщества занимают до 39 % площади междуречных болот как на мощных торфах в центрах болотных массивов, так и по их периферии. На слабо заболоченных участках междуречий в приречной дренируемой части при слиянии рек рослые рямы (занимают до 6 % в структуре болотных микроландшафтов) совместно с «сухими» и «островными» рямами (соответственно 8,1 и 6,7%) образуют обширные самостоятельные контуры на месте первичных впадин, диагностируя начальные стадии заболачивания (мощность торфа до 120-150 см). На периферии болот наиболее крупные контуры рослых рямов приурочены преимущественно к местам разгрузки болотных вод и окаймляют их стыки с первичными речными водотоками. Относительно небольшая доля разгрузочных топей, связанных с первичными водотоками

Таблица 2. Структура площадей различных классов на ключевом участке «Бакчарский»

№	Класс растительности	Площадь, га	Доля от площади ключевого участка, %	Доля от площади основного класса, %
Леса			39,76	
1	Темнохвойный лес	24 911,7	5,01	12,61
2	Лиственный лес	150 012,5	30,19	75,93
3	Смешанный лес	22 655,6	4,56	11,47
Болота на водоразделах			37,74	
Залесенные				
4	Рослый рям	11 227,8	2,26	5,99
5	Сухой рослый рям	15 167,0	3,05	8,09
6	Рям островной	12 530,8	2,52	6,68
7	Сухой рям	29 229,1	5,88	15,58
8	Низкий рям	5 887,3	1,18	3,14
9	Рямово-мелкомочажинный комплекс	10 972,1	2,21	5,85
10	Мочажинно-рямовый комплекс	11 554,3	2,33	6,16
Открытые				
11	Грядово-мелкомочажинный комплекс	22 566,3	4,54	12,03
12	Грядово-среднемочажинный комплекс	3 620,9	0,73	1,93
13	Грядово-крупномочажинный комплекс	20 492,5	4,12	10,93
14	Шейхцеригово-сфагновая топь	11 549,1	2,32	6,16
15	Осоково-сфагновая топь	18 783,1	3,78	10,01
16	Открытое сфагновое болото	11 803,5	2,38	6,29
17	Водные объекты	2 185,4	0,44	1,17
Болота террасовые			7,36	
Залесенные				
18	Согра	10 426,7	2,10	28,53
19	Рям	15 127,3	3,04	41,49
Открытые				
20	Березово-разнотравно-гипновое	7 658,3	1,54	20,95
21	Ерниково-осоково-гипновое	3 338,2	0,67	9,13
Прочие земли			15,56	
22	Поля, луга, пашни	22 154,7	4,46	
23	Поля, луга, пашни	48 365,3	9,73	
24	Дорога	3 449,0	0,69	
24	Населенный пункт	1 209,0	0,24	
ВСЕГО		496 877,5	100	

свидетельствует о том, что наряду с оформленным стоком с болот, происходит и значительное площадное подтопление периферии Бакчарского болота. Поэтому на большей части периферии болот рослые рямы не выражены, либо выделяются очень узкой полосой, переходя

в значительную по ширине полосу мелкорямового сообщества на торфах мощностью до 150 см (их доля составляет 15 % от площади рямов).

В южной части ключевого участка на водораздельном Бакчарском болоте расположены объекты осушения, где на площади 22 тыс. га в 1965-1970 гг. проведено осушение открытыми каналами. Осушение проведено без изъятия торфа. В последующее время произошло зарастание участков осушения болот лиственными породами – березой, ивой, а в примыкающих рямах уже к настоящему времени отмечается увеличение роста сосны.

Лесные ландшафты занимают 40 % ключевого участка. Соотношение темнохвойных и смешанных насаждений различного состава и возраста характеризует достаточно типичное для этой части южной тайги их современное экологическое разнообразие, историю формирования и направление трансформации. Характерные для южной тайги темнохвойные леса с травяно-моховым покровом составляют 12 % от площади лесов и сохранились на небольших участках. Леса смешанного состава, также относящиеся к заболоченным, занимают до 13 % от общей площади лесов. В эти площади входят также участки кедровников сфагнового типа по окраинам болот. На основной части лесной территории развиты влажные и сильно увлажненные травяные типы березняков и осинников (75 %). Березовые леса преобладают по площади и представлены двумя большими группами: осочково-широкотравными, занимающими повышенные хорошо дренированные местоположения с глубокогумусированными суглинистыми почвами; осоково-вейниковыми, располагающимися в пониженных увлажненных местах на перегнойно-глеевых и торфянисто-перегнойно-глеевых почвах. Преобладание в современном покрове мелколиственных лесов объясняется тем, что с начала 20-го столетия растительный покров территории подвергался естественным и антропогенным изменениям. Большое влияние на современный лесной покров оказали пожары начала XX века, охватившие большие территории коренных темнохвойных лесов. На гарях и вырубках на богатых минеральных почвах распространилось высокотравье, сдерживающее возобновление хвойных пород. На территории ключевого участка широко распространены разреженные мелколиственные леса, а коренные темнохвойные леса из ели, пихты и кедра отесняются в более влажные местообитания. К настоящему времени в свежих местообитаниях отмечается устойчивое возобновление кедра, ели и пихты. Пожары с периодичностью от 12 до 20 лет случаются как в лесах, так и в приболотном поясе, где выгорают верхние слои торфа.

Территория незалесенных массивов (сельскохозяйственные и залежные земли) составляет 14,2 %. Из-за сильной заболоченности территория сравнительно мало населена. Населенные пункты и сельскохозяйственные угодья (пашни, луга и сенокосы) располагаются в основном на дренированной территории вблизи рек. На ключевом участке в месте слияния четырех притоков р. Чая располагается наиболее крупный для Васюганья сельскохозяйственно освоенный район с центром в с. Бакчар. В 90-е годы XX в. сократилось использование площадей пахотных земель и сенокосов по их назначению, что привело к формированию вторичных лугов на месте пашен, частичному их зарастанию подростом березы. Изменение спектральных характеристик трансформированных территорий и восстановление вторичной растительности уже заметно на части сельскохозяйственных выделов и подлежит анализу при локальном дробном дешифрировании снимков разного времени. Техногенные объекты (дороги, населенные пункты) составляют около 0,24 % площади ключевого участка.

Заключение

Дешифрирование космических снимков расширяет возможности ландшафтного анализа территории и представляет интерес для экстраполяции системы накопленных точечных данных для анализа пространственных закономерностей взаимодействия лесных и болотных систем, а также позволяет выявлять различные виды нарушения естественного состояния ландшафтов.

Работа выполнена при финансовой поддержке междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 86 и гранта РФФИ 08-05-00426-а.

Список литературы

1. Головацкая Е.А., Порохина Е.В. Ботаника с основами фитоценологии: Биологическая продуктивность болотных биогеоценозов: учеб.-метод. пособие. Томск: Изд-во Том. гос. пед. ун-та, 2005. 64 с.
2. Крутиков В.А., Полищук Ю.М., Алексеева М.Н., Дюкарев А.Г., Пологова Н.Н. Применение космической информации в мониторинге ландшафтной структуры Васюганской болотной системы // Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития / под ред. чл.-корр. РАН М.В. Кабанова. Томск: Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН. 2002. С.180–186.
3. Крутиков В.А., Полищук Ю.М., Козин Е.С. Токарева О.С. Геоинформационное обеспечение комплексного мониторинга БББ // Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития / под ред. чл.-корр. РАН М.В. Кабанова. Томск: Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН. 2002. С.73–79.
4. Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А., Березина Н.А., Инишева Л.И. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. Тула: Гриф и К., 2001. 584 с.
5. Пологова Н.Н., Дюкарев А.Г. Мониторинг болотообразовательного процесса // Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития / под ред. чл.-корр. РАН М.В. Кабанова. Томск: Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН, 2002. С. 187 –189.
6. Природные условия освоения междуречья Обь–Иртыш / отв. редакторы М.И. Нейштадт, Г.Д. Рихтер. М.: ИГ АН СССР, 1972. 400 с.
7. Храмов А.А., Валуцкий В.И. Лесные и болотные фитоценозы Восточного Васюганья. Новосибирск: Наука, 1977. 219 с.
8. Экологическое сопровождение нефтегазовых месторождений. Вып. 3. Современные методы изучения болотных систем. Регламентирование деятельности недропользователей в условиях Западной Сибири. Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2007. 111с.
9. Carbon Storage and Atmospheric Exchange by West Siberian Peatlands / Eds.W.Bleuten and E. Lapshina. Utrecht: Utrecht University, 2001. 122 p.
10. Chavez P. S. jr. Image-based atmospheric corrections - revisited and improved. // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 1996. V. 62 (9). P. 1025–1036.
11. Skirvin S. M. Notes on COST_ETM7 atmospheric and radiometric correction script // http://arsc.arid.arizona.edu/resources/image_processing/landsat/. – 2000.

Spatial Structure of Forest-Mire Complexes at the Key Site “Bakcharsky”

Egor A. Dyukarev, Nina N. Pologova and Evgenia A. Golovatskaya
*Institute of Climatic and Ecological Systems Monitoring SB RAS,
10/3 Akademicheskoy pr., Tomsk, 634055 Russia*

Mapping of vegetation types for mire massif Bakcharsky was done basing on the analysis of Landsat space images and field study of the key area. Area of the key site was divided into watershed, terrace areas and uplands. Classification with training was used for classes recognition. 24 classes of vegetation cover were found at the studied area.

Keywords: space images, vegetation classification, peatland ecosystems.
