

СТАТЬИ

УДК 551.312.2:528.921(571.14)

**ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ЗАБОЛАЧИВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ  
УБИНСКОГО РАЙОНА НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Безбородова А.Н., Сайб Е.А.**

*ФГБУН «Институт почвоведения и агрохимии» СО РАН, Новосибирск, e-mail: sajb@issa-siberia.ru*

В данной работе изучена возможность использования существующего картографического материала при исследовании заболоченных земель на примере Убинского района Новосибирской области, а также сделана попытка оценить общее направление динамики заболачивания земель с помощью геоинформационных технологий. Изучение и анализ топографических карт ГосГисЦентра 1:100 000 масштаба показали, что данный картографический материал не подходит для исследования заболоченных территорий. Поэтому для изучения болот и динамики заболачивания территории был предложен подход для создания карт с использованием автоматической обработки (классификации) данных дистанционного зондирования. В работе использовались разновременные мультиспектральные снимки среднего разрешения (Landsat), на их основе был получен новый картографический материал, по которому дана оценка общей тенденции заболачивания территории и получены данные об изменениях структуры и состояния болот, происходящих во времени и пространстве на исследуемом участке. Сравнение двух разновременных тематических карт показало, что за последние два десятилетия в южной части исследуемой территории заболоченные земли практически исчезли, уступив место лесам и лугам, а северная часть заболачивается, также хорошо выделяются яры лесостепной зоны Западной Сибири и видны серьезные изменения, происходящие с Убинским озером.

**Ключевые слова:** ГИС-технологии, космические снимки, тематическое картографирование, временная динамика, болота, заболачивание

**ASSESSMENT OF THE DYNAMICS OF WATERLOGGING  
USING GIS-TECHNOLOGIES ON THE EXAMPLE  
OF UBINSKY DISTRICT OF NOVOSIBIRSK REGION**

**Bezborodova A.N., Sayb E.A.**

*Institute of Soil Science and Agrochemistry of ISSA SB RAS, Novosibirsk, e-mail: sajb@issa-siberia.ru*

In this paper, the possibility of using existing cartographic material in the study of wetlands on the example of the Ubinsky district of the Novosibirsk region was investigated. The attempt to assess the general direction of the dynamics of waterlogging with the help of geoinformation technologies was made. The study and analysis of topographic maps of the state GIS Center of 100 000 scale showed that this cartographic material is not suitable for the research of wetlands. Therefore, an approach for the study of bogs and waterlogging dynamics of the territory was proposed to create maps using automatic processing (classification) of remote sensing data. The multi-temporal multispectral images of medium resolution (Landsat) were used. The new cartographic material, based on Landsat, was obtained and used to assess the general trend of waterlogging of the territory; and to obtain data on changes in the structure and condition of wetlands occurring in time and space in the study area. The comparison of two multi-temporal thematic maps showed that over the past two decades, in the southern part of the study area wetlands nearly disappeared, giving way to forests and meadows, while the northern part continues swamping, also the raised bogs stand out well in the forest-steppe zone of Western Siberia and serious changes in the Ubinsky lake can be observed.

**Keywords:** geoinformational technologies, space images, thematic mapping, time dynamics, bogs, waterlogging

Традиционно мониторинг водных объектов, в том числе и болот, осуществлялся в России органами гидрометеорологической службы. Наблюдательная сеть на начало 2004 г. состояла из 1851 станции и 3082 постов [1]. В настоящее время число действующих станций, проводящих мониторинг болотных угодий России, сильно сократилось. Актуальный и качественный картографический материал практически отсутствует. Проводятся натурные точечные исследования, но экстраполяция их результатов не позволяет сделать объективные выводы об общем состоянии территории и динамике процессов заболачивания, поэтому в настоящее время перспективным направ-

лением является проведение исследований заболоченных территорий и создание актуального и достоверного картографического материала с помощью геоинформационных технологий (ГИС-технологий) и современных методов обработки данных дистанционного зондирования (ДДЗ). Материалы ДДЗ имеют огромное значение в таких исследованиях, так как отличаются большой обзорностью и высоким разрешением на местности и позволяют в короткий срок изучать и картографировать значительные по площади территории. Программа Landsat предоставляет самую длинную временную линейку космических снимков Земли со схожими спектральными характеристиками

и разрешением, что дает нам возможность сравнивать их и наблюдать за динамикой изменений территории во времени, получать повторные снимки и изучать труднодоступные территории, такие как болота, которые так же, как и леса, луга, степи, озера, являются неотъемлемыми компонентами природы и представляют собой ценные природные объекты. Нарушение природного баланса болот, питающих реки, может привести к значительным изменениям на огромных территориях и к потере биологического разнообразия.

Цель – изучить возможность использования существующего картографического материала (топокарты) в исследованиях заболоченности территории, а также оценить общее направление динамики заболачивания земель с помощью ГИС-технологий.

### Материалы и методы исследования

Объектом исследования является Убинский район Новосибирской области (рис. 1). В геоморфологическом плане район исследования расположен в Барабинской низменности, на границе двух природных зон: северной лесостепной подзоны и подтаежной зоны, и таким образом данная территория объединяет несколько типов болот. На севере район представлен заболоченной лесистой равниной с гривами высотой 2–5 м и межгривными понижениями – это южная часть Васюганского болота. Типичны для зоны выпуклые грядово-мочажинные сфагновые болота, наиболее значительные площади занимают рямы (верховые болота), хорошо развиты долинные комплексы

с осоково-гипновыми болотами и заболоченными хвойными лесами – сограми. Рельеф южной части района представляет собой равнину с четко выраженными гривами, высота этих грив достигает 5–10 м, с балками и лощинами [2]. В лесостепи Западной Сибири наибольшего распространения достигают вогнутые евтрофные, засоленные, тростниковые, крупноосоковые и травяные болота. Рямы в этой зоне встречаются редко, так как здесь они находятся на границе своего ареала распространения и не образуют значительных по площади болотных массивов, а представлены в ландшафте в виде отдельных небольших островков.

Эффективность географических исследований значительно повышается, если их совмещать с картографическими методами [3]. Поэтому для территории Убинского района нами была подробно оцифрована топографическая карта ГосГисЦентра (ГГЦ) 2001 г. масштаба 1:100 000 [4], с помощью программного продукта MapInfo Professional 8.5 (рис. 1, б). Данные, полученные с карты, сравнивались с официальными данными Росреестра, после чего карта была сопоставлена с космическим снимком Landsat и проанализирована.

Для тематического картографирования изучаемой местности использовались различные снимки мультиспектральных спутниковых снимки Landsat с пространственным разрешением 30 м на пиксель, имеющие минимальный облачный покров и атмосферную дымку (табл. 1). Эти снимки предоставляет геологическая служба США (USGS) [5].

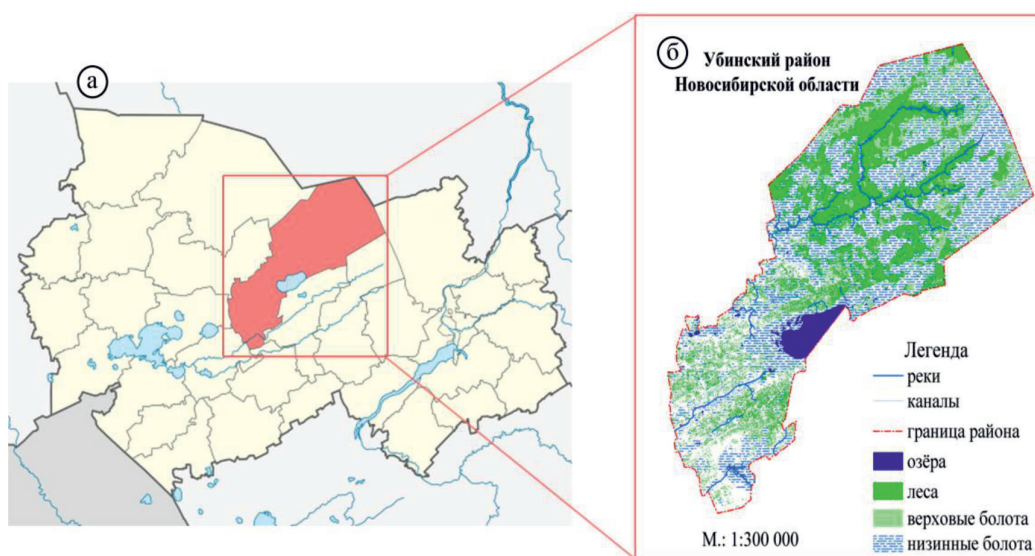


Рис. 1. Схема расположения объекта исследования: а) карта административного деления Новосибирской области, б) электронная топографическая карта Убинского района

Обработка космических снимков производилась в программном комплексе ENVI 4.4 [6]. Эксперимент распознавания болот на снимке проводился на примере одной сцены, покрытие снимка Path 151 & Row 21, этот снимок покрывает 85% всей территории Убинского района. К снимкам применялись неуправляемые и управляемые классификации. Для управляемых классификаций был создан массив спектральных образцов, состоящий из 291 полигона и семи категорий, который применялся к обоим снимкам. Для всех классификаций была проведена визуальная оценка соответствия полученного изображения с данными со снимка, так как каждый алгоритм имеет свои особенности деления изображения на кластеры, в этом случае и самих классификаций, и, соответственно, моделей на одну и ту же территорию может быть построено множество [7]. Испытав все предлагаемые программой алгоритмы, мы остановились на способе максимального правдоподобия (Maximum likelihood). Классификация, созданная с помощью этого алгоритма, наиболее точно выделяет объекты нашего исследования – болота.

**Результаты исследования и их обсуждение**

При оцифровке топографических карт возникла проблема, которая заключалась в том, что условный знак, обозначающий болота, присутствовал на всех категориях объектов, нанесенных на карту, не имея при этом контуров, из-за чего уже на данном этапе возникает ошибка при переходе к работе с площадями. С помощью MapInfo

Professional 8.5 были получены значения площадей всех категорий, присутствующих на карте. Эти данные сравнивались с официальными (табл. 2), которые отражены в докладе управления Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии «О состоянии и использовании земель Новосибирской области» за 2010 год [1]. Согласно табл. 2, площади таких категорий, как болота и прочие земли, разнятся на 6–10%. Во-первых, это можно связать с тем, что топографические карты, которые были взяты за основу, устарели (так как были созданы около 30 лет назад) или могла измениться площадь, занятая болотами. Впрочем, конечный результат находится в пределах картографической ошибки и составляет менее 10%.

Наложение полученной карты на спутниковый снимок показало, что данный картографический материал не подходит для изучения болотных экосистем, так как контуры болот, выделяемые на карте, не соответствуют данным снимка. Так называемые ложбины стока или транзитные топи на данной карте не выделяются, хотя эти участки являются зонами прогрессивного заболачивания [8], и для данного исследования они являются одним из важнейших источников информации.

Работа со снимками в нашем исследовании дает более полную и достоверную информацию о заболоченности территории. В результате обработки космических снимков Landsat в полнофункциональном программном комплексе ENVI 4.4 были получены две тематические разновременные карты (рис. 2) площадью равной 2,2 млн га.

**Таблица 1**

Характеристика используемых спутниковых снимков

Спутник	Покрытие	Время съемки	Облачность
Landsat 7 ETM+	Path 151, Row 21	Май 2017	Отсутствует
Landsat 5 TM	Path 151, Row 21	Июнь 1993	Отсутствует

**Таблица 2**

Сводная таблица полученных и официальных данных

Наименование	Данные электронной карты		Данные доклада о состоянии земель за 2010 г.	
	Площадь, га	% от общей площади района	Площадь, га	% от общей площади района
Общая площадь р-на	1 406640	100	1 386937	100
Лесные земли	386 800	27,5	425 493	30,7
Болота	727 268	51,7	588 029	42,4
Под водой	40 000	2,8	40 243	2,9
Прочие	252 572	18,0	332 973	24,0

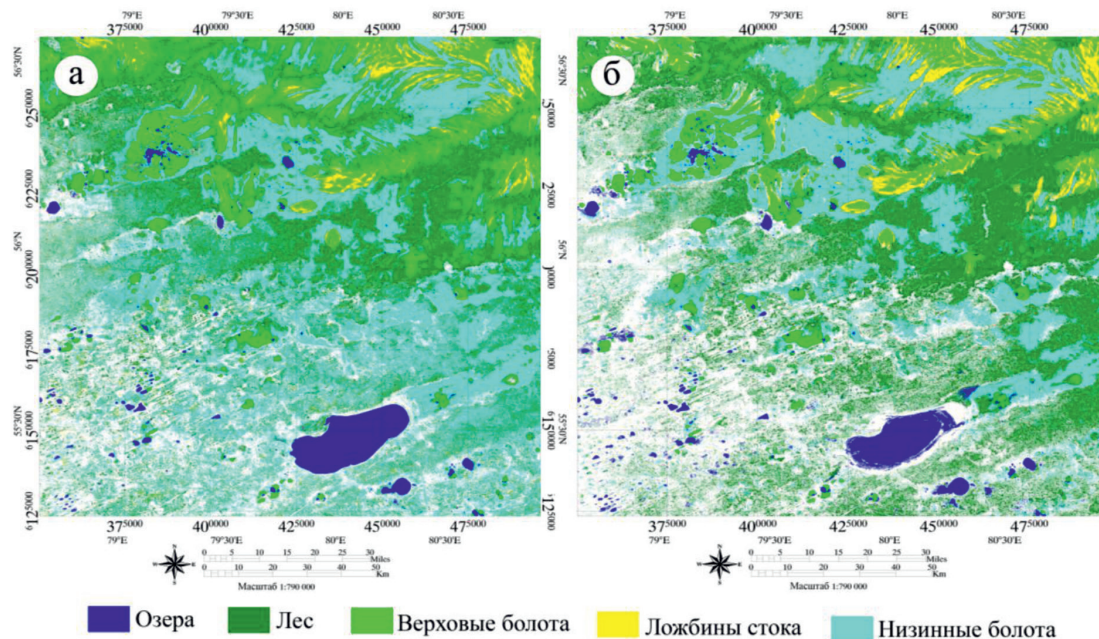


Рис. 2. Карта заболоченности, полученная со снимка: а) 1993 г., б) 2017 г.

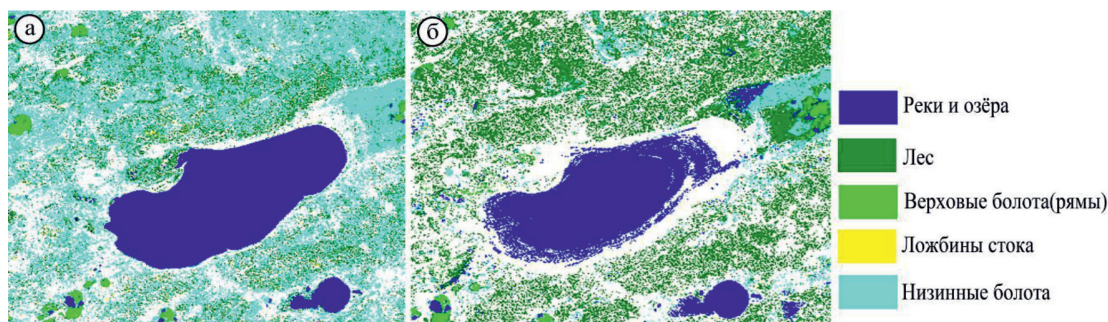


Рис. 3. Убинское озеро. Фрагмент Карты заболоченности: а) 1993 г., б) 2017 г.

За последние 24 года данная территория подверглась серьёзным изменениям (рис. 2). На севере уровень заболоченности территории увеличился. Заболоченность таежной зоны растёт, и об этом говорит увеличение площадей ложбин стока, которые являются индикаторами прогрессивного заболачивания, с 61,3 тыс. га в 1993 г. до 82,9 тыс. га в 2017 г., и связано это обычно с естественными процессами. Заболачивание развивается прогрессивно при постоянном избыточном обводнении периферии болотного массива, которое обеспечивается равнинным рельефом и тяжёлым гранулометрическим составом почв, который определяет низкую фильтрационную способность подстилающей поверхности. Дальнейшего расширения площадей болот следует ожидать за счёт смежных лесных

и болотно-лесных массивов [8]. В южной же части заметна следующая тенденция: некогда заболоченные земли практически исчезли, теперь на их месте – леса, луга или сельскохозяйственные угодья. Это может быть связано с работами по мелиорации, климатическими изменениями или какими-то другими факторами.

Изменилось и Убинское озеро (рис. 3), его площадь уменьшилась на 11,9 тыс. га, что составляет 13,6% от общей площади озера, общая площадь заболоченных земель вокруг озера сократилась до минимума (их почти не осталось), а прилегающая территория постепенно зарастает лесом.

Согласно полученным картам, за последние 24 года, несмотря на то, что территория подвергалась осушению, рямы лесостепной зоны Западной Сибири визуально

практически не изменились (ни их площади, ни количество озер или озерков болотных комплексов). Мы можем отметить только увеличение площади лесов, особенно по периферии (рис. 4).

Кардинальные изменения произошли только на Бородинском ряме (рис. 5). По карте трудно сказать, что послужило причиной этих изменений, поэтому мы снова обратились к космическому снимку (рис. 5, в). Согласно снимку, Бородинский рям недавно горел и выгорела достаточно большая площадь (76 га). Программа ошибочно отнесла выгоревшую территорию к классам, наиболее подходящим по спектральным характеристикам, поэтому всегда необходимо проводить экспертный анализ получившейся карты.

Получение актуального картографического материала о состоянии заболоченных земель представляет важность не только с научной точки зрения, но также имеет большое практическое значение для принятия своевременных управленческих решений с целью сохранения природной среды и возможности дальнейшего устойчивого развития региона. Так, например, для островных рямов, расположенных вблизи населенных пунктов и подверженных антропогенному влиянию (пожары, вырубки, разработки торфа и т.п.), реальной является опасность полного уничтожения из-за включения их местными ведомствами в сырьевую базу торфопредприятий с последующим их осушением, уничтожением растительности и добычей торфа [9].

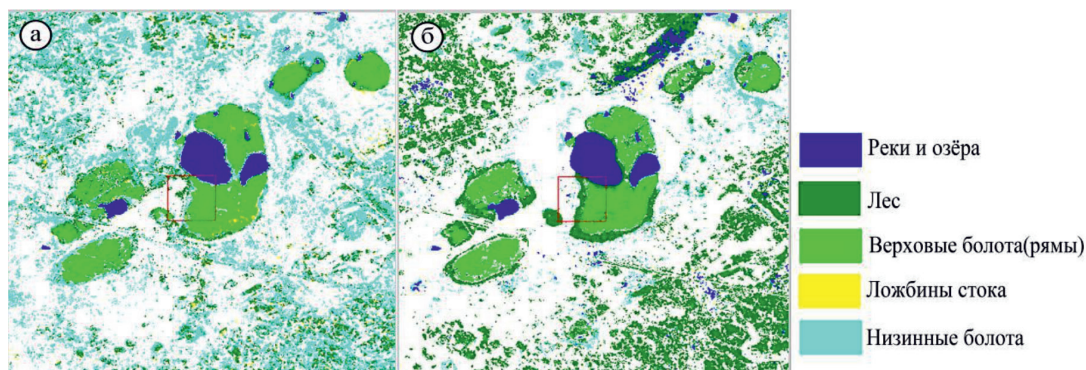


Рис. 4. Урочище Убинский рям. Фрагмент карты заболоченности: а) 1993 г., б) 2017 г.

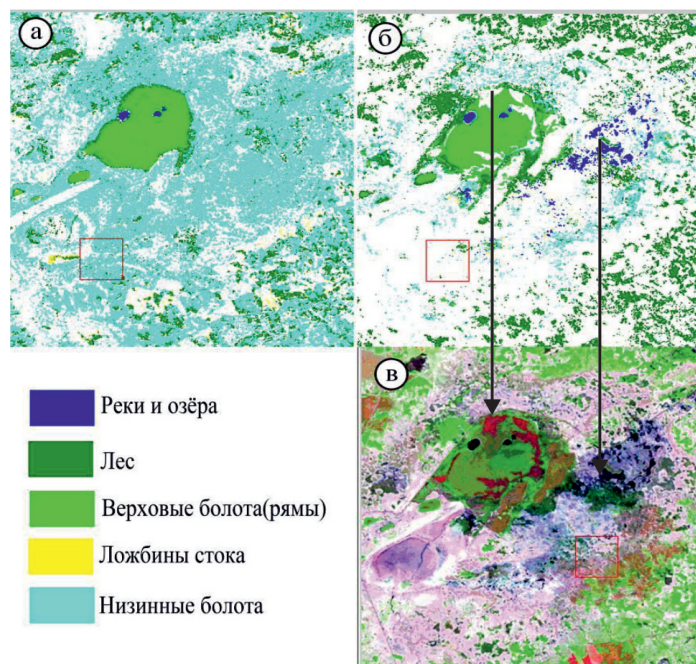


Рис. 5. Урочище Бородинский рям. Фрагмент карты заболоченности: а) 1993 г., б) 2017 г., в) фрагмент снимка Landsat за 2017 г.

### Заключение

Исследование показало, что существующие топографические карты ГосГисЦентра 1:100 000 масштаба непригодны для исследования болот и оценки их временной динамики. Следовательно, необходимы другие материалы и методы.

Заболоченные территории являются изменчивыми во времени и пространстве, поэтому спутниковая информация имеет хорошие перспективы при проведении таких исследований. По созданным в программном комплексе ENVI на основе космических снимков Landsat двум разновременным тематическим картам, можно как сделать выводы об общей динамике заболачивания территории, так и получить сведения об изменениях их структуры и состояния. Также с помощью этих карт хорошо выделяются верховые болота лесостепной зоны, состояние которых представляет наибольший научный интерес.

Согласно полученным картам, общая тенденция процессов заболачивания такова: в южной части исследуемой территории идут процессы разболачивания, т.е. осушается, а в северной части, наоборот, наблюдается увеличение заболоченности территории.

Предлагаемый подход обработки космических снимков достаточно прост и позволяет в короткий срок изучать и картографировать значительные по площади территории, к тому же есть возможность

использовать результаты дешифрирования в расчетах и прогнозах.

*Работа выполнена по государственному заданию ИПА СО РАН.*

### Список литературы

1. Доклад управления Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Новосибирской области «О состоянии и использовании земель Новосибирской области в 2010 году». Новосибирск, 2011. [Электронный ресурс]. URL: <https://pandia.ru/text/78/422/27641.php> (дата обращения: 27.06.2019).
2. Кравцов В.М., Донукалова Р.П. География Новосибирской области. Новосибирск, 1999. 208 с.
3. Кошкарёв А.В. От компьютерной картографии к инфраструктурам пространственных данных: новая эпоха развития геоинформатики // Геоинформационное картографирование в географии и геоэкологии: сборник статей. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2010. С. 20–34.
4. Топографические карты ГГЦ [Электронный ресурс]. URL: <http://loadmap.net/ru/m86984> (дата обращения: 27.06.2019).
5. USGS science for a changing world: EarthExplorer [Electronic resource]. URL: <http://earthexplorer.usgs.gov> (date of access: 27.06.2019).
6. Satellite monitoring and geospatial solutions: Sovzond [Electronic resource]. URL: [https://sovzond.ru/products/software/#gis\\_solutions](https://sovzond.ru/products/software/#gis_solutions) (date of access: 27.06.2019).
7. Махатков И.Д. Непрерывное пространственное моделирование обилия и встречаемости растений с использованием дистанционных спектральных переменных (северная тайга Западной Сибири) // Вестник СГУГиТ. 2016. Вып. 3 (35). С. 219–256.
8. Перегон А.М. Периферическое заболачивание на юге таёжной зоны Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2005. 19 с.
9. Валуцкий В.И. Растительность лесостепных районов в Восточной Барабе // Turczaninowia. 2011. Т. 14. № 1. С. 109–119.