

---

# ПРИКПАДНАЯ ИНФОРМАТИКА В ГЕОГРАФИИ

© В.В. НОВОХАТИН, А.А. КАЗАКОВ

*novohatin@yandex.ru*

УДК 631.619

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ В ОЦЕНКЕ ПРОЦЕССА ВТОРИЧНОГО ЗАБОЛАЧИВАНИЯ ОСУШЕННЫХ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

*АННОТАЦИЯ. Рассмотрена возможность использования данных дистанционного зондирования Земли в оценке процесса вторичного заболачивания осушенных болот Западной Сибири на примере Тарманской геосистемы.*

*SUMMARY. Possibility of use of remote sensing data of Earth in an estimation process of secondary swamping of the drained bogs of Western Siberia is considered on an example of Tarmansky geosystem.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Дистанционное зондирование Земли, вторичное заболачивание, нормализованный относительный индекс растительности, нормализованный дифференциальный индекс влагосодержания.*

*KEY WORDS. Remote sensing of the Earth, secondary bogging, normalized difference vegetation index, normalized difference water index.*

Наряду с лесными, заболоченные и болотные ландшафты являются важнейшими компонентами природной среды Западной Сибири и источниками ресурсов. В условиях промышленного освоения заболоченные ландшафты подвергаются антропогенным воздействиям, связанным, прежде всего, с эксплуатацией нефтегазовых месторождений, сельскохозяйственной и лесохозяйственной деятельностью. Вследствие этого возрастают площади антропогенно нарушенных земель. Негативные процессы и явления на таких нарушенных территориях выявляются не только при наземных исследованиях, но и при анализе данных дистанционного зондирования Земли. Поэтому в геоэкологических исследованиях все шире используют технологии, основанные на дешифрировании аэрокосмических снимков разного пространственного и временного разрешения [1], [2]. Материалы дистанционного зондирования Земли обеспечивают достоверность, оперативность и регулярность измерения характеристик состояния природной среды. Так же они являются основой при организации мониторинга в отдаленных и труднодоступных, вследствие высокой заболоченности, районах Западной Сибири.

Одной из наиболее острых проблем мелиорации Западной Сибири является вторичное заболачивание осушенных болот, сопровождаемое деградационными процессами в биоценозах, появлением признаков оглеения и накоплением на поверхности неразложившихся остатков. Вторичное заболачивание ухудшает агрономические свойства почв и снижает их производительность. По имеющимся данным, ежегодно на Западно-Сибирской равнине дополнительно заболачивается 20-30 тыс. га.

Необходимо выяснить причины вторичного заболачивания: существовали ли для него природные предпосылки или же к неблагоприятной ситуации привели непродуманные человеческие действия.

**Экспериментальная часть.** Проблемы возникновения вторичного заболачивания осушенных болот Западной Сибири рассмотрены на примере пригородной зоны г. Тюмени в пределах мелиоративной системы Тарманской лесозерно-болотной геосистемы.

Тарманская лесозерно-болотная геосистема расположена на границе северной лесостепи и подтайги на второй надпойменной террасе р. Туры в составе крупного орографического элемента — Зауральского плато. В Тарманской геосистеме преобладает грунтово-напорный тип водного питания (от 15 до 87%) [3]. Подробно ее природные характеристики изложены в специальном исследовании [4].

На территории Тарманской лесозерно-болотной геосистемы с 90-х годов XX века начался обратный процесс вторичного обводнения территории и вторичного заболачивания почв, о чем свидетельствуют данные режимных наблюдений по гидрогеологическим скважинам (рис. 1) [5].

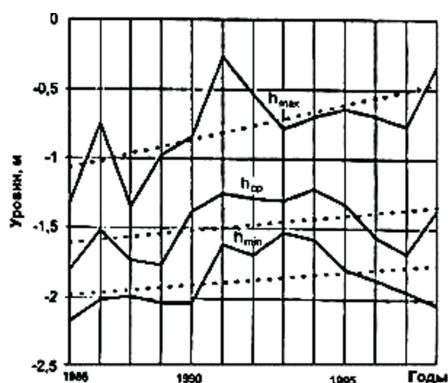


Рис. 1. Ход годовых уровней грунтовых вод. Объект «Решетниково», скв. 15г

Для проведения данного исследования широко использовались следующие материалы дистанционного зондирования Земли:

1. Космические снимки 1990-2011 гг., полученные с космических аппаратов серии Landsat (сканеры MSS, TM и ETM+) и QuickBird;
2. Материалы аэрофотосъемки масштаба 1:10 000.

Работа состояла из нескольких этапов:

1. Предварительная обработка космических снимков Landsat:

На этапе предварительной обработки снимков была произведена операция «Слияния нескольких слоев» (Layer Stacking). Данная операция выполнялась

в программном комплексе ENVI, где имеется инструмент для создания файла из геопривязанных изображений на одну территорию, но с разным разрешением и привязанных в разных проекциях. При использовании данного инструмента все каналы исходного изображения были собраны в один файл, приведены к одному разрешению и к одной проекции.

## 2. Преобразование изображений:

На этапе преобразования изображений были вычислены нормализованный относительный индекс растительности и нормализованный дифференциальный индекс влагосодержания.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) — нормализованный относительный индекс растительности — простой количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы. NDVI является одним из самых распространенных индексов для решения задач, использующих количественные оценки растительного покрова.

Методы вычисления вегетационных индексов (в т.ч. индекса NDVI) заключаются в выделении зеленой растительности с помощью простого арифметического преобразования и относятся к полностью автоматизированным методам, в которых участие пользователя ограничивается лишь одним последним этапом — идентификацией выделенных объектов.

Индекс вычисляется по следующей формуле:

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED}, \quad (1)$$

где: NIR — отражение в ближней инфракрасной области спектра;

RED — отражение в красной области спектра.

Согласно этой формуле, плотность растительности в определенной точке изображения равна разнице интенсивностей отраженного света в красном и инфракрасном диапазоне, деленной на сумму их интенсивностей.

Расчет NDVI базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) 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. То есть высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с густой растительностью) ведет к меньшему отражению в красной области спектра и большему в инфракрасной. Отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять и анализировать растительные объекты от прочих природных объектов. Использование же не простого отношения, а нормализованной разности между минимумом и максимумом отражений увеличивает точность измерения, позволяет уменьшить влияние таких явлений как различия в освещенности снимка, облачности, дымки, поглощение радиации атмосферой.

NDWI (Normalized Difference Water Index) — нормализованный дифференциальный индекс влагосодержания — показатель относительного содержания воды в растениях.

NDVI был рассчитан стандартными инструментами анализа растительности программного комплекса ENVI, а NDWI был рассчитан с помощью инструмента «Band Match» по следующей формуле:

$$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}, \quad (2)$$

где: NIR — отражение в ближней инфракрасной области спектра;

SWIR — отражение в коротковолновой инфракрасной области спектра.

Чтобы увидеть более тонкие вариации цвета, обе сцены были раскрашены с помощью инструмента «ENVI Color Table» (Цветные шкалы ENVI). Выбор выразительной раскраски для обоих индексов позволил различать более мелкие отличия в интенсивности вегетации (рис. 2) и влагосодержания (рис. 3).

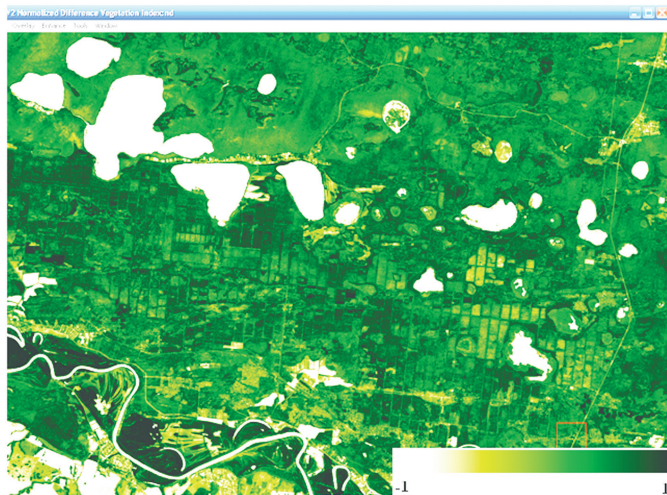


Рис. 2. Маска нормализованного относительного индекса растительности

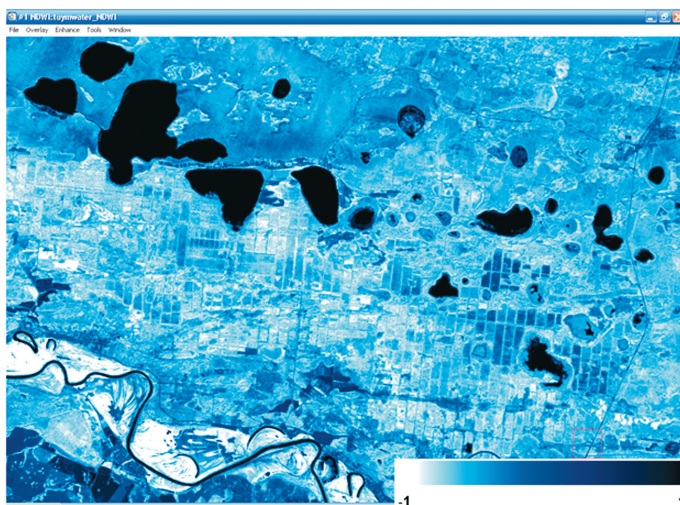


Рис. 3. Маска нормализованного дифференциального индекса влагосодержания

Более светлые участки на маске нормализованного относительного индекса растительности означают наименьшие его значения ( $-0,5-0,025$ ), а темные участки, соответственно наибольшие значения ( $0-0,75$ ). Белыми участками обозначены не вегетируемые поверхности (вода, бетон и т.д.).

Более светлые участки на маске нормализованного дифференциального индекса влагосодержания означают наименьшие его значения ( $-1-0,3$ ), а темные участки, соответственно, наибольшие значения ( $0,3-1$ ).

3. Экспертное дешифрирование вторичного заболачивания мелиоративной системы Тарманского озерно-болотного массива:

На данном этапе визуально оценивались и анализировались маски индексов NDVI и NDWI, после чего методом «цифрования по растровой подложке» в программном продукте MapInfo была создана карта вторичного заболачивания мелиоративной системы Тарманской геосистемы (рис. 4).



Рис. 4. Фрагмент карты вторичного заболачивания мелиоративной системы Тарманской геосистемы М 1:200 000

4. Анализ материалов аэрофотосъемки (АФС) и снимков с борта космического аппарата QuickBird:

На данном этапе проводилось визуальное дешифрирование материалов дистанционного зондирования Земли с целью обнаружения негативных явлений, способных привести к вторичному заболачиванию на территории исследуемой мелиоративной системы. Обнаруженные негативные явления подлежали картографированию.

**Результаты и их обсуждение.** По результатам анализа материалов аэрофотосъемки и снимков с борта космического аппарата QuickBird удалось установить несколько возможных причин вторичного заболачивания исследуемой территории:

1. Разрушение и зарастание каналов осушительной сети.
2. Перекрывание каналов осушительной сети земляными дамбами и насыпями (рис. 5).
3. Строительство транспортных коммуникаций (возможно, с нарушением СНиПов) (рис. 6).



Рис. 5. Перекрытие каналов осушительной сети земляными дамбами по материалам АФС



Рис. 6. Строительство транспортных коммуникаций по материалам космической съемки QuickBird

С помощью анализа снимков, полученных с космических аппаратов серии Landsat, удалось установить, что площадь вторичного заболачивания на территории мелиоративной системы Тарманской лесозерно-болотной геосистемы за исследуемый период в среднем увеличивалась на 4,248 км<sup>2</sup> в год и на момент исследования составила 84,96 км<sup>2</sup>.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барталев С.А., Исаев А.С., Лупян Е.А. Современные приоритеты развития мониторинга бореальных экосистем по данным спутниковых наблюдений // Сибирский экологический журнал. 2005. №6. С. 1039-1054.
2. Востокова Е.А., Шевченко Л.А., Суцень В.А. Картографирование по космическим снимкам и охрана окружающей среды. М.: Недра, 1982. 251 с.

3. Новохатин В.В., Шепелева Н.А. Внутрипочвенный сток с осушаемых болотных систем Западной Сибири // Вестник ТюмГУ. 2011. №4. С. 6-16.
4. Телицын В.Л. Антропогенное изменение болотных геосистем и пути их оптимизации (на примере Тарманского лесозерно-болотного комплекса) // География и природные ресурсы. 1994. №3. С. 112-120.
5. Калинин В.М., Чиков В.И. Количественная оценка воздействия мелиорации земель на режим и качество подземных вод // Вестник ТюмГУ. 2002. №3. С. 134-140.