

УДК 620.9 (575.2) (04)

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ  
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ  
ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

*А.К. Тыныбеков* – канд. физ.-мат. наук,  
*Ж.Э. Куленбеков* – инженер,  
*М.С. Алиев* – аспирант

---

Using the remote sensing data for ecological investigations of mountain glacier degradation dynamics on the Terskei Ala-Too mountain range in Ton river basin, as well as for analyzing the mudflow formation from Ton village to Kyzyl-Suu village is considered.

В широком смысле данные дистанционного зондирования земли (ДДЗ) – это получение любыми неконтактными методами информации о поверхности, объектах на ней или в ее недрах. Традиционно к ДДЗ относят только те методы, которые позволяют получить из космоса изображение земной поверхности в каких-либо участках электромагнитного спектра с использованием аппаратуры, установленной на борту космических аппаратов.

Данные дистанционного зондирования необходимы для географической информационной системы (ГИС) поддержки регионального плана по сохранению биоразнообразия по нескольким причинам.

Во-первых, известно, что основные тематические карты (растительности, землепользования, лесов и др.), необходимые для анализа и поддержки принятия решений при разработке плана по сохранению биоразнообразия (БР) для Кыргызской Республики, оцифровываются с бумажных оригиналов, которые созданы с космических снимков 1978–1980 гг., т.е. более 20 лет назад. Воздействие изменившихся социально-экономических условий в течение 20–25 лет на природно-хозяйственную среду региона привело к значительным изменениям природной среды.

Во-вторых, ДДЗ являются самым оперативным источником получения геоинформационных данных, а следовательно, основным источником для поддержания информации ГИС в режиме реального времени, особенно если фактор реального времени играет значительную или решающую роль (контроль стихийных бедствий, экологический мониторинг, мониторинг природоохраняемых территорий и т.д.) [1].

При дистанционных исследованиях можно получать информацию об объекте исследования в разных спектральных диапазонах: рентгеновском, ультрафиолетовом, видимом, инфракрасном. Чем меньше длина волны, тем выше точность измерения положения объекта. Длины волн оптического диапазона меньше длин волн теплового или радиолокационного диапазона. Поэтому оптические наблюдения, фиксируемые на фотопленку или с помощью сканирующих устройств, более информативны и точны.

Цели и задачи анализа космических снимков территории Иссык-Кульского региона включают:

- создание новых слоев карт, отвечающих современному состоянию экосистемы;
- коррекцию границ, унификацию и степень деградации экосистем по существующим векторным картам;

- определение современного состояния растительности;
- определение или коррекцию границ пахотных земель и пастбищ;
- определение границ деградации ледников.

Так как такие данные можно получить только со снимков среднего или достаточно высокого разрешения, возникает необходимость приобретения снимков с разрешением примерно 15–25 м.

В технологиях ДДЗ можно выделить три стадии: первая – поиск и приобретение данных дистанционного зондирования, вторая – предварительная цифровая обработка изображений, третья – классификация и интерпретация ДДЗ.

Первая стадия распадается на следующие этапы:

- ↪ Обзор и анализ данных дистанционного зондирования от разных сенсоров (спутников).
- ↪ Анализ требуемого разрешения, качества, временных параметров, формата, уровня обработки, количества кадров и стоимости снимков.
- ↪ Поиск данных дистанционного зондирования:
  - поиск поставщика данных;
  - отбор данных;
  - ведение рабочей переписки с поставщиками данных;
  - просмотр отобранных данных;
  - отслеживание качества заказанных данных.
- ↪ Рекомендации по выбору параметров при заказе данных дистанционного зондирования у поставщика, включающие проекцию, формат самих данных и другие.
- ↪ Проверка качества полученных данных дистанционного зондирования.
- ↪ Разработка заказной спецификации и закупка.

Предварительный анализ возможных вариантов снимков и решаемых задач показал, что необходимую информацию можно получить из снимков со следующими характеристиками:

- ✓ **снимки:** LandSat TM, ETM, Liss-3 или Aster;
- ✓ **разрешение:** 15–30 – 50 м;
- ✓ **процент облачности:** допустимо распределение облачности по вершинам хребтов;
- ✓ **сезон:** июнь – сентябрь;
- ✓ **сроки:** по степени приоритетности 2005, 2002, 2001, 2000 и 1999 годы;

- ✓ **уровень обработки:** с орторектификацией и корректировкой проекция;
- ✓ **система координат:** Гаусса-Крюгера, Пулково 42, UTM WGS-84;
- ✓ **территория:** часть хребта Тескей Ала-Тоо, координаты прямоугольника;
- ✓ **верхний левый:** 76 град 51 мин в.д, 41 град 58 мин с.ш.;
- ✓ **нижний правый:** 77 град 15 мин в.д, 41 град 57 мин с.ш.;
- ✓ **количество кадров:** зависит от пространственного разрешения.

Фрагмент космического снимка части территории Кыргызстана в районе хребта Тескей Ала-Тоо горного массива Центральный Тянь-Шань приведен на рис. 1.



Рис. 1. Фрагмент космического снимка части хребта Тескей Ала-Тоо.

Для анализа и мониторинга изменений окружающей среды часто используют данные сенсора NASA, Landsat TM или Aster, имеющие 7 или 14 спектральных каналов с пространственным разрешением 30, 15 (видимый и ближний инфракрасный диапазон) и 90 (дальний ИК) метров. В большинстве случаев обрабатываются лишь первые три канала (1, 2, 4), имеющие пространственное разрешение 15 м.

Основные задачи мониторинга и анализа изменений окружающей среды, которые можно решить при помощи обработки снимков камер NASA или Aster: анализ растительности, оценка деградации растительности, выявление вырубок, мониторинг мероприятий по сохра-

нению окружающей среды, построение трехмерных моделей изучаемой территории и др.

Типовые этапы обработки ДДЗ на второй технологической стадии:

1. Ввод данных.
2. Визуальный анализ данных.
3. Ректификация (регистрация) изображений.
4. Комбинирование изображений.
5. Улучшение качества изображений.

На *первом* этапе осуществляется либо импорт данных, полученных со спутника, либо сканирование данных.

*Второй* этап предполагает обязательный анализ данных для последующего составления плана обработки изображений.

На *третьем* осуществляется ректификация изображений. В случае необходимости она может быть переведена в заданную картографическую проекцию.

На *четвертом* возможно объединение или комбинирование нескольких изображений для получения целостной картины исследуемого объекта или явления.

*Пятый* этап дает изображение, синтезированное из нескольких разных изображений, которое подвергается обработке с целью улучшения качества и приведения разных характеристик исходных изображений к единым характеристикам одного синтезированного изображения.

Среда для отображения снимков ENVI (Environment for Visualizing Images) является наиболее дешевым и в то же время достаточно простым в управлении программным обеспечением для работы с данными дистанционного зондирования [2].

ENVI приобретен для всех национальных групп ГИС и выполняет функции по обработке и глубокому анализу многозональных снимков; исправлению геометрических и радиометрических искажений; поддержке объемных растровых и векторных форматов; интерактивному улучшению изображений; интерактивному дешифрированию и классификации; выбору области обработки; векторному отображению, оцифровке; оформлению карт; анализу снимков в радиодиапазоне.

В отличие от других пакетов по обработке снимков в ENVI встроен язык программирования IDL (Interactive Data Language), позво-

ляющий расширить функциональные возможности ENVI или создать собственные подпрограммы.

Открытая архитектура ENVI обеспечивает удобство обработки данных, полученных со спутников ASTER, LANDSAT SPOT, RADARSAT, NOAA ESA и других.

Классификация представляет собой третью, наиболее сложную стадию обработки ДДЗ. На данной стадии осуществляется распознавание объектов, изображенных на космоснимке:

1. Классификация объектов изображений.
2. Организация таблиц атрибутивных данных.
3. Векторизация объектов изображений.
4. Формирование цифровых моделей.
5. Пост-классификационная обработка.
6. Подготовка карт.

Для повышения качества распознавания объектов и улучшения качества векторизации растрового изображения на *первом* этапе осуществляются автоматизированная классификация объектов изображения и их группирование по свойствам (атрибутам). Благодаря этому существенно упрощается процесс организации атрибутивных данных. *Второй* этап создает основу для применения ГИС-технологий. В нем происходит создание структур атрибутивных данных в соответствии с требованиями конкретной ГИС и формируется структура связей позиционных и атрибутивных данных. На *третьем* этапе осуществляется векторизация растрового изображения с использованием данных классификации и организованной связи “координаты-атрибуты”. На этом этапе проводится существенное (на 2, 3 порядка) сжатие исходных данных при сохранении информативности о выбранных объектах. *Четвертый этап* – построение цифровой модели как основы хранения данных и моделирования в ГИС. На *пятом* этапе выполняются процедуры пост-классификационного моделирования, которые могут включать ряд процедур, таких, как комбинирование объектов, ректификация, классификация и др. повторно. Цель этих процедур – более углубленное исследование объектов ГИС. *Шестой* этап классифицирует результаты моделирования, которые оформляются в виде карт, отчетов, справок, и других документов.

Сложность этого процесса состоит в том, что при классификации объектов космоснимка

различными методами, создании векторных карт и атрибутивных таблиц должен быть использован личный или коллективный опыт специалистов (ботаников, лесников, почвоведов и др.), предварительно накопленный в базе знаний ENVI, а также приобретенный при построении векторных тематических карт.

При отсутствии базы знаний необходима детальная рекогносцировка на местности с GPS – приемником для сопоставления ДДЗ и реальных данных.

Таким образом, предварительный план обработки данных дистанционного зондирования может быть следующим:

1. Выбор и приобретение снимков ДЗ.
2. Предварительная обработка снимков.
3. Подготовка библиотеки регионов интересов на основе векторных карт растительности, землепользования, при помощи которых будет проведена классификация космических снимков.
4. Векторизация снимков и коррекция атрибутивных таблиц, окончательная коррекция карт с помощью узких специалистов и GPS-технологии и оценка точности результатов.

Оледенение является одним из важных элементов подстилающей поверхности в бассейне реки Тон и в большей мере влияет на количественные характеристики стока (рис. 2). Нами было предпринято более детальное изучение оледенения, а именно: определение площади современного оледенения. Были использованы 2 источника данных за различные временные периоды:

- топографическая карта масштаба 1:250000, выполненная на основе данных аэрофото съемки 1963 г.;

- космический снимок NASA за июнь 2001 г.

Слой к карте был оцифрован с использованием программы ArcGIS-8.3., а географическая привязка космических снимков осуществлялась при помощи программы ENVI 3.5.

Большое внимание уделялось точности при определении границ оледенения, так как на космическом снимке присутствовал небольшой процент облачности, что могло привести к ошибке в определении реальных размеров исследуемых объектов.

Оцифрованные слои 23 ледников имеют нечеткие границы, из-за наличия незначитель-

ной облачности на космическом снимке NASA (рис. 2).

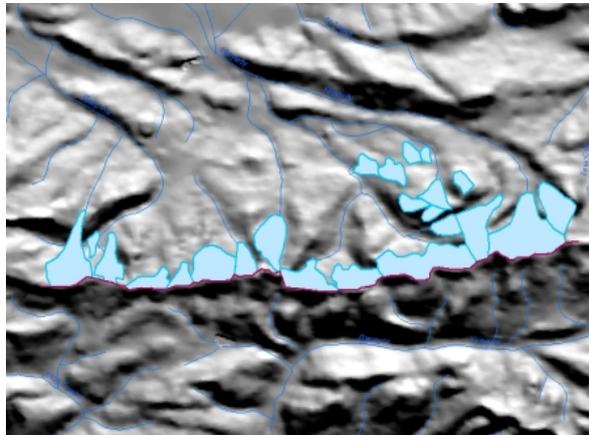


Рис. 2. Слой оледенения бассейна реки Тон, оверлей на космоснимок NASA (2001 г.).

Учеными было отмечено повсеместное уменьшение ледников в мире, начиная с 70-х годов XX в. и особенно их резкое уменьшение с 80-х. Пример такого исследования был проведен Кыргызско-Швейцарским проектом в бассейне реки Сокулук и на северном склоне хребта Кыргызский Ала-Тоо. Диаграмма изменений площади оледенения, наблюдаемых с 1963 г. представлена на рис. 3. Аналогичный процесс происходил и на ледниках хребта Тескей Ала-Тоо. Скорость уменьшения ледников увеличилась практически в два раза, от 0,6% с 1963 по 1986 гг. до 1,3% с 1986 по 2000 гг.

Площадь оледенения за последние 38 лет уменьшилась более чем на 28%. С 1963 по 1986 гг. площадь ледников уменьшилась на 13,3%, а с 1986 по 2000 гг. – на 17,1%. В период с 1963 по 2000 гг. 8 ледников полностью исчезли. Они принадлежали к классу I (<0,5 км<sup>2</sup>). Несмотря на то, что класс I занимает только четвертую часть всей площади оледенения, на него приходится 40% исчезнувшей площади ледников. С 1963 по 1986 гг. исчезло 9,1% ледников класса I, за период 1986 по 2000 гг. – 41,5% ледников, что свидетельствует о том, что ледники по площади менее 0,5 км таяли более интенсивно, чем ледники других классов [3].

ГИС является наиболее подходящим инструментом для хранения, обработки и анализа результатов наблюдений. Одно из самых важ-

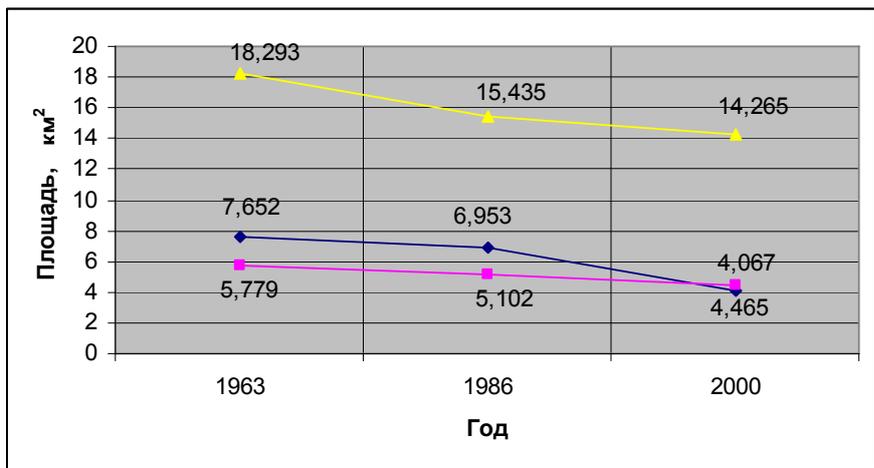


Рис. 3. Изменения площади ледников с 1963–2000 гг.

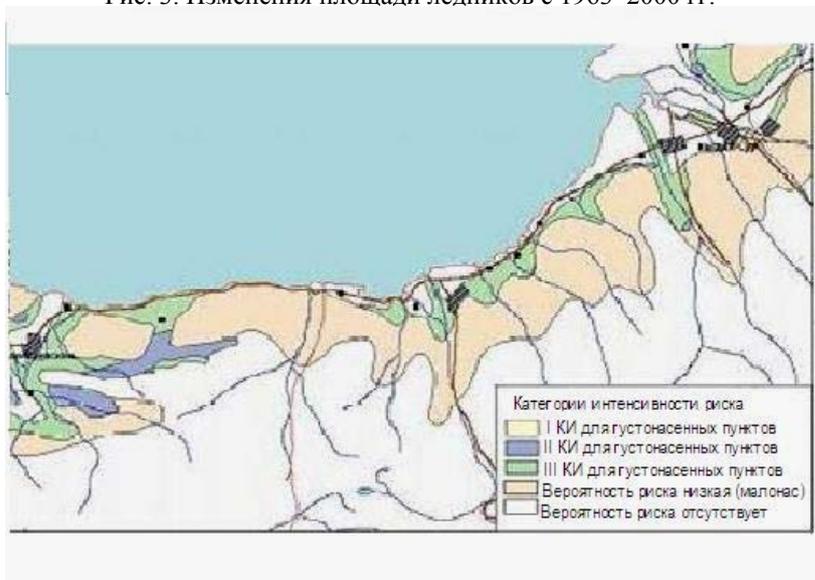


Рис. 4. Синтетическая карта опасности долины р. Тон с результатом оверлея (наложения) трех слоев.

ных достоинств ГИС – возможность многоуровневого синтеза и анализа. Совмещая тематические данные различного содержания и анализируя результаты такого синтеза, мы можем получить новую информацию и провести комплексный анализ широкого спектра факторов и условий селеформирования. Анализ можно проводить на разных масштабных и временных уровнях.

В пределах рассматриваемого участка территории южного берега оз. Иссык-Куль, от с. Тон на западе до с. Кызыл-Суу на востоке, нами были использованы ГИС-технологии для

анализа риска селеобразования. Паводковой и селевой опасностью отличается долина р. Тон (рис. 4). В ее верховьях находится мореноледниковые озера Туук-Тер, Колтер, Корумды, которые относятся к 1 категории прорывоопасности.

Районирование территории проведено в баллах интенсивности риска от 1 до 7, разграничение риска по категориям произведено в следующей градации:

- ✓ 1–2 балла – 1 категория риска (риск приемлем);

- ✓ 3–4 балла – 2 категория (риск приемлем частично);
- ✓ 5–7 баллов – 3 категория (риск не приемлем) [4].

На основе оценки экологического риска выработан комплекс рекомендаций, направленных на устранение или уменьшение риска.

Применение многоуровневой геоинформационной системы, ориентированной на оценку селевой опасности и мониторинг селевых процессов, является современной технологией мониторинга природных катастроф. Современная структура ГИС-технологий может использоваться для геоинформационного картографирования горных районов и для оперативного решения аналитических задач: пространственного моделирования, инженерных расчетов. Разработка новых способов отображения позволяет повысить скорость и качество анализа. Основная задача данной геоинформационной системы – предупреждение и сведение к минимуму ущерба, причиняемого селями [4–5].

#### Литература

1. Зуев Ю.С., Решетнева Т.Г., Таченков А.А. Применение методов дистанционного зондирования в геоинформатике. – <http://www.amursu.ru>.
2. Официальный сайт компании Research Systems International Ltd. – <http://www.rsmc.com>.
3. Belenko V., Ershova N. Tracing glaciers wastage of North Tien-Shan (Kyrgyzstan) on Sokuluk river basin. – Bishkek, 2001.
4. Тыныбеков А.К., Торгоев И.А., Алешин Ю.Г. Оценка рисков природных процессов южного побережья озера Иссык-Куль // Международная конференция по человеческому здоровью и стратегия окружающей среды. Программа нового тысячелетия. – Бишкек. – 2001. – 14–16 мая.
5. Тыныбеков А.К., Куленбеков Ж.Э., Алиев М.С. Использование ГИС-технологии для оценки риска селевой опасности // Вестник КГТУ им. И. Раззакова. – 2006. – Т. 2. – С. 419–423.