

Технологии дистанционного зондирования и решение проблем устойчивого развития прибрежных территорий Азербайджана

Х.Р. Исмагова

*Национальное Аэрокосмическое Агентство при Министерстве оборонной промышленности Азербайджана (НАКА)
Институт космических исследований природных ресурсов, Баку
AZ 1118-Баку, ул. Рустамова, 47/100*

В работе приводятся результаты применения спутниковой информации в различных проблемно-ориентированных приложениях по проблемам устойчивого развития прибрежных регионов Азербайджана. Работы получили развитие при создании картографического банка данных на базе Web-приложений для локальной сети станции приёма спутниковой информации НАКА.

Введение

Прибрежные экосистемы, обладающие уникальными особенностями и ресурсом, особенно уязвимы к различным рода антропогенным и природным воздействиям. Для принятия решений в задачах рационального управления устойчивым развитием прибрежных зональных систем очень важно иметь высокоорганизованную, скоординированную, многоуровневую информацию о социально-экономических, экологических, природных процессах, протекающих в исследуемом регионе. В этом ряду спутниковая информация является ценным и наиболее достоверным источником информации, которая поступает в реальном режиме времени. Проблемно-ориентированные геомодели некоторых тестовых участков Азербайджанской прибрежной зоны Каспийского моря создавались с участием автора на протяжении нескольких лет по следующим тематикам:

1. Проблемы опустынивания и картографирование современных процессов опустынивания в аридных прибрежных территориях Азербайджана.

2. Увеличение значимости данных дистанционного зондирования (ДЗ) при составлении карты землепользования.

3. Внедрение опыта ландшафтного планирования на примере заповедной территории прибрежной зоны.

4. Выбор оптимального участка захоронения токсичных отходов в аридной зоне.

5. Составление Кадастра загрязнённых земель г. Сумгайыта. Приведённый выше перечень задач позволяет сделать вывод об актуальности проблемы выработки научно-обоснованных решений на базе привлечения материалов и технологий обработки данных ДЗ и их интеграции с другими технологиями по проблемам устойчивого развития прибрежной зоны. Как следствие, отрабатаны основные этапы создания информационно-аналитических систем, выполняющих двойственные функции, связанные:

во-первых, с интеграцией данных дистанционного зондирования в среду ГИС для создания электронной карты того или иного тематического содержания;

во-вторых, с оперированием пространственно-скоординированной информацией (геомоделирование), обеспечивающей интерпретационную поддержку тематическому дешифрированию данных ДЗ.

Именно многоаспектность задач и сложность обработки разнородной априорной пространственной и непространственной информации большого объёма привели к необходимости разработки управляющей системы, иначе менеджера карт, с помощью которой могла бы осуществляться оперативная выборка данных.

В данной работе будут изложены принципы интеграции технологий обработки данных дистанционного зондирования, ГИС-технологий и Web-приложений для создания единого картогра-

фического банка данных для локальной сети станции приёма спутниковой информации, которая была образована в Национальном Аэрокосмическом Агентстве на базе комплекса UNISCAN-24 фирмы ScanEX.

Проблемно-ориентированные приложения для решения задач устойчивого развития прибрежных регионов

Коротко опишем ряд проблемно-ориентированных приложений, при решении которых был приобретён опыт работ по освоению мировых технологий в решении проблем устойчивого развития регионов с применением данных дистанционного зондирования.

◆ **Проблемы опустынивания: картографирование современных процессов**

опустынивания в аридных прибрежных территориях Азербайджана. Проект Тасис ЕС «Борьба с опустыниванием» в Азербайджане проводился с 1998 по 2001 гг. Практически всё Азербайджанское побережье Каспийского моря подвержено сильной антропогенной нагрузке и вследствие этого антропогенному опустыниванию. Естественно, что различные зоны отличаются по типу и степени антропогенного воздействия. Причинами процессов опустынивания могут быть: высокая плотность населения прибрежных районов, интенсивность сельскохозяйственной деятельности, развитие промышленности, нефте- и газодобычи и их переработки, перевыпас скота и вырубка леса, строительство дорожной сети, населённых пунктов, зон отдыха.

Проведённые комплексные исследования показали преимущество интегрированных технологий. Именно интегрированный анализ данных дистанционного зондирования с материалами наземных, аэрологических и почвенных исследований, а также с привлечением экспертных знаний, позволил более эффективно решать научные и прикладные задачи в области комплексных исследований природной среды по проблемам опустынивания. В данном проекте на основе космических снимков среднего разрешения (Ландсат ТМ, 1980, 2000—2001г), были составлены карты типа, степени по состоянию на 1980год и 2000г., а также риска опустынивания по прогнозу на 2010год [1, 2]. Определялись причины опустынивания и выработаны рекомендации по борьбе с опустыниванием в Азербайджанской прибрежной зоне Каспийского моря.

◆ **Увеличение значимости данных ДЗ при составлении карты землепользования**

Примером комплексной обработки данных дистанционного зондирования и интегрирования их в ГИС-среду можно назвать составленную по космическим снимкам электронную карту растительности/землепользования Азербайджана (в масштабе 1: 50 000) в рамках проекта ФАО ООН: " Strengthening Capacity in Inventory of Land Cover / Land Use by Remote Sensing (TCP/AZE/8921(A)", июль 1999 - июнь 2001 года). Проект был выполнен в Азербайджанском Национальном Аэрокосмическом Агентстве для Министерства Сельского хозяйства Азербайджанской Республики. В рамках проекта были составлены векторные слои по объектам землепользования на всю территорию Азербайджана, в частности на побережье Каспийского моря.

Обобщая опыт работы в проекте, можно утверждать, что наиболее сложным было дешифрирование сельскохозяйственных культур. Значительное сокращение чайных, виноградных, хлопковых плантаций, деградация оккупированных земель и переселение жителей этих территорий в аридные земли побережья, переориентация на частный сектор землепользования изменили сельскохозяйственный ландшафт территории Республики. Эти обстоятельства потребовали привлечения специалистов Министерства сельского хозяйства, выезда на полевые исследования, использования литературных и картографических источников. В ходе проекта выработана методология анализа изображений по технологиям ФАО ООН. Анализ выполнялся: 1) визуально; 2) визуальными методами машинного анализа в интерактивном режиме; 3) целиком и полностью компьютером (автоматически). Однако в любом случае карты, созданные по материалам космической съёмки объединяет одна общая черта - границы исследуемых ареалов устанавливаются по определённым критериям:

во-первых, по оптическим свойствам природных объектов;

- во-вторых, по ландшафтным индикаторам;
- в-третьих, по полевым исследованиям;
- в-четвёртых, с привлечением экспертных знаний.

Благодаря этому карты отличаются (от созданных традиционным способом) точностью пространственного положения границ, детальностью и объективностью их установления [3]. Требуемая точность проведения процедуры распознавания обосновывает выбор оптимальных по спектральным характеристикам тестовых участков. Отсюда, разработана методика, оптимизирующая процесс отбора тестовых фрагментов изображения с привлечением следующих процедур: методов спектрального анализа (сравнение гистограмм, составление совмещённой спектральной схемы, выбор наиболее информативных для разделения классов объектов спектральных каналов), операций улучшения визуальных качеств изображения (цветовое контрастирование, преобразование Tasseled Cad, NDVI, Principal components и ряд других преобразований).

Результатом проекта было не только создание электронной векторной карты землепользования всей территории Азербайджана, куда вошли 7 классов земного покрытия и 38 классов землепользования, база картографических данных, но и опыт работ по технологиям ФАО ООН. Классификация была проведена в соответствии со стандартами ФАО по системе «Land cover classification system» [4].

♦ Выбор оптимального участка захоронения токсичных отходов

В данном проекте привлечение космической информации обусловлено выполнением инженерно-проектных работ для выбора участка временного захоронения и утилизации отходов бурения с целью изучения окружающей среды и оценки выбора участка Полигона захоронения.

Для проведения этих работ были приобретены космические снимки высокого разрешения – IKONOS 2 (Видимый диапазон с разрешением на местности 2,1 м, инфракрасный диапазон ИК (0,77-0,88м) с разрешением 4м). Формат-GEOTIF. Снимки были геопривязаны в базовую проекцию UTM,WGS 84. На рис. 1 дан результат неконтролируемой классификации ISODATA, применённого к снимку по ареалу исследования. Ареал исследования характеризуется влиянием сильно соленого озера (чёрный цвет). Серым цветом от озера выделена зона влияния – сильнозасоленные почвы. Темносерым цветом указаны образования солончаков. Вся территория поделена на квадраты согласно карте местности масштаба 1:2000 и в ГИС- среде сетка наложена на результат классификации снимка.

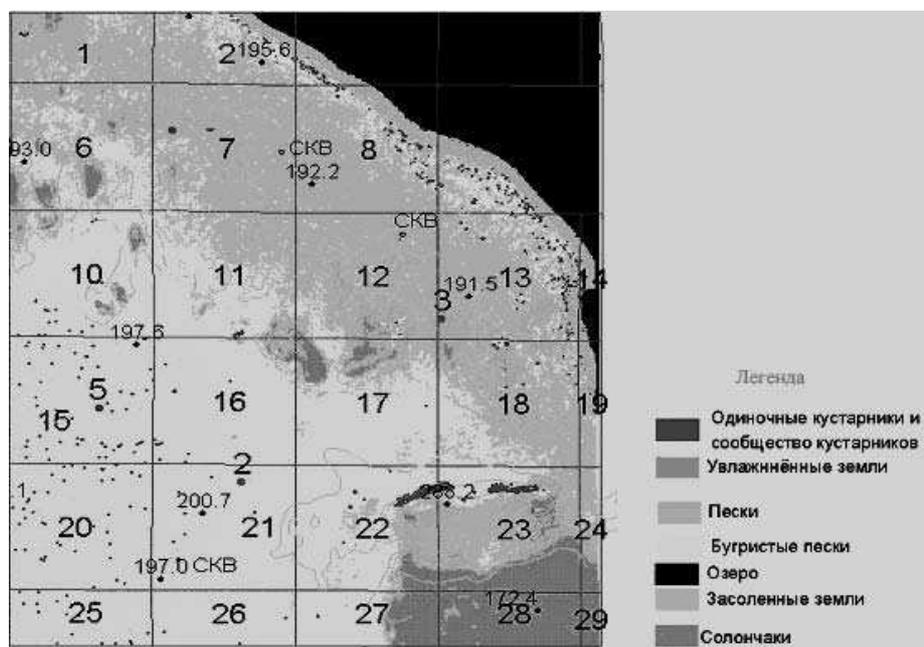


Рис. 1. Координатная сетка наложена на результат классификации снимка. В середине квадратов указаны их ID коды. Точки с цифрой наверху показывают возможное местоположение и ID код Полигона

По каждому квадрату проводился анализ экологического состояния, например, на рис. 2 показан анализ снимка по классификации почвенно-растительного покрова в квадрате 6, где концентрируются большое количество солончаков.



Рис. 2. Карта почвенно-растительного покрова в квадрате 6

Таким образом, анализ каждого квадрата и классификационная карта показали точные границы влияния сильно засоленного озера, зону развития солончаков, места обитания джейранов, характеристики почвенно-растительного покрова, увеличение сети дорог на единицу территории и деградацию земель вокруг водных источников. Подробный анализ информации, полученной в результате визуального и автоматического дешифрирования космоснимка высокого разрешения (IKONOS2) с помощью технологий цифрового картографирования позволил сделать обоснованный на полученных цифровых и картографических материалах вывод - квадраты 15 и 21, с пунктами измерения данных №5 и №2: могут соответствовать требованиям для проектирования Полигона. Данный вывод был согласован с наземными исследованиями.

♦ *Проект ландшафтного планирования заповедной территории прибрежной зоны.* В данном проекте для проведения исследований по ландшафтному планированию с применением космических снимков была выбрана территория Ширванского Национального парка (ШНП), находящаяся в прибрежной зоне у м. Бяндован Азербайджана. Целью создания ШНП является сохранение полупустынного ландшафта, защита джейранов и птиц, внесённых в красную книгу. Интенсивное освоение прилегающих к ШНП территорий, наличие нефтяных буровых вышек существенно меняет почвенно-растительный покров парка и естественный ареал проживания джейранов, создаёт множество конфликтных для развития ШНП ситуаций.

Для выполнения проекта использовались космические снимки среднего разрешения ЛАНДСАТ ТМ (30x30м) 1998,2000,2005г. По ним составлялась карта современного землепользования территории ШНП и некоторой буферной зоны, прилегающих к нему территорий. Самое главное в данном проекте – это перенесение опыта ландшафтного планирования в Германии и России на территорию Азербайджана, выполнение его принципов и создание серии карт по ландшафтному планированию с использованием космических снимков. Были составлены карты биотопов, почв,

землепользования, поверхностного стока, карты целей и мероприятий рационального планирования и развития ШНП. Одним из примеров является анализ увеличения площади солончака на территории ШНП. На рис. 3 и рис. 4 приводится сравнение площади солончака, полученное с карты 1975г. со снимками 1998,2000,2005 годов. Визуально уже видно разрастание площади солончака.

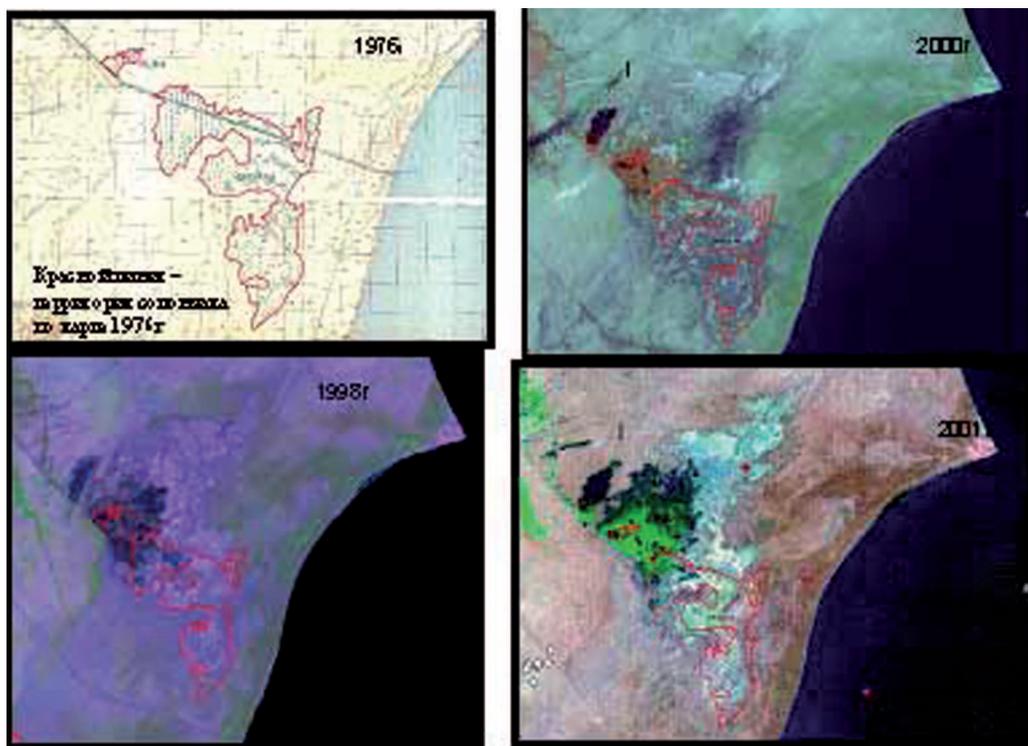


Рис. 3. Красной линией показан контур солончака по состоянию на 1975г. Наложение контура 1975г. на снимки 1998,2000,2005 годов показывает значительное увеличение площади солончака

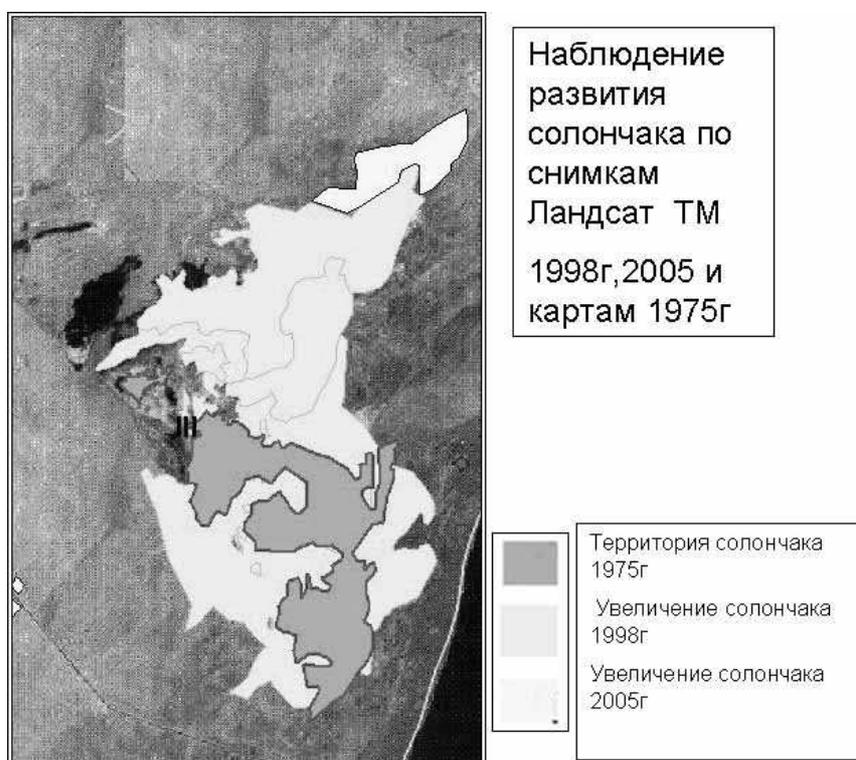


Рис. 4. На фоне космического снимка показан сравнительный анализ развития солончака

На рис. 4 приведен сравнительный анализ увеличения площади солончака. Анализ снимка показывает появление искусственного озера и болота в зоне влияния нерегулируемого стока водосборного канала, протекающего через территорию ШНП. В рамках проекта были изучены причины разрастания, влияние этого процесса на условия проживания джейранов и выданы рекомендации по ландшафтному планированию ШНП. Важным результатом является освоение опыта ландшафтного планирования, и как следствие, расширение области применения данных дистанционного зондирования для устойчивого развития регионов прибрежной территории.

♦ *Составление Кадастра загрязнённых земель г. Сумгайыта.* Данная работа выполнялась в рамках проекта Германского Общества Технического Сотрудничества (GTZ) «Сотрудничество городов Германии и Кавказа». Целью проекта было создание Кадастра загрязнённых территорий г. Сумгайыта. Результатом проекта стала информационно-аналитическая система «КАДАСТР загрязнённых территорий г. Сумгайыта» с базой данных аэроснимков, топокарт масштаба 1:10 000 и семантического материала по загрязнённым территориям. В основе системы лежит интеграция СУБД и ГИС. В проекте были задействованы аэроснимки 1992г., топокарты 1980г, космический снимок 2000г, а также данные экологической экспертизы промышленных объектов г. Сумгайыта. Таким образом, была создана разновременная пространственная информация, актуализация которой в среде ГИС позволила создать векторную основу для инвентаризации загрязнённых территорий. Для пользователей создан макет СУБД в среде MS ACCESS для простого и удобного управления информацией. Пользователи имеют возможность в интерактивном режиме вносить и выбирать из списка справочную информацию о загрязнённых территориях двумя способами:

1. для тех, кто имеет ГИС-программы в макете имеется вход в готовый ГИС-проект со всеми тематическими слоями и базой данных;

2. для тех, кто не имеет ГИС программы, имеется возможность выбирать информацию из базы данных MS ACCESS, где заархивирована растровая и семантическая информация о загрязнённых территориях, источниках загрязнения и составе отходов на данных территориях.

На рис. 5 дан макет «КАДАСТР загрязнённых территорий г. Сумгайыта» для пользователей, он состоит из нескольких блоков. Верхний блок – инвентаризация свалок: номер свалки в базе данных, тип свалки, регистрационные номера по документам, состав отходов, код организации,



Рис. 5. Макет «КАДАСТР» загрязнённых территорий для пользователей

чьи отходы скапливаются на данной свалке ит.д. В этом же блоке пользователь имеет выход в ГИС “ArcView” или в базу данных «Карта». В среднем блоке выбор справочной информации по организациям, чьи отходы скапливаются на конкретных свалках, начиная от имени организации, фамилии руководителя, местонахождения организации, чьё ведомство и т.д.

В нижнем блоке находится информация и возможности поиска информации по составу указанной выше свалки, которая также связана с организацией. Таким образом, для пользователя создан удобный интерфейс поиска информации о загрязнённых территориях, который также может быть документом для предъявления в экологическую экспертизу. В настоящее время Кадастр внедряется в Отдел архитектуры г. Сумгайыта и имеет продолжение с целью составления карт более крупного масштаба, чем масштаб 1:10 000.

Создание единого централизованного хранилища пространственной информации для локальной сети станции приёма спутниковой информации НАКА

Как видно из приведённых выше примеров, цифровые пространственные данные – важнейшие элементы информационного обеспечения и пространственного моделирования в геоэкологических исследованиях. Потребность данной информации в целях однозначной интерпретации спутниковой информации и повышения качества их применения в различных прикладных задачах велика, но, однако предложения хронически отстают от спроса - найти на нужную территорию и нужного масштаба качественную растровую и векторную информацию является большой проблемой. Проблема усугубляется при требованиях оперативной обработки со стороны заказчиков.

Идея создания единого информационного хранилища стала особенно актуальна, когда в НАКА в 2007 году была установлена станция приёма спутниковой информации.

Во-первых, самой насущной проблемой на станции стала архивация снимков, а также её привязка к местности, что потребовало разработки способа архивации не только спутниковой информации, но и базы опорных топографических карт. Во-вторых, проблемы защиты информации и в тоже время требования распределения спутниковой информации пользователям обусловили разработку центрального хранилища пространственной информации с разграниченным доступом к его ресурсам и специального WEB-интерфейса для пользователей. В-третьих, для решения конкретных тематических задач необходима продуманная система моделей данных с различных векторных слоёв, следовательно, и система метаданных.

Первым подходом к данной проблеме было решение о структуре централизованного хранилища, куда вошли банк архивных, банк интегрированных и банк проблемно-ориентированных данных. Банк архивных данных – это исходные данные, которые недоступны пользователям без особого пароля и данные в банке не изменяются. Банк интегрированных данных – это преобразованные исходные данные, но все они представлены в единой информационной среде с заданной картографической проекцией. Спутниковая информация находится здесь с радиометрической и геометрической коррекцией, а также совместно с картами с привязкой к местности. Банк проблемно-ориентированных данных – это тематические слои, создаваемые пользователями на своих рабочих местах и возвращаемые в банк. Все ресурсы централизованного хранилища визуализируются с помощью средств и методов картографического WEB сервера (рис. 6).



Рис. 6. Функциональная структура интегрированной информационной базы данных

Таким образом, назначением банка пространственных данных является:

- систематизация цифровых картографических данных в масштабе локальной сети центра;
- интеграция с источниками геологических, экологических, геофизических и других данных

НАКА;

- предоставление доступа к картографическим материалам через WEB;
- предоставление средств управления данными.

В настоящее время банк картографических данных включает топокарты в масштабе 1:100 000 на всю территорию Азербайджана, тематические карты в масштабе 1:500 000, на отдельные регионы карты в масштабе 1: 10 000 и 1:5000, тематические векторные карты, созданные по указанным выше проектам. Обращение к банку данных производится через WEB-интерфейс, составленным на языке HTML. Интерфейс пользователя состоит из трёх фреймов, где пользователь может составить запрос по метаданным, по классификатору региональных проблем: физико-географическим, социально-экономическим, экологическим показателям прибрежных территорий и по другим территориям Азербайджана (рис.7). Один из фреймов организован в виде предметного каталога. В нем содержатся ссылки на карты, рисунки, тематические слои, документы, в том числе расположенные во внешних системах[5]. Внедрение системы на основе Web/GIS-технологий в локальную сеть центра приёма спутниковой информации позволит GIS-экспертам вести тематическую обработку снимков обращаясь к централизованному хранилищу, исключить из процесса повторные операции по привязке и поиску дополнительных данных.

ПИРКУЛИНСКИЙ ЗАПОВЕЛНИК

N	Характеристики	Описание
1.	Год и цель создания 	1990 г., охрана и восстановление природных комплексов юго-восточных склонов Большого Кавказа, предотвращения эрозионных процессов, обеспечение воспроизводства популяций редких и ценных видов животных и растений Алтыгач и Хьзинского массива.
2.	<u>Рельеф</u>	Площадь - 4 400 тыс. га,
3.	<u>Климат</u>	Умеренно-тёплый
4.	<u>Растительность</u>	90,5% территории покрыта широколиственными лесами . Преобладают дуб, граб, бук, которые составляют 99% древостроя .
5.	<u>Животный мир</u>	Обитают косуля, медведь, кабан, рысь, енот, заяц, лиса, куница, волк и другие.
6.	<u>Примечание</u>	Растительность и фауна заповедника изучены недостаточно.

[ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ДЕГРАДАЦИЯ КОМПОНЕНТОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ](#)
[ВЛИЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ](#)
[КОНЦЕПЦИЯ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ АЗЕРБАЙДЖАНА](#)
[ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ АЗЕРБАЙДЖАНА](#)
[ГОСУДАРСТВЕННЫЕ ЗАПОВЕДНИКИ И ЗАКАЗНИКИ](#)
[ПАМЯТНИКИ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ](#)
[КАТАЛОГ КАРТ АЗЕРБАЙДЖАНА](#)

Рис. 7. Ответ на запрос «Пиркулинский заповедник». В правой части из подчёркнутых гиперссылок можно выйти на соответствующую карту

Чтобы реализовать функцию построения карт пользователем, был введён инструмент интерактивного картографирования на основе набранных слоев. Для этого создана динамическая служба ArcIMS. Этот сервис помогает анализировать состояние работы и может приостанавливаться до следующего запроса пользователя на работу с этой картой. А конфигурация карты сохраняется в базе. Разработаны следующие средства администрирования:

- Редактор атрибутивных моделей картографических слоев;
- Редактор метаданных;

- Редактор деревьев навигации;
- Менеджер регистрации материалов;
- Менеджер пользователей.

Итоги и перспективы

Безусловно, планируя создание информационно-справочной системы с централизованным банком картографических данных, мы заранее закладывали функциональность, позволяющую использовать банк в других отраслях: строительство, управление природными ресурсами, управление трубопроводами, энергетика, вооруженные силы, чрезвычайные ситуации и т.д. Создание банка картографических данных в сочетании со спутниковой информацией особенно эффективна там, где идет постоянное изменение данных и ситуации при многообразии карт и пространственных слоев. Разработка картографического банка данных дала новый толчок в плане совместного использования Web-технологий, данных дистанционного зондирования и геоинформационных систем. Широкие возможности по накоплению результатов работ, созданию карт самим пользователем (возможно без специальной подготовки) открывают новые горизонты для приобщения специалистов центра к геоинформатике, распространению и увеличению тематических заказов на спутниковую информацию.

По мере развития работ пользователями создаваемого информационного ресурса могут быть государственные учреждения и службы, принимающие решения на основе обработки и анализа пространственных данных. Это – региональные службы МЧС, нефтяные и газовые компании, по строительству и эксплуатации трубопроводов; организации экологического мониторинга и охраны природы, а также региональные, местные земельные управления, бюро инвентаризации земель и градостроительные организации.

Литература

1. Будагов Б.А., Бабаханов Н. Природные разрушительные явления и их экономические последствия (на примере Республики Азербайджан). М.: НЦ ЭНАС, 2002. С. 168–178.
2. Будагов Б.А., Мамедов Р.М., Исмадова Х.Р., Микаилов А.А. // Современное состояние и причины опустынивания Азербайджанской прибрежной зоны Каспийского моря // Докл. Региональной конф. по опустыниванию. РЭЦ Кавказ, 2002. С. 31–38.
3. Кошкарев А.В., Мерзлякова И.А., Чеснокова И.В. Геоинформационные технологии, цифровое моделирование рельефа и электронное картографирование // Рельеф среды жизни человека. М.: Медиа-пресс, 2002. С. 260–288.
4. Antonio Di Gregorio. The Land Cover Classification System (LCCS). //Classification Concepts and User: FAO UN, Rome, 1998, 95с.
5. Исмадова Х.Р., Абдуллаева С.М. Структура базы данных справочной географической информационной системы анализа и отображения экологической ситуации // М.: Элм, Известия Академии наук Азербайджана, серия физико-технических и математических наук. Т. XIX. № 3-4. Баку, 1999. С.137-140.