

# Экологический мониторинг Дагестана с использованием дистанционного зондирования и ГИС-технологий (на примере г. Махачкалы)

Н.О. Гусейнова, Н.М. Булаева, Б.И. Магомедов, С.Я. Аскеров

ООО «Центр сопряженного мониторинга окружающей среды и природных ресурсов»  
367030, Дагестан, Махачкала, пр. Шамиля, 39а  
E-mail: [bulaeva@jwt.ru](mailto:bulaeva@jwt.ru)

С каждым годом возрастающий производственный потенциал влечет за собой увеличение антропогенной нагрузки на окружающую среду, что вызывает необходимость комплексного изучения экологической ситуации на территории г. Махачкалы. Созданный банк данных экологических характеристик региона позволяет построить картографические модели оценки состояния окружающей среды с привлечением современных ГИС-технологий и результатов дистанционного зондирования.

Дистанционные методы исследования Земли приобретают важное значение для обеспечения оперативного доступа к спутниковым данным и развития аэрокосмических методов экологического мониторинга окружающей среды.

Интеграция информационных технологий в системах экологического мониторинга и использование спутниковой информации и ГИС-технологий позволили разработать методику экологического мониторинга региона на примере г. Махачкалы.

Главной целью экологического мониторинга, проводимого на территории г. Махачкалы, является оценка состояния окружающей среды, контроль за ее изменениями под воздействием техногенных факторов, прогнозирование этих изменений на базе регулярных наблюдений для обоснования мероприятий по оздоровлению экологической ситуации в регионе.

Экологический мониторинг базируется на семействе взаимосвязанных предметных информационных систем, способных оперативно, в режиме реального времени, осуществлять сбор и обработку данных, моделировать различные процессы в экосистемах, в том числе экологические ситуации на кратко-, средне- и долгосрочную перспективу.

Важнейшей составляющей мониторинга является разработка мер и рекомендаций по снижению отрицательного влияния антропогенного загрязнения для сохранения устойчивого развития города. Одним из обязательных мероприятий по обеспечению безопасности биосистем является экологический мониторинг атмосферного воздуха, который заключается в непрерывном контроле различных атмосферических параметров. Процесс мониторинга предполагает определение параметров окружающей природной среды и химически опасных объектов для оперативного обнаружения выбросов или резкого изменения техногенного фона. В условиях, когда контроль окружающей среды включает несколько уровней мониторинга с получением различной информации на каждом уровне, переход от одного уровня к другому должен происходить исходя из полученной информации.

Получение обобщенной информации осуществляется на каждой ступени мониторинга на основании корреляции данных по отдельно наблюдаемым параметрам.

Основные этапы работы заключались в:

- получение и обработке атмосферических данных;
- привязке данных к системе координат модели;
- преобразовании данных в специальный формат для визуализации;
- получении и обработке космических снимков.

Датчики (регистраторы) наземных служб наблюдения должны быть сконцентрированы в области повышенного риска нарушения экологического баланса: транспортные магистрали, размещение промышленного и сельскохозяйственного потенциала региона, природные зоны.

Мониторинговая система г. Махачкалы представлена набором баз данных, который может быть расширен:

**КС** – космические снимки (по дням);

**РО** – метеоданные (по дням);

**ФА** – оперативные данные (факты): выбросы газов, выбросы твердых веществ, выбросы жидких загрязнителей;

**ND** – службы наблюдений (наземные): адресно-юридические параметры; исполнитель (наблюдатель); место и время наблюдения; параметры факта;

**SD** – статистические данные: экологическое состояние за период;

**ZA** – загрязнители: справочник веществ, справочник объектов-источников; трафики (маршруты транспортировок);

**NS** – нормальное состояние экосистемы: воздух, вода, почва;

**GE** – география РД: карта РД; карта территории г. Махачкалы, карта квадрата территории;

**TK** – набор тематических карт;

**WI** – вторичные источники загрязнения: география, уровень экологической угрозы.

Структура информационной системы мониторинга городской территории представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структура информационной системы мониторинга

Базы данных геоэкологических характеристик территории района аккумулируют сведения по: особенностям атмосферных процессов; шельфу Каспия; геофизическим, геохимическим, механи-

ческим, тепловым и энергетическим параметрам верхней части земной коры исследуемой территории.

Источниками информации мониторинговой системы являются: атмосферические данные, синоптические данные, санитарные и медико-биологические данные, специальная литература, Internet.

База Данных «Экология». База данных по экологии (рис. 2) содержит информацию об основных загрязняющих факторах, таких как бенз(а)пирен, оксид углерода, диоксид азота, свинец, кадмий и др. Основными источниками выбросов токсикантов на территории республики являются транспорт, промышленность, отходы производства и потребления и сельское хозяйство.

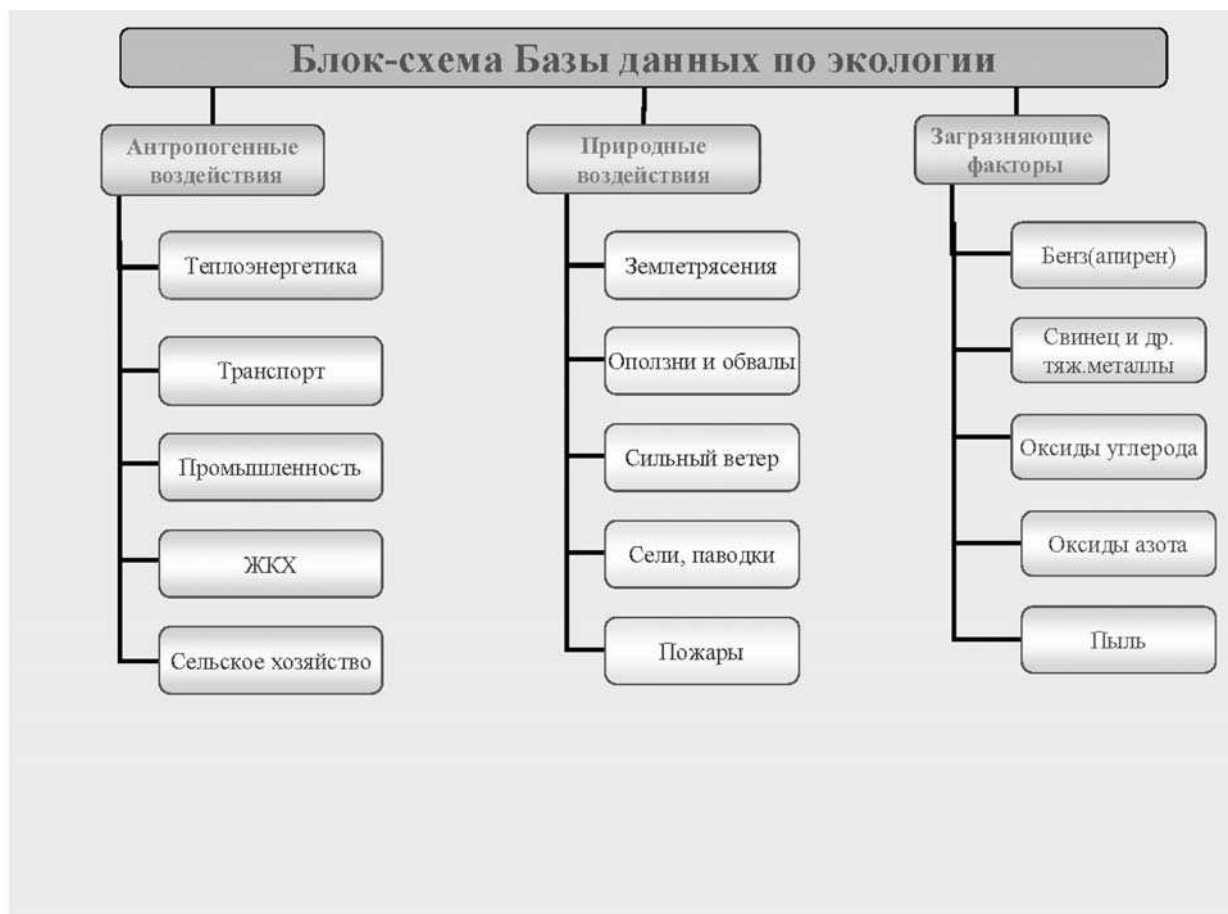


Рис. 2. Структура экологической базы данных

База данных по космическим снимкам предназначен для сбора, регистрации и хранения космических снимков (КС) с целью создания информационной модели экологического состояния экосистемы региона. База данных является составной частью информационной системы комплексного мониторинга. Аэрокосмические снимки дают возможность оперативно отслеживать возникновение и развитие аномалий в экологическом балансе. Основные функции базы данных космических снимков: накопление массива КС; целенаправленная интерпретация данных КС для построения анализов экологического состояния экосистемы; формирование информации для построения региональных тематических; решение прикладных задач.

Созданный банк данных региона позволяет построить картографические модели оценки состояния окружающей среды с привлечением современных ГИС-технологий и результатов дистанционного зондирования.

Для получения данных на городской территории был проведен комплекс исследований, включающий атмосферические наблюдения на стационарных площадках, лабораторный комплекс химико-аналитических и спектральных исследований. Важнейшей составляющей мониторинга

является обработка полученных данных, состоящая из следующих этапов обработки экспериментальных данных:

- Исчисление параметров выброса: а) вещество-загрязнитель; б) масса выброса; в) площадь загрязнения; д) прогнозная оценка миграции (расползания) участка загрязненной территории с учетом рельефа и перемещения воздушных масс;
- Математическая обработка данных;
- Географическая привязка к местности;
- Построение карты экологического состояния атмосферного воздуха;
- Распознавание фрагментов карты, в которых имеется превышение ПДК токсикантов.

Для оценки загрязнения городской территории использованы данные Росгидромета по РД и собственные данные, полученные в результате химических исследований проб.

Для анализа уровня химического загрязнения атмосферы используется комплексный индекс загрязнения атмосферы (КИЗА), который определяется по формуле:

$$КИЗА = \sum_{i=1}^m \left( \frac{q_{ci}}{ПДК_{CCi}} \right)^{ci},$$

где  $c_i = 0.9; 1.0; 1.3; 1.7$  соответственно для веществ 4, 3, 2, 1 классов опасности,

$q_{ci}$  – концентрация примеси.

В соответствии с существующей градацией, утвержденной Росгидрометом, уровень загрязнения считается низким, если  $КИЗА < 5$  – низкий уровень загрязнения,  $6 < КИЗА > 5$  – повышенный уровень загрязнения,  $7 < КИЗА > 13$  – высокий уровень,  $КИЗА > 14$  – очень высокий уровень загрязнения. КИЗА является интегральной величиной.

Из анализа данных наблюдений за загрязнением атмосферы получено, что в атмосфере города имеется 4–5 веществ, которые определяют основной вклад в создание высокого уровня загрязнения. Поэтому комплексный ИЗА рассчитывается по пяти веществам с наибольшими значениями ИЗА.

Комплексный ИЗА определен для наиболее приоритетных видов загрязнителей: бенз(а)пирена, оксида углерода (II), оксида азота (IV), оксида серы (IV) и взвешенных частиц (пыли). При расчетах учитывается класс опасности токсикантов, степень вредности вещества, его ПДК.

На рис. 4. представлена электронная карта химического загрязнения атмосферного воздуха г. Махачкалы, составленная с применением собственных ГИС-технологий на основе банка геоэкологических данных.

Особенность г. Махачкалы заключается в его расположении между берегом Каспийского моря и горой Тарки-Тау, что в некоторой степени ухудшает рассеивание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе над городской территорией и влияет на состояние атмосферного воздуха города. В результате проведенных исследований был установлен высокий уровень техногенной нагрузки на урбандошадты.

Состояние атмосферного воздуха над территорией города фактически является сложной моделью, функционирование которой определяется двумя факторами:

- загрязнением атмосферы над городом, создаваемое выбросами от стационарных источников: объектами теплоэнергетики и в незначительной степени промышленными предприятиями, которые за последнее десятилетие приостановили свою производственную деятельность и преобразовались в коммерческие складские или торговые точки;

- загрязнением приземных слоев атмосферы, на которое влияют в большей степени выбросы автотранспорта.

Экологическое состояние атмосферы в различных точках городской территории обусловлено также и рельефообразующими факторами и господствующим направлением ветров.

Для визуализации данных используются как общесистемные мультимедийные средства, так и оригинальные разработки, созданные в лаборатории Региональной геотермии ИПГ ДНЦ РАН и

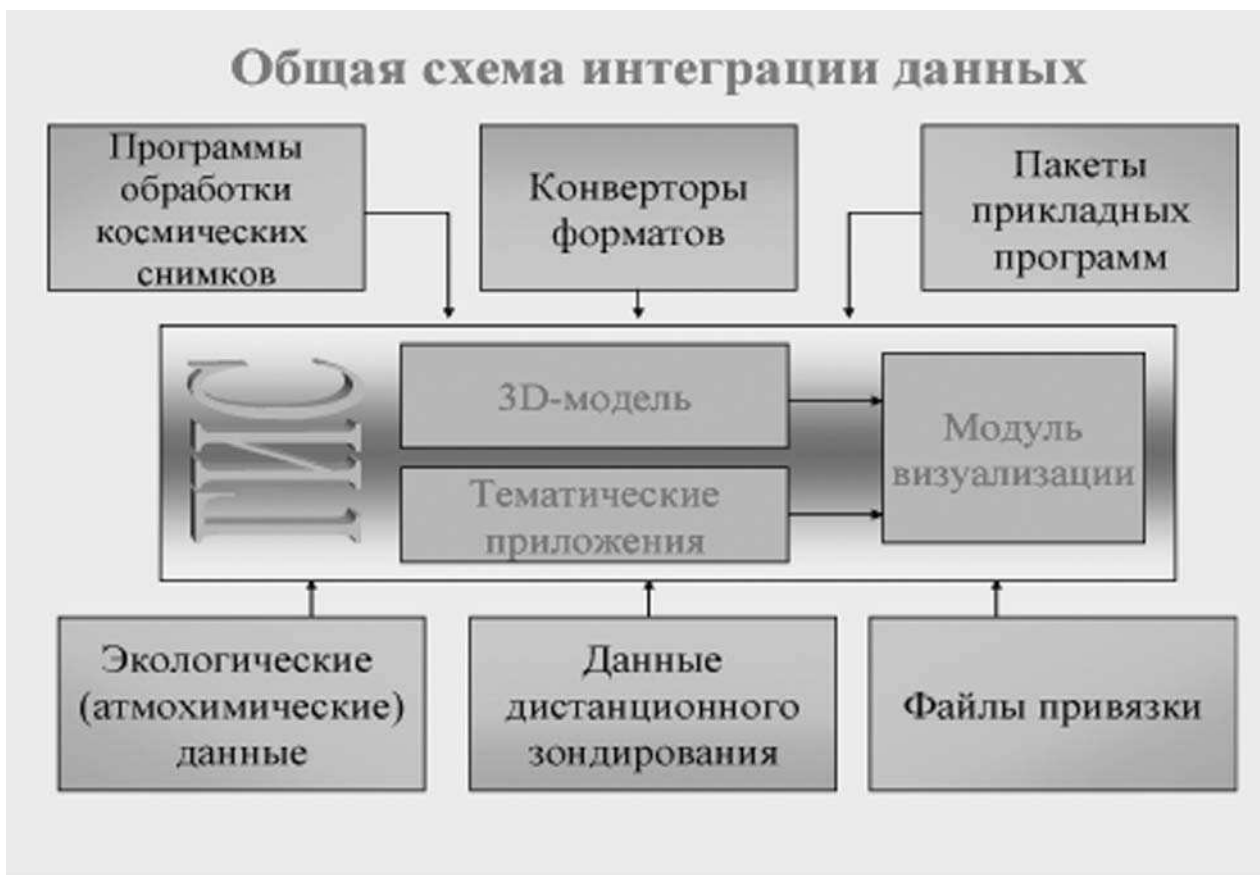


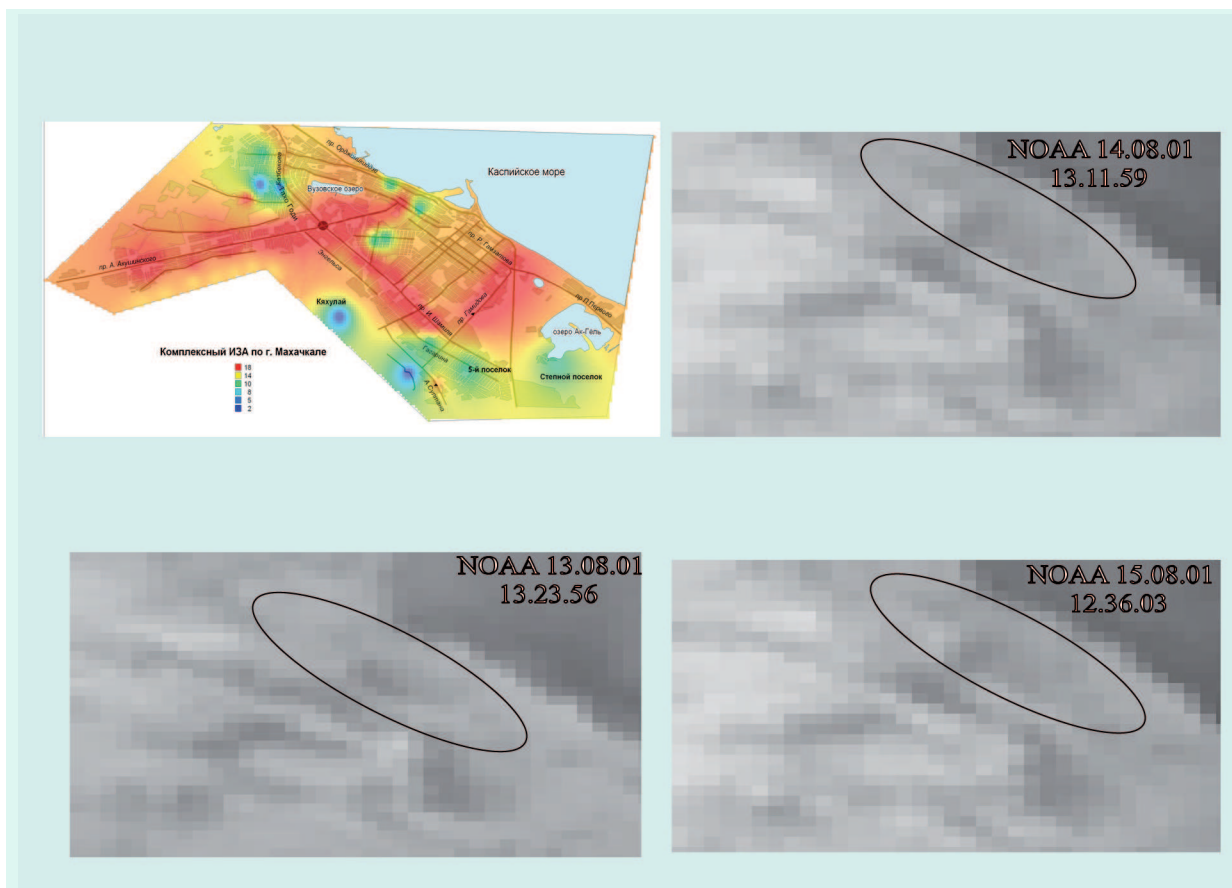
Рис. 3. Схема визуализации параметров экологического процесса

Технический арсенал сбора, накопления и интерпретации (ССНИ) содержит традиционные методы сбора, хранения и обработки данных, а также методы дистанционного зондирования с помощью спутниковой аппаратуры.

Обработка космического снимка состоит из следующих этапов:

- извлечение из общего формата космического снимка его компонент;
- топопривязка полученного снимка;
- построение карты концентрации загрязняющих веществ;
- распознавание фрагментов карты, в которых имеется превышение ПДК загрязняющих веществ;

Данными дистанционного зондирования являются космические снимки NOAA, полученные от Института космических исследований. Для дистанционного зондирования атмосферного воздуха использованы дневные снимки видимого диапазона (от 0,4 до 0,78 мкм). Атмосфера представляет собой смесь газообразных веществ, частицы которых находятся во взвешенном твердом и жидком состоянии. При прохождении через эту смесь взвешенных частиц, электромагнитные волны взаимодействуют с ними. В зависимости от строения и состава каждого токсиканта существует свой диапазон частоты отражения информативного сигнала. На черно-белых снимках видны локальные участки атмосферы над территорией города, которые дают общее представление о наиболее загрязненных районах. Для получения наиболее достоверной информации необходимо выбрать время суток с минимальным воздействием экзогенных факторов – благоприятными метеоусловиями. Рассеяние волн в атмосфере зависит также от влажности.



*Рис. 4. Распознавание фрагментов снимка NOAA, в которых имеется превышение ПДК загрязняющих веществ*

Различия интенсивности серого цвета маркируют на черно-белом снимке зоны с различной загрязненностью атмосферного воздуха. Градации серого тона дают важную информацию об общем загрязнении. Участки темно-серых тонов указывают на аэрозольное рассеяние солнечного излучения. Направление и скорость ветра в приземном слое атмосферы будут влиять на скорость и конфигурацию отклонения в атмосфере.

Несмотря на то, что снимки имеют низкое разрешение, они уточняют и дополняют полученные наземные атмохимические данные.

Космические системы дают достаточно общее представление о состоянии наблюдаемых объектов в регионе. Получение более детальной и конкретной информации о состоянии наблюдаемых объектов природно-техногенной сферы, особенно в оперативном режиме, может быть обеспечено только с помощью комплексного мониторинга. В будущем предполагается более детальные исследования не только состояния атмосферы, но и почв на территории города и прилегающих зон.

На основе дистанционного зондирования и ГИС - технологий обеспечивается единое информационное пространство системы экологической безопасности региона.

По результатам исследований разработана структура базы данных для комплексного экологического мониторинга региона; на основе созданной базы данных составлена карта загрязнения атмосферного воздуха г. Махачкалы; выявлено, что космические снимки, несмотря на низкое разрешение, добавляют и уточняют наземные атмохимические данные, комплексно отслеживая возникновение аномалий в экологическом балансе.

Созданная геоинформационная основа, включающая наблюдательную сеть и электронный банк данных, может быть использована при проведении дальнейшего мониторинга экологической обстановки территории города.