

UDC 52.1

Global Monitoring

Victor Ya. Tsvetkov

State Scientific Research Institute of Information and Telecommunication Technologies
"Informika", Russia
Dr. (technical), professor, leading research scientist
E-mail: cvj2@mail.ru

Abstract. The article describes the technology and classification of global monitoring, shows the relationship between the global monitoring and geographic information monitoring, presents the cause-and-effect diagram of global monitoring. The paper discloses the value of the time series for global monitoring, offers a functional diagram of the global monitoring system, gives the main characteristics of global monitoring.

Keywords: monitoring; spatial information; remote sensing research; geoinformatic; global monitoring.

Введение. Глобализация и мониторинг. Концепция глобализации широко используется при анализе различных процессов. Понятием «глобализация» различные авторы обозначают широкий спектр явлений и тенденций. При этом рассмотрение осуществляется с двух основных аспектов:

- Социально-экономические проблемы возникновения и развития глобализации.
- Техногенные процессы, обусловленные влиянием глобализации.

С этих позиций глобальный мониторинг – это мониторинг глобальных процессов, протекающих на земной поверхности, в околоземном пространстве так и за пределами околоземного пространства. Поэтому основой такого мониторинга является космический мониторинг [1].

Эволюция мониторинга и глобальный мониторинг. С появлением геоинформационных технологий задачи и функции мониторинга стали намного шире. Это привело к технологии и понятию геоинформационного мониторинга, или геомониторинга. Геомониторинг возник как интеграция технологий космического мониторинга с информационными и геоинформационными технологиями. Одним из важных понятий мониторинга является понятие природно-технической системы, или геотехнической системы [2, 3]. Контекстуально эти понятия выделили мониторинг объекта наблюдения и мониторинг среды, в которой этот объект находится.

Глобальный мониторинг является разновидностью геоинформационного мониторинга [4, 5]. Глобальный мониторинг (рис. 1) включает наблюдение за объектом, наблюдение его взаимодействия с окружающей средой, оценку и прогноз взаимодействия объекта природопользования и среды, подготовка информации по выработке управляющих решений. Основные функции глобального мониторинга приведены на рис. 1.

Можно определить глобальный мониторинг как интегрированный мониторинг окружающей среды, использующий полный набор данных, полный набор технологий сбора, различные методы анализа данных, методы контроля и выработки управляющих решений.

При использовании глобального геоинформационного мониторинга возможен сбор данных из разных источников. Это приводит к необходимости не только сбора информации, но и ее унификации. Применение глобального мониторинга требует пространственной локализации и последующей интеграции данных. Для этой цели должна быть создана единая координатная среда [6]. Для глобального мониторинга эта среда может включать разные системы координат, что ставит задачу преобразования координат.

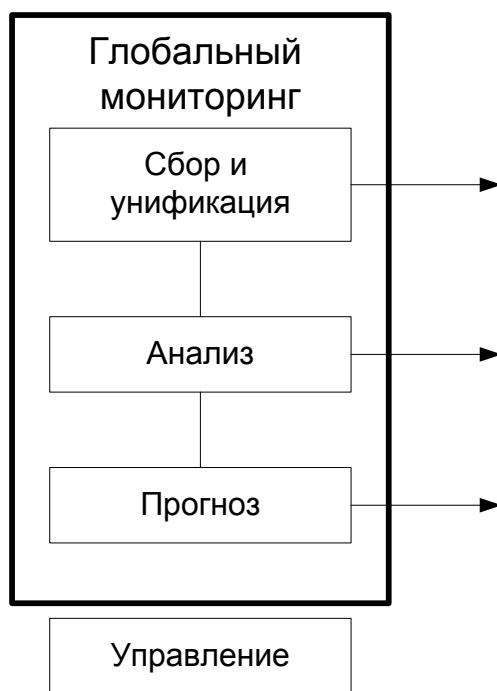


Рис. 1. Структурная схема глобального мониторинга

Современные большие информационные объемы данных в ряде случаев исключают анализ собранной информации непосредственно человеком. Поэтому для решения задач комплексного анализа и обработки больших объемов информации в современном геомониторинге появилась новая функция аналитической или оперативно-аналитической обработки данных.

Современному глобальному мониторингу присуще не только наблюдение, но и прогноз. Главное, что основной целью геоинформационного мониторинга является управление состоянием окружающей среды [5]. Управление как функция не входит в состав глобального мониторинга. Главная цель этого мониторинга – подготовка информации для принятия управленческих решений.

Наряду с мониторингом объекта глобальный мониторинг включает мониторинг среды. Мониторинг среды – это, прежде всего, технология для обнаружения изменений окружающей среды на фоне ее естественных колебаний. В задачи такой системы мониторинга входят, во-первых, слежение за факторами воздействия на среду, ее состоянием и изменениями, во-вторых, оценка изменений этого состояния и его тенденций.

Глобальный мониторинг можно классифицировать по-разному, в зависимости от аспекта рассмотрения (рис. 2). По отношению к Земле разделяют внешний и внутренний мониторинг. Внутренний мониторинг направлен на изучение поверхности Земли. Внешний мониторинг направлен в сторону противоположную к Земле. По аспекту размера наблюдаемых территорий во внутреннем мониторинге выделяют следующую иерархию: общеземной, региональный и локальный уровни мониторинга

Во внешнем мониторинге выделяют следующую иерархию: околоземной, геолиоцентрический, дальний космос. Околоземной охватывает часть пространства в пределах Луны. Гелиоцентрический включает пространство Солнечной системы. Дальний космос распространяется за пределы солнечной системы.



Рис. 2. классификация глобального мониторинга

Поскольку мониторинг должен выявлять причины явлений, то с этих позиций интерес представляет организация глобального мониторинга. На рис. 3 приведена причинно-следственная диаграмма анализа наблюдаемого процесса с помощью геоинформационного глобального мониторинга.

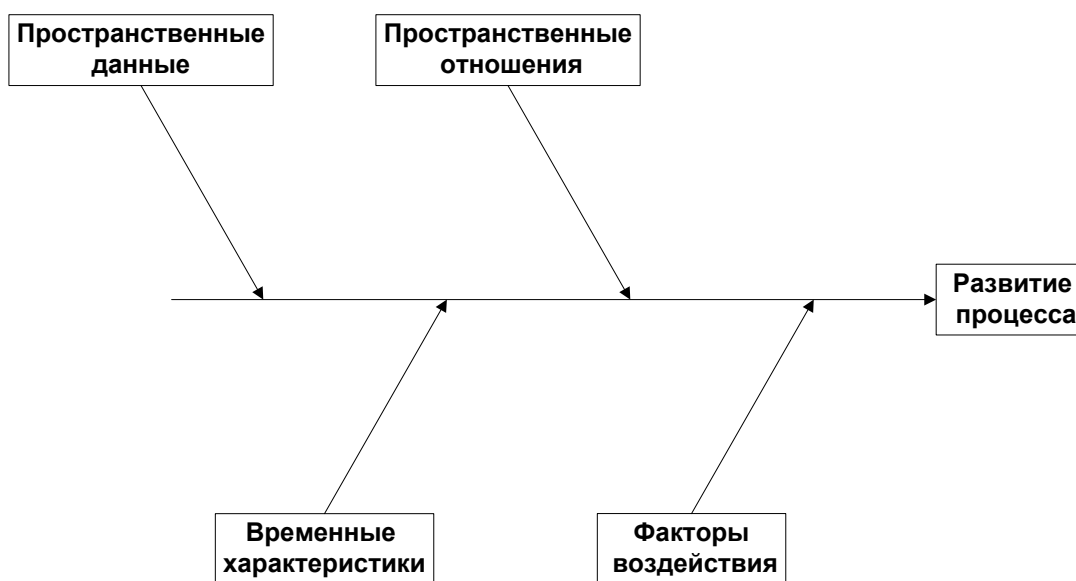


Рис. 3. Причинно следственная диаграмма анализа факторов при мониторинге

В соответствии с геоинформационным подходом [7, 8] все данные делятся на три группы «место» (пространственные данные и пространственные отношения), «время» (временные характеристики) и «тема» (факторы воздействия). В отличие от классической модели геоданных [7] в группу «место» включены еще пространственные отношения [9], что обусловлено наблюдением не только за объектом, но за средой. Тематические характеристики представлены более определенной группой «факторы воздействия»

Мониторинг должен ответить на вопросы о причинах нежелательности или, наоборот, допустимости тех или иных изменений природы, нормах нагрузки на нее. Кроме основных функций (рис. 1) выделяют четыре основных признака, характеризующих мониторинг [4]:

- Целенаправленность – наличие целевой программы мониторинга;
- Комплексность – многоаспектность наблюдений и методов анализа по заданной цели;
- Системность – рассмотрение объекта мониторинга и среды, в которой он находится, как единой системы с заданным множеством связей и отношений;

Наличие информационной базы – хранение и обновление информации в некой системе (базе данных или экспертной системе) [5].

Глобальный мониторинг основан на использовании информационных систем (ИС) и хранилищ данных. Назначение ИС мониторинга - упорядочение, обработка, накопление и хранение информации. Такая ИС должна включать в свой состав:

- средства приема информации контактных данных и дистанционного зондирования;
- информационно-вычислительный комплекс приема и обработки информации;
- комплекс накопления, хранения, тиражирования информации,
- интерфейс связи с распределенными или удаленными базами данных,
- интерфейс связи с системами аналитической обработки информации.

Глобальный мониторинг позволяет решать две качественно различных задачи: поисковое (исследовательское) и нормативное прогнозирование.

Поисковое прогнозирование – это анализ перспектив развития существующих тенденций (рис. 2). Нормативное прогнозирование заключается в ответе на вопрос: “Что можно или нужно сделать для того, чтобы достичь поставленных целей или решить поставленные задачи?”.

Предметом нормативного прогнозирования выступают субъективные факторы (идеи, гипотезы, предположения, этические нормы, социальные идеалы, программы развития.), которые, как показывает история, могут решающим образом изменить характер протекающих процессов, а также стать причиной появления качественно новых, непредсказуемых феноменов действительности.

В результате анализа данных мониторинга получают оперативные данные трех типов:

Констатирующие, измеренные параметры состояния обстановки в момент обследования.

Оценочные, результаты обработки измерений и получение на этой основе оценок экологической ситуации.

Прогнозные, прогнозирующие развитие обстановки на заданный период времени.

На уровне представления при глобальном мониторинге создают набор визуальных моделей, включая серии карт [10].

Различают индикационным и аналитический мониторинг. Под индикационным мониторингом понимают мониторинг, который позволяет производить простой качественный анализ параметров на допустимые и недопустимые. Результаты такого мониторинга не могут быть использованы для прогнозирования.

Под аналитическим мониторингом понимают мониторинг, который по своей точности и периодичности позволяет не только производить анализ, но оценивать изменения параметров как функции времени. Вследствие этого результаты мониторинга могут быть использованы для раннего обнаружения нежелательных процессов и явлений и прогнозирования их развития. На основании такого контроля и прогнозирования процессов появляется возможность заранее принимать необходимые упреждающие меры.

Модели временных рядов. Модели временных рядов позволяют связывать результаты отдельных циклов наблюдений при мониторинге в единую систему. В работе [11] приведена классификация различных временных моделей. Они строятся путем накопления

информационных моделей, описывающих один и тот же процесс в разные временные периоды. По этой причине данный тип моделей называют временным рядом.

Временной ряд – это последовательность упорядоченных во времени числовых показателей, характеризующих уровень состояния и изменения изучаемого явления. Для учета временного фактора применяют табличные и аналитические описания. Наиболее простое аналитическое описание модели временного ряда $F(t)$ включает четыре компонента и может строиться по аддитивному или мультипликативному принципам. Если составляющие временного процесса $F(t)$ - независимы, то модель строится по аддитивному принципу, приведенному ниже

$$F(t) = f_{TP}(t) + \varphi(t) + Q(t) + \varepsilon(t) \quad (1)$$

В такой типичной временной модели принимают следующие компоненты:

$f_{TP}(t)$ - тренд.

$\varphi(t)$ - циклическая или сезонная составляющая.

$Q(t)$ - конъюнктурная или разовая составляющая.

$\varepsilon(t)$ - случайная составляющая.

Когда составляющие временного процесса $F(t)$ - влияют друг на друга, усиливают или ослабляют друг друга, то модель строится по мультипликативному принципу

$$F(t) = f_{TP}(t) \varphi(t) Q(t) + \varepsilon(t)$$

При проведении периодических наблюдений $x(t_1), x(t_2), \dots, x(t_N)$ анализируемых величин, произведенных в последовательные моменты времени t_1, t_2, \dots, t_N , они образуют модель временного ряда.

По существу, временной ряд описывает непрерывное явление, протекающее во времени. Но информация об этом явлении поступает выборочно. Вследствие, этого реальный непрерывный процесс описывается в виде дискретных наборов данных. Существуют три основные цели анализа временных рядов:

- построение формальной модели, позволяющей восстанавливать события в виде непрерывного процесса (переход от дискретной модели к непрерывной);
- определение механизма, определяющего динамику ряда (описание реального явления с помощью реальных объясняющих и результативных переменных);
- прогнозирование явления или его анализ в ретроспективе.

Эти цели требуют построения модели ряда и ее идентификации. Построение модели ряда означает, что ряд формально описан. При этом возможно формальное построение модели $\xi(t)$, основанное на подборе математических зависимостей между параметрами ряда, безотносительно к механизму их формирования.

$$\xi(t) = \xi(x(t_1), x(t_2), \dots, x(t_N))$$

Эта модель называется постройкой или бессодержательной. Главная цель построения этой модели наилучшим образом связать во времени полученные дискретные данные. Возможно построение модели, основанное на описании механизма протекания реального явления с введением параметров, описывающих реальные параметры a_i, b_j , влияющие на изменение процесса или явления.

$$F(a_i, t) = \xi(x(t_1), x(t_2), \dots, x(t_N), a_i, b_j) \quad i=1, \dots, n; j=1, \dots, m$$

Идентификация означает выбор в модели наблюдаемых b_j и ненаблюдаемых (вычисляемых) a параметров и определение наблюдаемых параметров на основе экспериментальных данных.

Если модель ряда определена, она позволяет, не вникая в механизм формализации, экстраполировать в перспективу или в ретроспективу и тем самым проводить анализ будущих или прошедших параметров явления. Довольно часто временные ряды строят с

целью выявления генезиса некоего процесса. Генезис (генез, происхождение, возникновение) в широком смысле — момент зарождения и последующий процесс развития, приведший к определенному состоянию, виду, явлению.

Генезис временных рядов образует структура основных факторов, под воздействием которых формируются значения элементов временного ряда. Выделяют (1) четыре типа таких факторов.

Долговременные факторы — факторы, формирующие долговременную тенденцию в изменении анализируемого признака $x(t)$. Обычно эта тенденция описывается с помощью той или иной неслучайной монотонной функции $f_{TP}(t)$. Эту функцию называют функцией тренда или просто трендом.

Сезонные факторы — факторы, формирующие периодически повторяющиеся в определенное время года функциональные изменения (в частном случае колебания) анализируемого признака. Результат действия сезонных факторов описывают с помощью специальной неслучайной функции $\varphi(t)$. Поскольку эта функция должна быть периодической (с периодами, кратными сезонам), в ее аналитическое описание могут входить тригонометрические функции или ряды этих функций. Однако в основном ее описание и функции обусловлены содержательной сущностью задачи.

Конъюнктурные факторы — факторы, формирующие изменения анализируемого признака либо действием долговременных циклов, либо текущими конъюнктурными (разовыми) факторами. Результат действия циклических факторов будем обозначать с помощью неслучайной функции $Q(t)$.

Случайные (нерегулярные) факторы — факторы, не поддающиеся учету и регистрации. Их воздействие на формирование значений временного ряда обусловлено стохастической природой элементов $x(t)$. Будем обозначать результат воздействия случайных факторов с помощью функции случайных величин $\varepsilon(t)$.

Случайные факторы, могут иметь разную причину. Они воздействуют на значения ряда как помехи. Поэтому многие методы исследования временных рядов включают различные способы фильтрации шума, позволяющие увидеть регулярную составляющую более отчетливо.

На практике не обязательно, чтобы в процессе формирования значений всякого временного ряда участвовали одновременно факторы всех четырех типов. Большинство функциональных составляющих временных рядов принадлежит к двум классам: они являются либо трендом, либо сезонной составляющей. Тренд представляет собой общую систематическую линейную или нелинейную компоненту, которая может изменяться во времени. Сезонная составляющая — это периодически повторяющаяся компонента. Оба эти вида регулярных компонент часто присутствуют в ряде одновременно. Возможен тип модели временного ряда, в которой амплитуда сезонных изменений увеличивается вместе с трендом. Такого рода модели называют моделями с мультипликативной сезонностью.

Если временной ряд строится на модели, в которой результирующая переменная зависит от факторов текущего и прошедших моментов времени, то такой ряд называют лаговым. Если на текущее значение зависимой переменной оказывают влияния ее значения в прошлом, то такой ряд называют авторегрессионным. По отношению к времени наблюдений мониторинг подразделяют на непрерывный и периодический. При непрерывном контроле поступление информации о контролируемых признаках происходит непрерывно.

При периодическом контроле поступление информации о контролируемых признаках происходит через установленные интервалы времени.

Функциональная схема системы глобального мониторинга (СГМ). Структура и взаимосвязь элементов СГМ приведены на рис. 4.

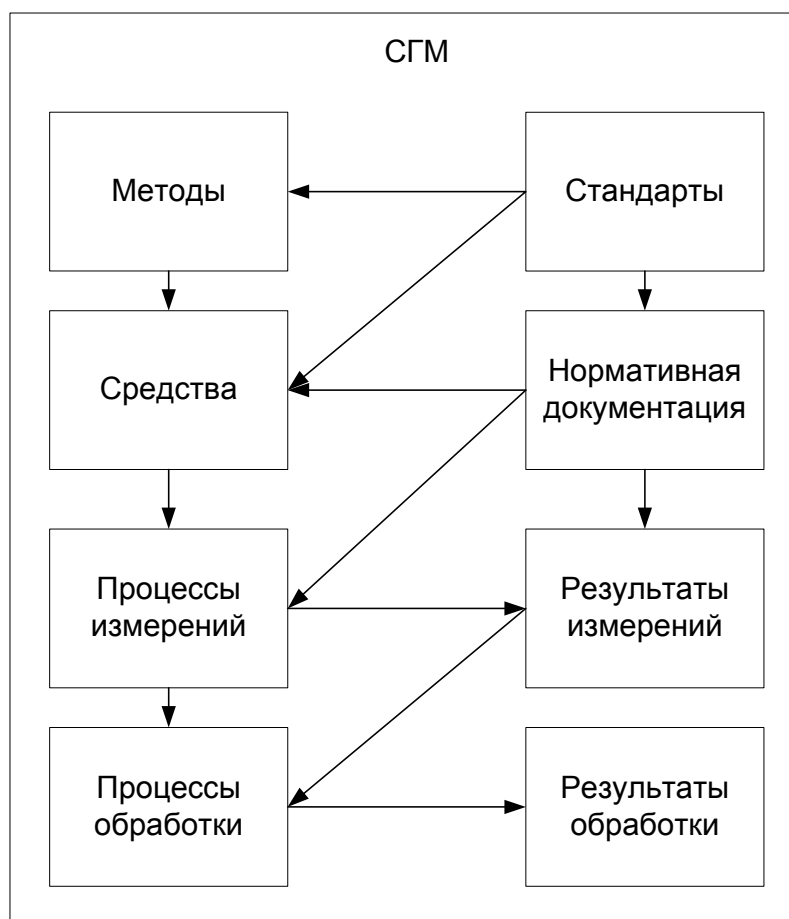


Рис. 4. Структура СГМ

Систему глобального мониторинга можно определить как систему, которая может быть описана выражением (2). Она включает совокупность элементов и взаимосвязь элементов

$$\text{СГМ} = (F_{\text{ГК}}, X_{\text{ГК}}, Y_{\text{ГК}}, S_{\text{ГК}}, H_{\text{ГК}}) \quad (2)$$

Здесь $F_{\text{ГК}}$, – функция системы мониторинга; $X_{\text{ГК}}$, – входные данные; $Y_{\text{ГК}}$ – входные данные; $S_{\text{ГК}}$, – структура системы мониторинга; $H_{\text{ГК}}$, – факторы внешней среды. Функция системы мониторинга по существу определяет технологию работы.

Функции СГМ делятся на оперативные, тактические и стратегические. Оперативная функция состоит в измерении и получении (вычислении) характеристик объекта, на основе которых определяют геометрические параметры. Тактическая функция СГМ состоит в проверке соответствия геометрических параметров заданным нормативам. Стратегическая функция СГМ состоит в предотвращении недопустимых состояний на основе расчета и анализа геометрических параметров,

Основные характеристики мониторинга. Основными характеристиками мониторинга являются: достоверность, полнота, периодичность, число параметров, точность.

Достоверность мониторинга – показатель степени соответствия результатов мониторинга действительному состоянию объекта. Достоверность мониторинга в большой степени зависит от точности измерений параметров.

Полнота мониторинга – условная характеристика, определяемая техническим заданием и целью работ. Показатель соответствия объема выполненных работ целям мониторинга.

Периодичность мониторинга – время между двумя последовательно проводимыми процессами мониторинга. Периодичность мониторинга в значительной степени зависит от

условий эксплуатации объекта, влияет на выбор средств мониторинга (степень автоматизации) и стоимость мониторинга.

Число параметров – количество наблюдаемых или измеряемых признаков, устанавливаемых при проведении мониторинга. Число параметров оказывает существенное влияние на стоимость мониторинга.

Точность мониторинга – числовая характеристика, альтернативная погрешности и задающая доверительные интервалы результатов вычисления Величина, определяющая близость результатов мониторинга истинному значению контролируемого признака.

Программа мониторинга [4] – документ, устанавливающий взаимосвязи между: объектом мониторинга, видом мониторинга, последовательностью процессов мониторинга, сроками проведения мониторинга, порядок и ответственность за обеспечение и проведение мониторинга.

Выводы. Глобальный мониторинг является единственным инструментом наблюдения космических объектов при соотношении их в земную систему координат.

Глобальный мониторинг является единственным инструментом наблюдения глобальных процессов и явлений на земной поверхности.

Геоинформационный глобальный мониторинг позволяет обрабатывать сложные совокупности данных и не имеет аналога по количеству разных исходных данных.

Хранение информации должно определяться методами ее обработки. Для оперативной обработки целесообразно применение технологий OLAP, а для данных длительного хранения технологии OLTP.

Примечания:

1. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоинформатика как инструмент изучения процессов глобализации // Международный научно-технический и производственный журнал «Науки о Земле». 2011. № 003-04. С. 31-38.

2. Епишин В.К., Трофимов В.Т. Особенности взаимодействия геологической среды и инженерных сооружений // Теоретические основы инженерной геологии. Социально-экономические аспекты / под ред. Акад. Е.М. Сергеева. М.: Недра, 1985. С. 32–36.

3. Цветков В.Я. Изучение геотехнических систем методами геоинформатики // Международный научно-технический и производственный журнал «НАУКИ О ЗЕМЛЕ». 2012. №3. С. 17-19.

4. Цветков В.Я., Решетнева Т.Г., Булгакова Т.В., Т.Г. Мазина А.С. Основы геоинформационного мониторинга // Вестник Амурского государственного университета/ серия: Естественные и экономические науки. 2003. № 21. С. 75-78.

5. Цветков В.Я. Геоинформационный мониторинг // Геодезия и аэрофотосъемка. 2005. №5. С. 151-155.

6. Егоров В.М., Цветков В.Я. Координатное обеспечение международной аэрокосмической системы глобального мониторинга // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. 2012. № 4. С. 34-37.

7. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. М.: "Финансы и статистика". 1998. 288 с.

8. Rozenberg I.N., Tsvetkov V.Ya. The Geoinformation approach // European Journal of Natural History. 2009. № 5. P. 102–103.

9. Цветков В.Я. Пространственные отношения в геоинформатике // Международный научно-технический и производственный журнал «Науки о Земле». 2012. Выпуск 01. С. 59–61.

10. Цветков В.Я. Цифровые карты и цифровые модели // Геодезия и аэрофотосъемка. 2000. №2. С. 147–155.

11. Иванников А.Д., Кулагин В.П., Тихонов А.Н., Цветков В.Я. Прикладная геоинформатика. М.: МаксПресс, 2005. 360 с.

УДК 52.1

Глобальный мониторинг

Виктор Яковлевич Цветков

Государственный научно исследовательский институт информационных и телекоммуникационных технологий «Информика», Россия
Доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник
E-mail: cvj2@mail.ru

Аннотация. В статье описана технология глобального мониторинга. Дается классификация видов глобального мониторинга. Показана связь глобального мониторинга с геоинформационным мониторингом. Приведена причинно-следственная диаграмма глобального мониторинга. Раскрывается роль временных рядов при глобальном мониторинге. Дана функциональная схема системы глобального мониторинга. Даны основные характеристики глобального мониторинга.

Ключевые слова: мониторинг; пространственная информация; дистанционные исследования; геоинформатика; глобальный мониторинг.