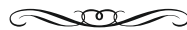


5. Марков С. Б. Опыт построения карт шума в условиях сложной городской застройки с помощью программного комплекса EXNOISE / С. Б. Марков // Автотранспорт: от экологической политики до повседневной практики: тр. IV Междунар. науч.-практ. конф. — СПб, МАНЭБ, 2008. — С. 42-48.
6. Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий. — ГОСТ 23337-78. — [Введ. 1979-07-01]. — М. : Стандартинформ, 2008. - 44 с. — (Государственный стандарт Союза ССР).
7. Шум. Опис, вимірювання і оцінка шуму на місцевості. — ДСТУ ГОСТ 31296.1:2007. — [Чинний від 2008-04-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2009. — 25 с. — (Національний стандарт України).
8. Энергия ветра: оценка технического и экономического потенциала / [Хоффман Л., Обермайер Г., Ярас А., Ярас Л.]; пер. с англ. Я. И. Шефтер. — М. : Мир, 1982. — 256 с.
9. Dutilleux P. Assessment of the acoustic noise issues of wind farm projects in the light of the experience gained in Germany / P. Dutilleux, J. Gabriel. — Wilhelmshaven: DEWI GmbH, 2008. — Режим доступа: [http://www.dewi.de/dewi/fileadmin/pdf/publications/Publikations/2\\_Dutilleux.pdf](http://www.dewi.de/dewi/fileadmin/pdf/publications/Publikations/2_Dutilleux.pdf)
10. Environmental Noise — Nærum: Bruel&Kjaer, 2001. — 60 p.
11. GADE S. Sound Intensity (Theory) / S. GADE. — Nærum: Bruel&Kjaer, 1982. — 39 p.
12. Rogers A. L. Wind Turbine Acoustic Noise / A. L. Rogers, J. F. Manwell, S. Wright. — Amherst: Renewable Energy Research Laboratory, 2006. — 26 p.

УДК 528.5

П. Е. Ефременко, М. В. Шевченко, А. И. Горб

ООО «Навигационно-геодезический центр»



## СОВРЕМЕННЫЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ GNSS-СРЕДСТВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ И АКТУАЛИЗАЦИИ ЛОКАЛЬНЫХ ГИС-ПРОЕКТОВ

Исследование современных способов сбора геопространственных данных с помощью различных программно-аппаратных средств на базе спутниковых GNSS технологий. Сравнение работы основных групп GNSS измерителей по параметрам точности производительности и удобства использования для задач ГИС съемки. Поиск оптимальных подходов для построения и актуализации локальных ГИС-проектов на основе полевых измерений.

**Ключевые слова:** GNSS, ГИС-проект, ГИС-контроллер, навигатор, трекер.

Iefremenko P.I., Shevchenko M.V., Gorb O.I.

### THE MODERN HARDWARE AND SOFTWARE GNSS-TOOLS FOR CREATING AND UPDATING LOCAL GIS PROJECTS

Research of modern methods for geo-spatial data collecting with different software and hardware based on GNSS technology. Comparison of main groups of satellite GNSS measuring instruments to the parameters of precision, performance and ease of use for GIS survey applications. The best approaches for creating and updating local GIS projects are found based on field measurements.

**Keywords:** GNSS, GIS project, GIS controller, navigator, tracker.

Єфременко П. С., Шевченко М. В, Горб О. І.

### СУЧАСНІ ПРОГРАМНО-АПАРАТНІ GNSS-ЗАСОБИ ДЛЯ СТВОРЕННЯ І АКТУАЛІЗАЦІЇ ЛОКАЛЬНИХ ГІС-ПРОЕКТІВ

Дослідження сучасних способів збору геопросторових даних за допомогою різних програмно-апаратних засобів на базі спутникових GNSS технологій. Порівняння роботи основних груп GNSS вимірювачів за параметрами точності, продуктивності та зручності користування для задач ГІС зйомки. Пошук оптимальних підходів для побудови та актуалізації локальних ГІС-проектів на основі польових вимірювань.

**Ключові слова:** GNSS, ГІС-проект, ГІС-контролер, навігатор, трекер.

**Вступление.** Геоинформационные технологии активно интегрируются во многие сферы жизни человека и его хозяйственной деятельности. Одной из актуальных проблем является выбор и оптимальное использование различных программно-аппаратных измерительных средств, предназначенных для сбора и обработки геопространственной информации. Это касается и таких задач как создание и актуализация геоинформационных систем (ГИС) для лесных, сельских хозяйств, коммунальных служб и др. Электронные карты с базой атрибутивных данных

для таких объектов можно условно назвать локальным ГИС-проектом. Особенностью работы с такими ГИС является то, что при создании или актуализации всей системы измерительная работа ведётся по отдельным типовым объектам хозяйства относительно небольших размеров (к примеру, квартал лесного хозяйства). Подобная специфика предполагает, что устройства сбора геопространственных данных, с одной стороны, должны быть компактными и прочными, с другой стороны — обеспечивать оперативный сбор данных высокой точности.

Современные измерительные технологии предлагают широкий спектр способов измерений (традиционные оптико-электронные технологии, лазерные наземные измерения, фотограмметрия, и т.д.), но наиболее интересными и эффективными для задач локального сбора геоданных являются спутниковые GNSS-технологии и построенные на их базе измерительные GNSS-приемники [1].

**Исходные предпосылки.** Данная проблема актуальна в связи с повсеместной необходимостью переоснащения различных хозяйственных структур измерительными средствами и программным обеспечением ГИС, а также с необходимостью оптимального выбора таких средств из многочисленных вариантов разного назначения и разной сложности, доступных на сегодняшний день.

**Цели и задачи исследования.** В связи с поставленной проблематикой сформулированы следующие задачи исследования:

1. Рассмотрение функциональных возможностей GNSS-оборудования.
2. Сравнительная характеристика полученных данных.
3. Определение оптимального GNSS-оборудования для создания локальных ГИС-проектов.

Конкретной практической задачей для выявления оптимального программно-аппаратного GNSS решения для локальных ГИС-проектов была выбрана задача актуализации картографического материала в лесном хозяйстве, а точнее — создание ГИС-проекта стандартного квартального участка лесхоза с актуальным расположением внутренних выделов и их атрибутов. Рассматриваемый квартальный участок общей площадью 26,607 га имеет прямоугольную форму и состоит из восьми выделов различной конфигурации. Схематически расположение выделов заданного квартала показано на рис. 1. Актуализация расположения и формы таких выделов является одной из основных задач в лесном хозяйстве, что должно сопровождаться точными координатными измерениями и записью атрибутивной информации.

**Изложение основного материала.** Основной задачей GNSS-измерителей является вычисление с различной точностью текущих неизвестных координат точек и вынос в натуру точек с известными координатами, а также ряд дополнительных приложений (расчет расстояний, вычисление площадей, координатная геометрия, разбивка и др.). Помимо необходимости координирования объектов, измерения для ГИС содержат также ряд дополнительных задач, среди которых в первую очередь — необходимость записи различных атрибутивных данных, привязанных к объектам ГИС.

По классу точности и производительности все спутниковые GNSS-приемники можно условно разделить на две основные группы: навигационные и геодезические. В качестве отдельной подгруппы следует также рассмотреть измерительные GNSS-

приемники со встроенной мобильной ГИС, так называемые ГИС-контроллеры. Для рассматриваемых задач по созданию локальных ГИС-проектов применимы приборы как навигационной, так и геодезической точности (всё зависит от допусков по точности измерений). Помимо точности, важным фактором является также скорость сбора данных и удобство сведения результатов в требуемый ГИС-формат. Именно исходя из этих параметров необходимо выбирать соответствующие оптимальные средства и способы сбора данных для ГИС [2].

Для решения данной задачи было проведено сравнительное исследование способов сбора ГИС данных GNSS оборудованием трех типов: а) *ручным GPS-навигатором*, б) *высокоточным геодезическим GNSS-приемником*, в) *специализированным ГИС-контроллером*. Задача съёмки заключалась в координировании точек контуров, объектов на местности (например, квартальные столбы) и формирование полигонов выделов с атрибутивным описанием (номер, площадь, тип насаждений, возраст и т.д.). Результатом такой работы должен быть локальный ГИС-проект, состоящий, как минимум, из двух слов: точечного, содержащего результаты измерений; полигонального, включающего картографические модели выделов, построенные в требуемой системе координат (СК-42) и с необходимым атрибутивным описанием. Для сравнения оборудования выбраны следующие показатели: среднее время нахождения на точке и общее время полевых измерений, точность определения координат, способ сбора и добавления в ГИС атрибутивной информации (автоматически в полевых условиях или камерально).

Первый вариант GNSS-измерителя (портативный GPS-навигатор) представлен GPS навигатором eXplorist 510 фирмы Magellan, которая занимает лидирующие позиции на рынке навигационного оборудования (рис. 2). Технические характеристики Magellan eXplorist 510 приведены в табл. 1.

Навигаторы фирмы Magellan серии eXplorist оснащены мощными высокочувствительными GPS-антеннами SiRFstarIII с возможностью использования системы EGNOS (общеевропейской геостационарной системы навигационного покрытия), которая аккумулирует информацию от спутников GPS, ГЛОНАСС и Galileo и собственных геостационарных спутников. Совокупность информации транслируется на GPS-приемники для обеспечения высокой точности (до 3 м в благоприятных условиях) и быстрого определения координат (до 15 секунд — холодный старт).

GPS-навигаторы серии eXplorist позволяют определять собственное местоположение, производить расчёты параметров территорий (площадь, периметр и т.д.). Устройства оборудованы цифровой камерой и диктофоном, в которых есть возможность привязки записи к географическим координатам. Защищенность от сложных условий окружающей среды, энергосберегающие технологии и гибкое картографическое

обеспечение (использование растровой и векторной картографии) обеспечивают качественное решение большинства повседневных задач лесного хозяйства. Основным недостатком является ограниченная точность определения координат, которая напрямую зависит от внешних условий. Например, в условиях обильной лесной растительности точность определения координат может снижаться до 8 м.

Выходным форматом данных устройства является \*.grx, который интегрирован в большинство современных ГИС-продуктов, в том числе — один из самых распространённых QGIS и ArcGIS. Это позволяет в короткие сроки создать слои с точностью геопривязки до 3 м, и тем самым интегрировать полученные полевые данные с существующей ГИС. Экспорт из формата \*.grx в формат \*.shp в про-

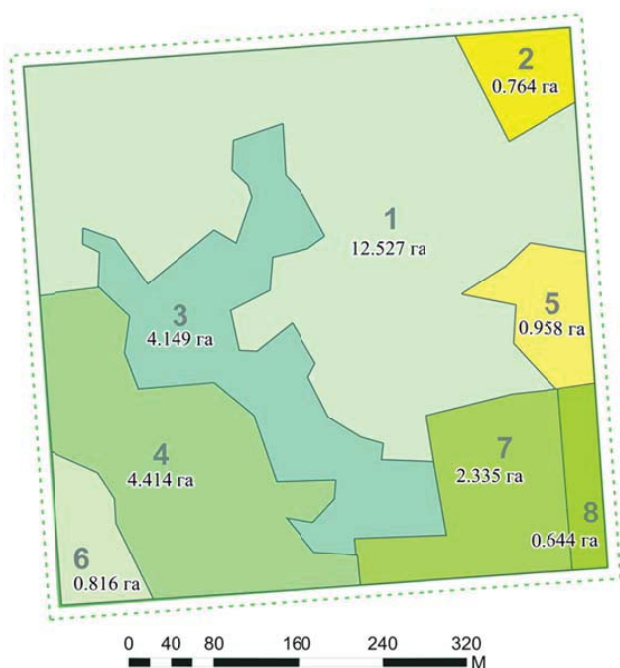


Рис. 1. Схема выделов исследуемого квартала лесхоза

грамме QGIS происходит с помощью стандартных инструментов экспорта, в программе ArcGIS — с помощью модуля "Conversion Tools" в ArcToolBox. Также возможен экспорт точечных объектов, которые соответствуют путевым точкам в навигаторе, и линейных объектов, которые соответствуют трекам в навигаторе. Следующим этапом обработки информации является присвоение гео данным атрибутивной информации и генерализация данных. Гео данные могут подкрепляться голосовыми заметками оператора и фотографическими снимками с геопривязкой, что позволяет дать качественную оценку ситуации на данной территории.

Таким образом, Magellan eXplorist 510 можно охарактеризовать как надёжный прибор, с помощью которого в краткие сроки можно интегрировать полевые данные с ГИС, с добавлением качественных характеристик в виде фото-, видео- и аудиоматериалов. Среди недостатков следует отметить снижение точности измерений в условиях



Рис. 2. GPS-навигатор Magellan eXplorist 510



Рис. 3. Геодезический GNSS-приемник Leica GS08plus

плотной лесной растительности, что впоследствии влияет на значительную потерю информации при генерализации [3].

Вторым вариантом GNSS-измерителя (высокоточный геодезический GNSS-приемник) представлен двухчастотный (L1 + L2) двухсистемный (GPS + GLONASS) приемник GS08plus фирмы Leica Geosystems (Швейцария) (рис. 3). Технические характеристики прибора приведены в табл. 1. На сегодняшний день мобильные спутниковые приемники такого класса обеспечивают максимально возможную точность измерения координат (3–5 мм) за кратчайшее время (в режиме Real Time Kinematic (RTK) для записи точки достаточно 15–20 секунд). Измерительное оборудование швейцарского производителя Leica Geosystems отличается дополнительными возможностями по организации съёмочных работ (использование карт-подложек и специализированных прикладных программ), а также имеет гибкую систему импорта/экспорта измерений в ГИС/САПР системы [4].

Для решения поставленной задачи сравнительного анализа оборудования использовалась стандартная программа «Съёмка» для координирования

отдельных точек. Среди преимуществ прибора следует также назвать возможность проводить съёмку непосредственно в нужной системе координат, задав её на приборе. Во встроенном полевом программном обеспечении прибора возможно построение линий и полигонов по съёмочным точкам, однако инструменты записи атрибутивной информации ограничены. Кроме того, задать непосредственно в приборе требуемый формат результирующего ГИС-проекта невозможно. Это связано с тем, что приборы такого класса не оперируют объектами, слоями и атрибутивными базами данных – активным элементом являются только точки координирования. Это недостаток компенсируется наличием инструментария импорта результатов измерений в форматы САПР (например \*.dxf) и ГИС (\*.shp шейп-файл), с помощью которого можно получить точечный слой локального ГИС-проекта с результатами измерений. На основе слоя съёмочных точек, импортированного в настольную ГИС-систему, осуществляется дальнейшее построение полигонов и добавление атрибутивной информации (собранный с помощью внешних носителей). В результате съёмки исследуемого квартала лесхоза были получены координаты

Таблица 1

Технические характеристики GNSS приемников

Характеристика	Magellan eXplorist 510	Leica GS80plus	Leica Zeno GIS
Каналы приема GPS	14 (GPS)	72 (GPS, GLONASS)	14 (GPS, GLONASS)
Точность GPS	3 - 5 м		< 0.4 м
Дифф. режим	WAAS	RTK	DGPS, SBAS
Тип антенны	L1 (GPS)	L1/L2 (GPS, GLONASS)	L1 (GPS, GLONASS)
Процессор	400 MHz	Freescale iMX31 533МГц ARM Core	Freescale iMX31 533МГц ARM Core
Габариты	128x65,3x36,8 мм	278x102x45 мм	278x102x45 мм
Вес	195 г.	2800 г.	740 г.
Тип батареи	AA ( 2шт.)	Li-Ion, 2600 мАч	Li-Ion, 2600 мАч
Время работы	15 часов	8 – 9 часов	8 – 9 часов
Цифровая камера	Да	Да	Да
Защищенность	IPX7	IP67	IP67
Хранение данных	2 Гб, micro SD card	1 Гб, SD card, USB flash	1 Гб, SD card, USB flash
Диапазон температур	-30 до 60° C	-30 до 60° C	-30 до 60° C
Порты	USB	USB, mini USB, RS232	USB, mini USB, RS232
Bluetooth	Нет	Да	Да
Электронный компас	Да	Да	Да



77 точок в системе координат СК-42. Дальнейшая доработка ГИС-проекта осуществлялась камерально в программной оболочке ArcGIS, в которую был импортирован слой (шейп-файл) с точечными результатами измерений. Изображение указанного слоя приведено на рис. 4. Дополнительная атрибутивная информация была внесена в слой на основе данных дополнительного абриса, который велся параллельно с аппаратной съемкой. Результаты измерений и обработки сведены в табл. 2.

Третьим вариантом GNSS-измерителя, который был включён в сравнительное исследование, является специализированный ГИС-контроллер, а именно высокоточный GNSS-приемник с полевым прог-

рамным обеспечением с ГИС-возможностями. Для рассматриваемых задач (сбор данных о пространственном положении объектов и запись атрибутов) оптимальной определяется возможность комплексного использования в одном решении различных измерительных методов (спутниковое координирование, лазерная дальнометрия, косвенные измерения и т.д.). Такие возможности предоставляют программно-аппаратные комплексы (ГИС-контроллеры), состоящие из GNSS-приёмников, контроллеров или планшетных персональных компьютеров с полевой ГИС, лазерных дальнометров и цифровых фотокамер, работающих в единой системе. Одним из примеров такого оборудования является мультифунк-

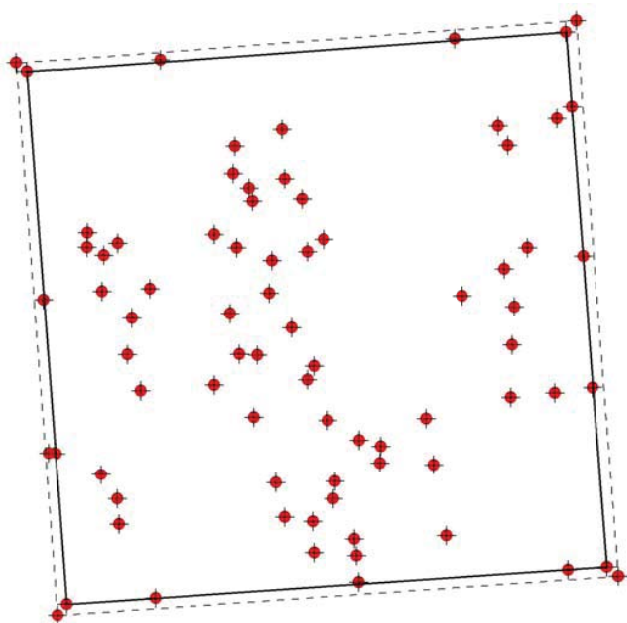


Рис. 4. Результаты съемки геодезическим GNSS-приемником Leica GS08plus

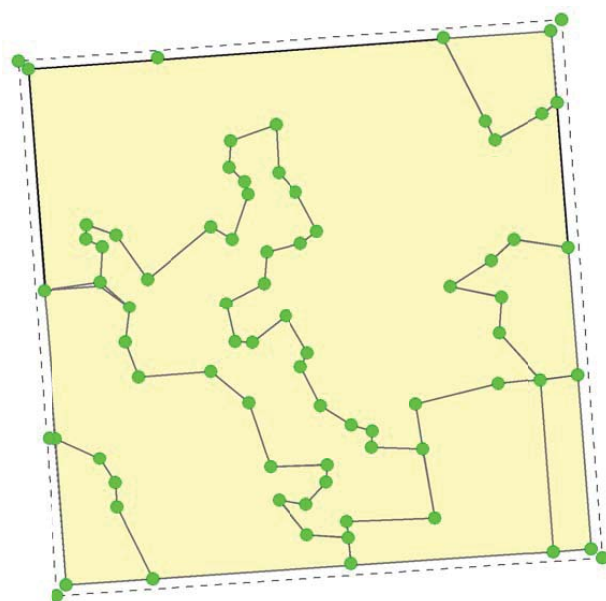


Рис. 6. Результаты съемки ГИС-контроллером Leica Zeno



Рис. 5. Состав комплекса Leica Zeno GIS

циональный ГИС-контроллер Leica Zeno GIS (рис. 5) от швейцарской компании Leica Geosystems.

При решении поставленной задачи (создание локального ГИС-проекта) все требуемые слои в нужной системе координат были созданы прямо на приборе. Также во время съёмки можно создавать и настраивать различные атрибутивные поля, привязанные к точкам и объектам. Таким образом, нет

необходимости дополнительно вести абрис и фиксировать атрибутивные данные. Также преимуществом является возможность использовать в качестве подложек различные векторные и растровые карты. Так, координатно привязанная скан-копия старой бумажной карты квартала использовалась для общего ориентирования на местности. Что касается спутниковых измерений координат, то воз-

Таблица 2

## Результаты полевых GNSS измерений и обработки данных

Показатель	Magellan eXplorist 510	Leica GS80plus	Leica Zeno GIS
Кол-во точек	77	77	77
Среднее время записи точки	1 мин.	20 сек.	3 мин.
Средняя точность измерений	9 м	1 см	75 см
Способ сбора и добавления атрибутов	Сбор с помощью дополнительных носителей	Сбор с помощью дополнительных носителей	В приборе, используя встроенный инструментарий
Дополнительные средства сбора и обработки данных	Абрис, внешние носители для записей, ПО QGIS, ПО ArcGIS.	Абрис, внешние носители для записей, ПО ArcGIS.	–
Способ построения полигонов	При постобработке в камеральной ГИС	При постобработке в камеральной ГИС	В приборе, используя встроенный инструментарий
Способ сведения результатов в нужный формат	Экспорт данных из внутреннего формата прибора, конвертация в *.shp в стороннем ПО, импорт в ArcGIS и камеральная доработка проекта	Экспорт данных из внутреннего формата прибора в *.shp, импорт в ArcGIS и камеральная доработка проекта	Данные в нужном формате непосредственно импортируются в ArcGIS без необходимости дополнительной доработки
Этапы создания ГИС	3 этапа (съёмка, импорт в ГИС, камеральная доработка)	3 этапа (съёмка, импорт в ГИС, камеральная доработка)	2 этапа (съёмка, импорт в ГИС)
Общее время полевых измерений	8 ч.	7 ч	10 ч
Общее время создания проекта	10 ч	9 ч.	10 ч

возможности аппаратной части (одночастотный GPS-приемник) позволяют фиксировать координаты с точностью до 40 см в дифференциальном режиме. Полученная на практике точность составила в среднем 60-100 см, так как условия леса являются крайне неблагоприятными для спутниковых измерений. Для достижения указанного уровня точности достаточно находиться в точке измерений 2-3 мин. При съемке точек программный инструментариум позволяет добавлять все атрибутивные данные и автоматически привязывать цифровые фотографии ключевых объектов, сделанные встроенной в контроллер камерой. Результирующие полигоны, соответствующие выделам в квартале, строятся прямо на приборе в отдельном слое на основе ранее снятых точек или непосредственно по текущим спутниковым измерениям [5]. Непосредственно в полевых условиях прямо на приборе мы получаем результирующий локальный ГИС-проект, включающий заданное количество слоев нужного содержания. Кроме того, ГИС-проект содержит нужный набор атрибутов заданного формата, в том числе – дополнительную информацию (например, цифровые фотографии). Каждый слой в формате \*.shp хранится в общей папке слоев ГИС-проекта на приборе. Важно, что нет необходимости конвертации данных для передачи в общую ГИС, а дополнительная обработка данных осуществляется элементарными приемами.

Изображение слоев, полученных с помощью ГИС-контроллера, показано на рис. 6, а все результаты измерений и обработки сведены в табл. 2.

Ниже представлены технические характеристики всех примеров оборудования, использованного в ходе исследования.

**Результаты.** Исходя из поставленных задач и полученных результатов измерений, можно сделать следующие выводы. По параметрам простоты использования лучшие показатели у ручного на-

вигатора, однако точность результатов измерений (9 м) не удовлетворяет требованиям в большинстве рассматриваемых практических задач. Кроме того, сбор атрибутов и приведение результатов к нужному формату требует дополнительных технических и программных средств. Это усложняет достижение необходимого результата и увеличивает общее время работы над созданием локального ГИС-проекта. Этот же недостаток относится к классу геодезических GNSS-приемников. Но их преимуществом над предыдущим примером является максимальная точность в сочетании с высокой скоростью измерений, что позволяет считать приборы этой группы лучшим универсальным инструментом для координирования. Необходимость в дополнительных средствах и приемах обработки данных для ГИС усложняет использование таких высокоточных спутниковых измерителей и остаётся значительным недостатком для рассматриваемой специфической сферы.

В последнем же случае (ГИС-контроллер) мы имеем измерительное средство, которое само, по сути, включает ГИС-компоненту и позволяет осуществлять весь спектр работ и операций, характерных при построении ГИС, прямо в полевых условиях с использованием спутникового позиционирования. Учитывая допустимую точность координирования и полную автоматизацию обмена данными с камеральными ГИС системами, в сочетании с широким спектром дополнительных встроенных инструментов сбора атрибутивных данных, можно сказать, что спутниковые измерительные ГИС-контроллеры на сегодняшний день являются наиболее оптимальным программно-аппаратным решением для создания и актуализации локальных ГИС-проектов.

**Рецензент – кандидат географических наук,  
доцент О. С. Третьяков**

### Литература:

1. Bonham-Carter G. F. *Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS*. – New York: Elsevier Science, 1994. – 398 p.
2. Jones C. *Geographical Information Systems and Computer Cartography*. Longman Limited. – 1997. – 319 p.
3. Ефременко П. Е. Специализированное GNSS-оборудование для сбора ГИС-данных. / П. Е. Ефременко, А. И. Горб // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів: Вид-во Львівської політехніки. – 2011. – Вип. II (22). – С.82-86.
4. Лебедев П. П. Теория и методы кадастрового картографирования с применением географических информационных систем (ГИС) / П. П. Лебедев, В. П. Раклов // Итоги науч.-исслед. Работы ГУЗ в 1996-2000 гг. – М.: ГУЗ. – 2001. – Т.6. – 128 с.
5. Шевченко М. В. Применение ГИС-технологий в исследованиях структуры дневной поверхности (на примере долины р. Волчья). / М. В. Шевченко // Материалы второй международной науч.-практ. конф. 28-30 окт. 2010 г. // Отв. ред. Л. М. Ахромеев. – Брянск: Курсив, 2010. – С. 263-267.