



АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭТАЛОННОЙ БАЗЫ УКРАИНЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

П.И. Неежмаков, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, первый заместитель генерального директора ННЦ "Институт метрологии" по научной работе, г. Харьков

А.В. Прокопов, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, заместитель генерального директора ННЦ "Институт метрологии" по научно-метрологической работе, г. Харьков



П.И. Неежмаков



А.В. Прокопов

Выполнен анализ возможностей высшего звена государственной метрологической системы — государственных первичных эталонов — для решения проблем метрологического обеспечения дистанционного зондирования Земли. Рассмотрены имеющиеся в стране эталоны, необходимые для достижения указанной цели, а также основные задачи по совершенствованию национальной эталонной базы с учетом международных требований к результатам дистанционного зондирования.

The analysis is made for capacities of the highest link of the state metrological system, state primary standards, for solving of problems of metrological provision of the remote sensing of the Earth. Considered are the standards available in the country, necessary to reach the indicated aim on improvement of the national standard base with taking into consideration the international requirements to the results of the remote sensing.

Введение

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) из космоса широко используется для решения множества военных и гражданских задач и является крайне важной областью деятельности для контроля состояния окружающей природной среды, поиска полезных ископаемых, кадастрового учета, предсказания чрезвычайных ситуаций и др.

Дистанционное зондирование Земли из космоса в большинстве случаев сводится к измерению и регистрации энергетических и поляризационных

характеристик собственного и отраженного излучения элементов суши, океанов и атмосферы Земли (включая естественные и искусственные объекты) в различных диапазонах электромагнитных волн, по которым далее определяются местоположение, описания характеристик и временной изменчивости естественных природных параметров и явлений, природных ресурсов Земли, окружающей среды, а также антропогенных объектов и образований [1].

ДЗЗ является многоаспектной сферой деятельности и может рассматриваться как с правовой, так и нормативно-методической либо технической точек зрения. В настоящей статье сделан упор на той части технической составляющей ДЗЗ, которая связана с метрологией: анализируются национальные эталоны, необходимые для обеспечения принципа единства измерений при ДЗЗ.

Следует отметить, что применяемое метрологическое обеспечение измерений должно гарантировать получение результатов ДЗЗ в законных единицах физических величин с необходимой точностью. Кроме того, для международного признания результатов ДЗЗ эталоны, используемые для метрологического обеспечения, должны гарантировать прослеживаемость результатов измерений к системе SI в рамках общепринятых процедур, включая процедуру сличения национальных эталонов с международными. Результаты таких сличений, гарантирующие эквивалентность национальной и международной систем измерений, фиксируются в специальной информационной базе Международного бюро мер и весов (BIPM) KCDB [2].

Дальнейшее изложение строится следующим образом: сначала будут приведены краткие характеристики видов измерений и типов аппаратуры, применяемой при ДЗЗ (включая аппаратуру, которой оснащаются полигоны для верификации, калибровки, валидации методов и средств ДЗЗ-измерений), затем в сжатом виде будут описаны национальные метрологические возможности Украины, в частности, метрологические характеристики национальных первичных эталонов, которые возглавляют каждый

из выделенных видов измерений в Украине. Будет представлена информация об эталонах, прошедших международные сличения, о поверочных схемах, позволяющих выбрать наиболее оптимальный вариант калибровки аппаратуры для ДЗЗ.

Основная часть

Аппаратура, устанавливаемая на искусственном спутнике Земли (ИСЗ) при ДЗЗ, обычно работает в четырех основных диапазонах электромагнитных волн: ультрафиолетовом (УФ), видимом диапазоне излучения, инфракрасном (ИК), микроволновом или сверхвысокочастотном (СВЧ) – именно в этих областях спектра земная атмосфера отличается наибольшей прозрачностью для электромагнитных волн. При этом в видимой части диапазона датчики, используемые при ДЗЗ (фотоэлементы, матрицы приборов с зарядовой связью и др.), регистрируют отраженное от участков земной поверхности и прошедшее через атмосферу солнечное излучение; в ИК-диапазоне обычно регистрируется собственное тепловое излучение поверхности Земли; в микроволновом диапазоне удобно наблюдать собственное излучение планеты либо отраженные сигналы от искусственного источника облучения, установленного на борту ИСЗ.

К числу наиболее важных характеристик формирования радио- либо оптического изображения можно отнести характеристики пространственные (размеры) и радиометрические (характеристики яркости, спектральной яркости, температуры), а также разрешающую способность оптической и радиоаппаратуры. Пространственное разрешение зависит от длины волны принимаемого излучения, диаметра объектива (размера антенны), высоты орбиты ИСЗ. При этом среди часто измеряемых (контролируемых) физических величин оказываются спектральные характеристики (яркости, отражательной способности, плотности энергетической яркости).

Что касается калибровочных полигонов для ДЗЗ, то на них могут измеряться [3]: спектральные характеристики отражения и излучения представленных на полигоне объектов, спектральный состав падающей и отраженной радиации, распределение температур в различных средах, образующих полигон, влажность почвы и приземных слоев атмосферы и др. Кроме того, в зависимости от конкретных задач калибровки, могут проводиться измерения: загрязненности воды и почвы, скорости и направления ветра в приземных слоях атмосферы, сейсмические измерения, измерения скорости течений и степени волнения и др.

В статьях, публикуемых в настоящем номере “Украинского метрологического журнала”, применительно к ДЗЗ упоминаются: измерения показателя ослабления оптического излучения методом спектрофотометрии, измерения скорости течений акустическим доплеровским методом, измерения

температуры, электрической проводимости, давления [4]; измерения с помощью геодезических приборов (дальномеров, теодолитов), стереокомпараторов, стереоскопов, микроскопов, луп, а также измерения метеопараметров с целью определения показателя преломления атмосферы [5]; измерения с помощью ультрафиолетового спектрометра, сканирующего УФ-поляриметра [6]; геодезические измерения и высокоточные измерения геометрических размеров уголкового отражателя [7]. В статье [8] особо подчеркивается необходимость оснащения полигонов метеостанциями, спектрометрами, геодезической аппаратурой для измерений координат реперов, солнечными фотометрами, гониорадиометрическими и спектрометрическими системами.

В рамках функционирующей в Украине государственной метрологической системы для выполнения принципа единства для всех видов указанных выше измерений, перечисленная аппаратура должна быть поверена (калибрована) при условии соблюдения прослеживаемости к национальным эталонам. Учитывая приведенные выше перечни видов измерений и средств измерительной техники, остановимся кратко на основных эталонах, обеспечивающих единство измерений применительно к ДЗЗ. Информация об эталонах взята из Реестра государственных первичных и вторичных эталонов Украины, размещенного на сайте ННЦ “Институт метрологии” [9], а также из сборника “Эталоны” [10], изданного по случаю 110-й годовщины ННЦ “Институт метрологии”. Все эталоны, которые упоминаются ниже, разработаны и эксплуатируются в ННЦ “Институт метрологии”.

Среди эталонов для измерений геометрических величин отметим государственный первичный эталон единицы длины (ДЕТУ 01-03-98), метрологические характеристики которого (диапазон – от $1 \cdot 10^{-6}$ до 1,0 м; среднеквадратическое отклонение (СКО) случайной составляющей погрешности измерений – не более $2,5 \cdot 10^{-11}$; неисключенная систематическая погрешность (НСП) – не более $1,2 \cdot 10^{-11}$; расширенная неопределенность (U) – не более $6 \cdot 10^{-11}$) позволяют, с учетом имеющихся вторичных эталонов и поверочных схем, передавать единицу длины многочисленным средствам линейных измерений различных типов в диапазоне от 0,025 мкм (для измерений параметров шероховатости) до 75 км (геодезические измерения)*.

Основными эталонами для измерений механических величин являются:

- государственный первичный эталон единицы массы (ДЕТУ 02-01-96; номинальное значение – 1 кг; СКО – не более $8 \cdot 10^{-9}$; U – не более $16 \cdot 10^{-9}$);

* Следует учитывать, что диапазон изменения физической величины, воспроизводимой первичным эталоном, может существенно расширяться при передаче размера этой величины от эталонных к рабочим средствам измерительной техники в соответствии с утвержденной для данного эталона поверочной схемой.

- государственный первичный эталон единицы ускорения свободного падения (ДЕТУ 02-02-96; диапазон – от 9,77 до 9,85 м/с²; СКО – $5 \cdot 10^{-8}$ м/с²; НСП – $8 \cdot 10^{-8}$ м/с²; U – $1,2 \cdot 10^{-7}$ м/с²).

Измерения параметров потока, расхода, уровня, объема веществ возглавляются:

- государственным первичным эталоном единицы длины для уровня жидкости (ДЕТУ 03-02-97; диапазон – от 0 до 20 м; СКО – 0,3 мм; НСП – 0,5 мм; U – 0,9 мм);

- государственным первичным эталоном единицы объемного расхода жидкости в диапазоне от $2,8 \cdot 10^{-4}$ до $2,8 \cdot 10^{-2}$ м³/с, массового расхода жидкости в диапазоне от $2,8 \cdot 10^{-1}$ до 28 кг/с, объема жидкости в диапазоне от 0,1 до 3,0 м³ и массы жидкости в диапазоне от 100,0 до 3000,0 кг, протекающей по трубопроводу (ДЕТУ 03-04-04; диапазоны указаны в названии эталона; СКО – $2 \cdot 10^{-5}$; НСП – $9 \cdot 10^{-5}$; U – $1 \cdot 10^{-4}$ для объемного и массового расхода жидкости; НСП – $3,5 \cdot 10^{-4}$; U – $3,5 \cdot 10^{-4}$ для объема и массы жидкости).

Для метрологического обеспечения измерений давления и вакуумных измерений используются эталоны единицы давления, в частности, государственный первичный эталон единицы давления для абсолютных давлений в диапазоне от $2,7 \cdot 10^2$ до $1,3 \cdot 10^5$ Па (ДЕТУ 04-02-97; диапазон указан в названии; СКО – 0,3 Па; НСП – 2 Па; U – 2,4 Па).

Температурные и теплофизические измерения в силу своей специфики (связанной с определением действующей в настоящее время международной температурной шкалой МТШ-90) нуждаются в повышенном количестве первичных эталонов. Среди них мы выделим наиболее востребованные для ДЗЗ:

- государственный первичный эталон единицы температуры кельвина в диапазоне от 273,16 до 1357,77 К (ДЕТУ 06-05-98; диапазон указан в названии; СКО – от $2 \cdot 10^{-5}$ до $2 \cdot 10^{-3}$ К; НСП – от $2 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-3}$ К; U – от $2,3 \cdot 10^{-4}$ до $5,5 \cdot 10^{-3}$ К);

- государственный первичный эталон единицы температуры по ИК-излучению в диапазоне от 692,67 до 1234,93 К (ДЕТУ 06-07-04; диапазон указан в названии; СКО – 0,8 К; НСП – 0,5 К; U – 1,63 К).

Исключительно важное значение для ДЗЗ имеет государственный первичный эталон единиц времени и частоты (ДЕТУ 07-01-97; диапазон для интервалов времени – от $1 \cdot 10^{-10}$ до $1 \cdot 10^8$ с, для частоты – от 1 до $7 \cdot 10^{10}$ Гц; относительное СКО при 20 независимых наблюдениях за три месяца – $5 \cdot 10^{-14}$; относительная НСП – $5 \cdot 10^{-14}$; относительная нестабильность частоты за интервалы времени от 1000 с до 1 суток – $2 \cdot 10^{-14}$; разность между национальной шкалой координированного времени Украины UTC (UA) и международной шкалой координированного времени UTC – ± 1 мс; U – $1 \cdot 10^{-13}$ по частоте, 2 нс по разности шкал времени).

Среди эталонов в области измерений электрических и магнитных величин необходимо отметить:

- государственный первичный эталон магнитной индукции в диапазоне от 0,05 до 2 Тл (ДЕТУ 08-01-96; диапазон указан в названии; СКО – $1 \cdot 10^{-6}$; НСП – $3 \cdot 10^{-6}$; U – $4 \cdot 10^{-6}$);

- государственный первичный эталон единицы электрического сопротивления (ДЕТУ 08-02-98; номинальное значение – 1 Ом, 100 Ом; СКО – $3 \cdot 10^{-8}$; НСП – $3 \cdot 10^{-7}$; U – $4 \cdot 10^{-7}$);

- государственный первичный эталон единицы электродвижущей силы и постоянного напряжения (ДЕТУ 08-03-07; диапазон – от 0,01 до 10,0 В; СКО – $5 \cdot 10^{-9}$; НСП – $1 \cdot 10^{-8}$; U – $2 \cdot 10^{-8}$).

Для обеспечения единства радиотехнических и радиоэлектронных измерений в ННЦ “Институт метрологии” создано 6 государственных эталонов, в том числе:

- государственный первичный эталон единицы коэффициента амплитудной модуляции высокочастотных колебаний (ДЕТУ 09-02-96; диапазон – от 0,1 до 100 %; СКО – $3 \cdot 10^{-4} M$ (M – коэффициент амплитудной модуляции); НСП – $3 \cdot 10^{-3} M$; U – $4 \cdot 10^{-3} M$;

- государственный первичный эталон единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных трактах в диапазоне частот от 37,5 до 178,6 ГГц (ДЕТУ 09-04-96; диапазон – от $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ Вт; СКО – от $0,5 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-3}$; НСП – от $5 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-2}$; U – от $1,1 \cdot 10^{-2}$ до $1,5 \cdot 10^{-2}$);

- государственный первичный эталон единицы мощности электромагнитных колебаний в коаксиальных трактах в диапазоне частот от 0,03 до 18 ГГц (ДЕТУ 09-06-05; диапазон – от $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ Вт; СКО – $1 \cdot 10^{-3}$; НСП – от $4 \cdot 10^{-3}$ до $7 \cdot 10^{-3}$; U – от $5 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-2}$).

При ДЗЗ наиболее часто используются оптические и оптико-физические измерения. В этом виде измерений в ННЦ “Институт метрологии” созданы и эксплуатируются 10 государственных эталонов, в частности:

- государственный первичный эталон единицы силы света (ДЕТУ 11-02-96; диапазон – от 1,0 до 100,0 кд; СКО – $0,1 \cdot 10^{-2}$; НСП – $0,15 \cdot 10^{-2}$; U – $0,3 \cdot 10^{-2}$);

- государственный первичный эталон единицы энергетической освещенности некогерентным излучением (ДЕТУ 11-01-96; диапазон – от 10 до $1 \cdot 10^5$ Вт/м²; СКО – $0,25 \cdot 10^{-2}$; НСП – $0,28 \cdot 10^{-2}$; U – $0,6 \cdot 10^{-2}$);

- государственный первичный эталон единицы оптической плотности материалов (ДЕТУ 11-05-02; диапазон в проходящем свете – от $1 \cdot 10^{-2} \cdot D$ (D – единица оптической плотности) до $6,0 \cdot D$ Вт/м², в отраженном свете – от $1 \cdot 10^{-2} \cdot D$ до $2,5 \cdot D$; СКО в проходящем свете – от $5 \cdot 10^{-4} \cdot D$ до $3 \cdot 10^{-3} \cdot D$, в отраженном свете – от $1 \cdot 10^{-3} \cdot D$ до $5 \cdot 10^{-3} \cdot D$; НСП в проходящем свете – от $2 \cdot 10^{-3} \cdot D$ до $5 \cdot 10^{-3} \cdot D$, в отраженном свете –

от $4 \cdot 10^{-3} \cdot D$ до $1,5 \cdot 10^{-2} \cdot D$; U в проходящем свете – $8 \cdot 10^{-3} \cdot D$, в отраженном свете – $1,6 \cdot 10^{-2} \cdot D$);

- государственный первичный эталон единиц спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности силы излучения и спектральной плотности энергетической освещенности; мощности излучения и энергетической освещенности (ДЕТУ 11-06-06; диапазон для спектральной плотности энергетической яркости – от $4 \cdot 10^4$ до $3 \cdot 10^{11}$ Вт/ср·м³, для спектральной плотности силы излучения – от 3 до $3 \cdot 10^7$ Вт/ср·м, для спектральной плотности энергетической освещенности – от 10 до $1 \cdot 10^8$ Вт/м³, для энергетической освещенности – от $5 \cdot 10^{-4}$ до 5 Вт/м²; СКО – от $0,3 \cdot 10^{-2}$ до $0,5 \cdot 10^{-2}$; НСП – от $0,5 \cdot 10^{-2}$ до $1,5 \cdot 10^{-2}$; U – от $0,8 \cdot 10^{-2}$ до $1,6 \cdot 10^{-2}$);

- государственный первичный эталон единиц координат цвета и координат цветности (ДЕТУ 11-08-07; диапазон координат цвета X – от 2,5 до 109,0, Y – от 1,4 до 98,0, Z – от 1,7 до 107,0; диапазон координат цветности x – от 0,0039 до 0,7347, y – от 0,0008 до 0,8338; СКО для координат цвета – $1 \cdot 10^{-1}$, для координат цветности – $1 \cdot 10^{-3}$; НСП для координат цвета – $1 \cdot 10^{-1}$, для координат цветности – $1 \cdot 10^{-3}$; U для координат цвета – $2 \cdot 10^{-1}$, для координат цветности – $2 \cdot 10^{-3}$);

- государственный первичный эталон единиц спектральных коэффициентов направленного пропускания, зеркального и диффузного отражения в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм (ДЕТУ 11-09-08; диапазон для коэффициентов направленного пропускания – от 0,01 до 0,95, зеркального отражения – от 0,03 до 0,98, диффузного отражения – от 0,02 до 1,00; СКО – от $5 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-3}$; НСП – от $1 \cdot 10^{-3}$ до $1,5 \cdot 10^{-2}$; U – от $2 \cdot 10^{-3}$ до $2 \cdot 10^{-2}$).

В институте созданы и эксплуатируются также 10 государственных первичных эталонов в области измерений ионизирующих излучений и ядерных констант, которые обеспечивают единство измерений при дистанционном мониторинге радиационного загрязнения естественных и искусственных объектов.

Более подробные сведения, а также информацию о прочих эталонах, обеспечивающих единство измерений в сфере ДЗЗ, можно найти на сайте ННЦ “Институт метрологии” [9]. Там же приведены данные о государственных поверочных схемах, которые могут быть использованы для выбора оптимального варианта поверки (калибровки) средств измерительной техники, используемых в сфере ДЗЗ (включая полигоны).

Всего в Государственный реестр по состоянию на 01.05.2014 г. включены 69 государственных первичных эталонов, 52 из них созданы и эксплуатируются в ННЦ “Институт метрологии”. Более 30 эталонов уже прошли международные сличения, и метрологические возможности Украины по соответствующим видам измерений уже отражены в базе данных VIPM KCDB.

Таким образом, имеющиеся государственные первичные эталоны могут обеспечивать единство измерений в сфере ДЗЗ (включая измерения на полигонах). С точки зрения метрологии, ситуация в данной сфере благоприятная. Однако международное признание результатов таких измерений не будет вызывать сомнений с точки зрения метрологии лишь тогда, когда все используемые эталоны пройдут международные сличения (для чего в некоторых случаях потребуются усовершенствование эталонов, созданных более 10 лет назад). Гораздо сложнее ситуация складывается в части нормативно-правового и организационно-технического обеспечения работ в сфере ДЗЗ. Ведь международные нормативно-правовые акты (акты **Committee on Earth Observation Satellites (CEOS)**), регламентирующие признание продукции ДЗЗ, существенно отличаются от аналогичных актов, касающихся обычной промышленной продукции. Обычная продукция должна соответствовать нормам так называемых технических регламентов, а контроль этого соответствия осуществляется специально уполномоченными на национальном уровне органами, опирающимися на испытательные лаборатории, использующие возможности признанной на международном уровне государственной метрологической системы. Что касается продукции ДЗЗ, то она может быть признана только в случае, когда методы и средства ДЗЗ успешно прошли процедуры верификации, калибровки, валидации на полигонах (выполняющих в данном случае функции испытательных лабораторий), которые должны быть сертифицированы, но уже с участием международных экспертов CEOS. Это обстоятельство, а также недостаточную проработанность отечественной нормативно-правовой и нормативно-технической базы в сфере ДЗЗ (включая стандарты и методики, определяющие взаимодействие метрологии и ДЗЗ) необходимо учитывать при планировании и организации работ по развитию ДЗЗ в Украине. Без учета данных требований трудно рассчитывать на равноправное участие в международных проектах и плодотворное международное сотрудничество в сфере ДЗЗ. Отметим, что при развитии ДЗЗ следует также учесть, что к традиционным методам мониторинга могут быть добавлены и методы мониторинга гравитационного и магнитного полей Земли, которые в ряде работ предлагается развивать, опираясь на использование электромагнитных волн и спутниковые технологии [11, 12].

Выводы

Выполнен анализ состояния метрологического обеспечения измерений в сфере ДЗЗ. Показаны возможности высшего звена государственной метрологической системы Украины – государственных первичных эталонов – по обеспечению единства

и требуемой точности измерений при решении проблем ДЗЗ. Вместе с тем отмечена необходимость совершенствования нормативно-правовой и нормативно-технической базы ДЗЗ в части метрологии, а также необходимость активизации работ по международным сличениям национальных эталонов Украины с эталонами других стран.

Список литературы

1. Пудовкин О.Л. Дистанционное зондирование Земли из космоса: прикладные задачи лесного хозяйства / О.Л. Пудовкин. – М., 2013. – 205 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://magru.net/pubs/3944/Distantionnoe_zondirovanie_Zemli_iz_kosmosa_prikladnye_zadachi_lesnogo_hozyaystva
2. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://kcdb.bipm.org/>
3. Мишев Д. Дистанционные исследования Земли из космоса: пер. с болг. / Д. Мишев; под ред. Я.Л. Зимана. – М.: Мир, 1985. – 232 с.
4. Чепыженко А.А. Мультиспектральные космические съемки и контактные измерения параметров водной среды в Керченском проливе / А.А. Чепыженко, А.И. Чепыженко, В.М. Кушнир // Наст. журнал. – С. 32–36.
5. Кошелев А.В. Определение основных таксационно-мелиоративных показателей лесных полос на основе данных дистанционного зондирования / А.В. Кошелев // Наст. журнал. – С. 43–45.
6. Про застосування ультрафіолетової поляриметрії для супутникових досліджень стратосферного аерозолу Землі / О.В. Мороженко, П.В. Неводовський, А.П. Відьмаченко [та ін.] // Наст. журнал. – С. 28–31.
7. Критерии оценки результатов летных испытаний РСА космического базирования / Л.М. Атрошенко, А.Н. Горобец, Н.Н. Горобец [и др.] // Наст. журнал. – С. 51–56.
8. Полигоны ДЗЗ в Украине: современное состояние и направления дальнейших исследований и разработок / В.И. Лялько, М.А. Попов, С.А. Станкевич [и др.] // Наст. журнал. – С. 15–27.
9. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.metrology.kharkov.ua/index.php?id=55>
10. Эталоны / под ред. Ю.Ф. Павленко. – Харьков: ННЦ “Институт метрологии”, 2011. – 72 с.
11. Метод синхронізації рознесених у просторі генераторів для визначення релятивістського геоїда з використанням сигналів глобальних навігаційних супутникових систем / В. Романько, О. Прокопов, П. Неєрмаков [та ін.] // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2012. – Вип. 1 (23). – С. 77–83.
12. Анализ возможности использования 3-частотных ГНСС-измерений для восстановления пространственной структуры магнитного поля Земли / Т. Чепиль, А. Олейник, А. Прокопов, И. Тревого // Там же. – 2009. – Вып. 1 (17). – С. 132–136.

УДК 004-6:910.1:51-7

ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ТОЧНОСТЬ И ОСОБЕННОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ

А.К. Черкашин, доктор географических наук, профессор геоинформатики, заведующий лабораторией Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Российская Федерация



Сформулирована система понятий и аксиом метрологии на основе специальной теории информатики с двумя системными интерпретациями — качественной (общей) и количественной (частной). Познание и измерение рассматриваются как особый тип изменения — сравнения информации. Количественная теория информатики предлагает дифференциальные уравнения прямых и косвенных измерений. Географическая точность обеспечивается полной учета всех факторов, определяющих местную специфику наблюдения пространственных закономер-

ностей, поэтому в расчетах принимается во внимание различие характеристик геосистемы и ее среды.

The system of concepts and axioms of metrology is formulated on the basis of the special theory of informatics with two system interpretations: qualitative (general) and quantitative ones. The cognition and measurement are considered as a special type of change — comparing of information. The quantitative theory of informatics offers differential equations of direct and indirect measurements. The geographical accuracy is ensured by full consideration of all factors determining the local feature of observation of spatial regularities, therefore the difference in characteristics of geosystem and its environment is taken into account in the calculations.