

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РФ. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

В.П. Горобец (ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД»)

В 1976 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «космическая геодезия». После окончания института работал в ЦНИИГАиК, с 1980 г. — в 29-м НИИ МО РФ. С 2001 г. — научный сотрудник, заведующий координационно-методическим и информационно-вычислительным центром ЦНИИГАиК. С 2013 г. работает в ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных», в настоящее время — начальник отдела глобальных навигационных спутниковых систем.

Г.В. Демьянов (ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД»)

В 1963 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «астрономогеодезия». После окончания института работал в ЦНИИГАиК, с 1996 г. — заведующий геодезическим отделом ЦНИИГАиК. С 2005 по 2010 г. — заведующий кафедрой «Высшая геодезия» МИИГАиК. С 2013 г. работает в ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных», в настоящее время — заместитель директора по научной работе. Доктор технических наук. Лауреат премии Ф.Н. Красовского. Заслуженный работник геодезии и картографии РФ.

А.Н. Майоров (08.07.1960–30.10.2012)

В 1982 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «астрономогеодезия». После окончания института работал в Предприятии № 16 ГУГК при СМ СССР (Баку), с 1985 г. — ОКЭ №131 Предприятия № 7 ГУГК при СМ СССР (Тверь), с 1989 г. — младший научный сотрудник, научный сотрудник, старший научный сотрудник геодезического отдела ЦНИИГАиК. В 1993 г. окончил аспирантуру ЦНИИГАиК. Кандидат технических наук.

Г.Г. Побединский (ЗАО «Научно-производственное объединение геодезии и геодинамики», Нижний Новгород)

В 1980 г. окончил геодезический факультет НИИГАиК (СГГА) по специальности «прикладная геодезия». После окончания института работал в НИИ прикладной геодезии («Сибгеоинформ», Новосибирск). В 1986 г. окончил аспирантуру ЦНИИГАиК, затем работал в Московском АГП. С 1992 г. — генеральный директор Верхневолжского АГП (Нижний Новгород), с 2006 г. — заместитель руководителя Федерального агентства геодезии и картографии (Роскартография), с 2010 г. — заместитель директора ЦНИИГАиК, с 2012 г. — генеральный директор, заместитель генерального директора ОАО «Роскартография». С 2013 г. работает в ЗАО «Научно-производственное объединение геодезии и геодинамики», в настоящее время — научный консультант. Кандидат технических наук. Заслуженный работник геодезии и картографии РФ.

Основной целью геодезии как области научной и производственной деятельности является изучение и определение физической поверхности и гравитационного поля Земли, а также осуществление мониторинга их изменений во времени. Инструментом реализации дан-

ной деятельности в экономике служит система геодезического обеспечения, включающая необходимый комплекс организационных, научных и производственных мероприятий.

Система геодезического обеспечения в современном понимании — это совокупность

правовых, организационных, научно-технических и производственных мероприятий, основная цель которых — удовлетворение требований экономики, науки, обороны и безопасности к точности и оперативности определения местоположения точек на поверхности Земли, в

подповерхностном слое Земли, приповерхностном слое атмосферы Земли и околоземном пространстве в единой системе координат, высот и параметров внешнего гравитационного поля Земли. В соответствии с этими требованиями строится структура и формируется порядок функционирования системы, определяется состав технических средств и методов. Структура, порядок функционирования, состав технических средств, методы и технологии системы геодезического обеспечения зависят от постоянно возрастающих требований и уровня развития геодезической науки. В основе системы геодезического обеспечения лежат вопросы создания систем координат.

Система геодезического обеспечения состоит из трех частей: координатного, высотного и гравиметрического обеспечения. Они тесно связаны между собой и не могут развиваться независимо друг от друга. Основу геодезического обеспечения составляют государственные геодезические, нивелирные и гравиметрические сети, определяющие качество и точность систем координат, высот и силы тяжести.

Современные требования к точности определения координат, нормальных высот и значений силы тяжести обуславливают необходимость учета временного фактора, поскольку координаты, нормальные высоты и значения ускорения силы тяжести связаны с влиянием глобальных и региональных геодинимических процессов. Поэтому необходимо изучать и учитывать процессы геодинимики.

Таким образом, стратегия развития системы геодезического обеспечения является комплексной проблемой, требующей гармоничного развития всех ее составляющих.

Уровень и интенсивность развития системы геодезического обеспечения определяются дву-

мя основными факторами: состоянием средств геодезических измерений и востребованностью экономики к точности и оперативности получения геодезических данных. В настоящее время эти факторы непосредственно связаны с созданием и внедрением глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) — ГЛОНАСС, GPS, Galileo и др.

▼ Развитие государственной системы координат для осуществления геодезической и картографической деятельности в РФ

В рамках осуществления мероприятий в соответствии с Федеральной целевой программой «Глобальная навигационная система» — ФЦП «ГЛОНАСС» (Подпрограмма 4 «Создание высокоэффективной системы геодезического обеспечения») был выполнен комплекс работ по построению государственных геодезических сетей, оптимальным образом ориентированных на эффективное применение ГНСС, и созданию на их основе высокоточных геоцентрических геодезических систем координат.

Так, по заданиям Росреестра и Роскартографии, в 2006–2010 гг. под методическим руководством ЦНИИГАиК была разработана государственная геодезическая система координат 2011 г. (ГСК–2011). Также активное участие в ее разработке принимали организации Роскосмоса, Росстандарта и РАН [1].

Закономерным итогом этих работ явилось введение ГСК–2011 для выполнения геодезических и картографических работ и государственной общеземной геоцентрической системы координат «Параметры Земли 1990 года» (ПЗ–90.11), предназначенной для решения баллистических и навигационных задач, в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 28 декабря 2012 г. № 1463 «О

единых государственных системах координат».

Эффективность применения любой геодезической системы координат определяется качеством ее реализации. Системы координат реализуются геодезическими сетями, представляющими совокупность геодезических пунктов, закрепленных на земной поверхности. Качество системы координат и эффективность ее применения непосредственно определяются точностью построения геодезических сетей, надежностью закрепления пунктов на местности и их доступностью потребителю.

Ответственность за создание и эксплуатацию пунктов государственной геодезической сети (ГГС), обеспечивающих систему координат ГСК–2011, возложена на Росреестр, а ответственность за создание и эксплуатацию пунктов, реализующих общеземную геоцентрическую систему координат ПЗ–90.11 — на Минобороны России.

По уровню точности и принципам ориентации в теле Земли системы координат ГСК–2011 и ПЗ–90.11 соответствуют друг другу, а также международной системе координат ITRF. Различия между ними состоят только в составе геодезических пунктов, реализующих данные системы координат, и скоростях изменения положения этих пунктов вследствие геодинимических процессов.

Введение ГСК–2011 обуславливает необходимость модернизации всей системы геодезического обеспечения, включая высотное и гравиметрическое обеспечение. Решение этой комплексной задачи требует фундаментального научного обоснования и проведения профильных научных исследований.

На данный момент, исходя из общемировых тенденций, процесс создания системы геодезического обеспечения включает два основных раздела. Первый

раздел — это базовые мероприятия, направленные на построение ГГС, являющейся физической реализацией государственной системы координат. Эти базовые мероприятия в соответствии с Федеральным Законом от 26 декабря 1995 г. № 209-ФЗ «О геодезии и картографии» относятся к работам федерального назначения. Второй раздел — функциональные дополнения, обеспечивающие эффективную реализацию относительных и дифференциальных методов ГНСС — Real Time Cinematic (RTK), Precise Point Positioning (PPP) и других технологических решений, предназначенных для решения геодезических и навигационных задач.

Естественно, оба раздела тесно связаны между собой и должны развиваться по согласованному плану.

Основу ГСК–2011 составляет ГГС, которая состоит из пунктов [2]:

- фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС) — 50 пунктов, из них 33 пункта открытого пользования;

- высокоточной геодезической сети (ВГС) — 300 пунктов;

- спутниковой геодезической сети 1-го класса (СГС–1) — 4500 пунктов.

На пунктах ФАГС ведутся постоянные наблюдения ГНСС, а на пунктах ВГС наблюдения ГНСС повторяются периодически.

Схема расположения пунктов ФАГС и ВГС приведена на рис. 1.

Пункты СГС–1 в основном размещены на экономически развитых и густонаселенных территориях, т. е. в тех районах, где наиболее востребованы методы геодезического обеспечения с использованием ГНСС. Схема расположения пунктов СГС–1 на момент введения ГСК–2011 и ПЗ–90.11 приведена на рис. 2.

Развитие системы геодезического обеспечения определяет ряд необходимых требований к системам координат и геоде-

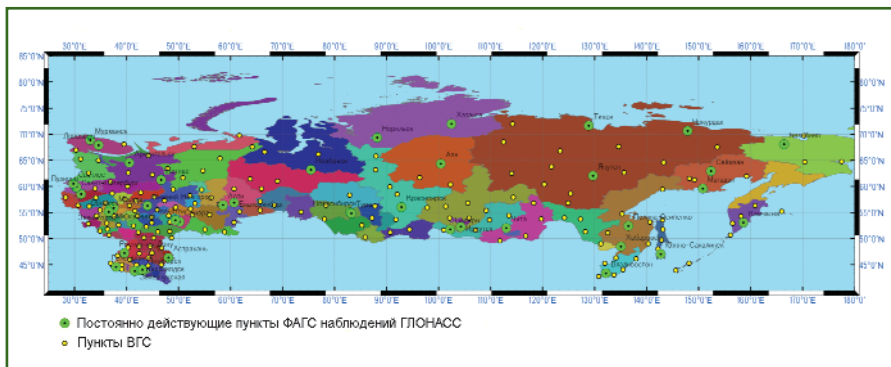


Рис. 1

Схема расположения пунктов ФАГС и ВГС

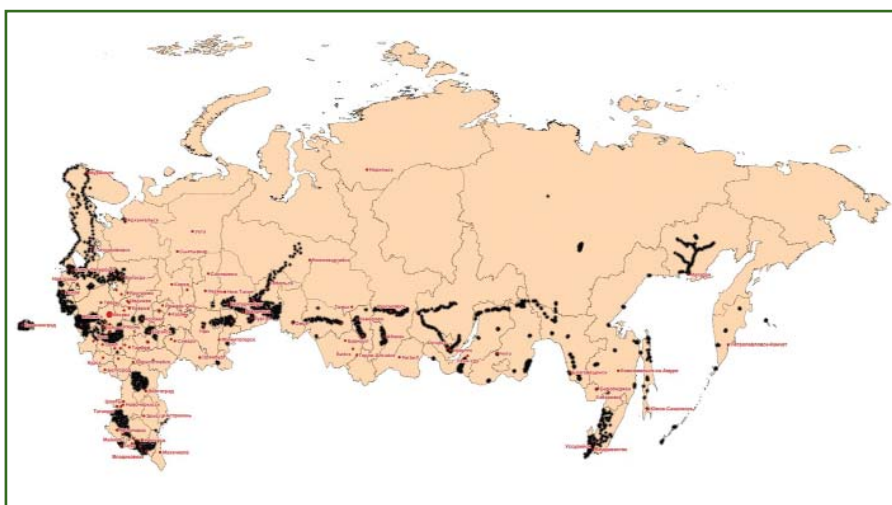


Рис. 2

Схема расположения пунктов СГС-1 (2012 г.)

зическим сетям. В состав этих требований входит создание оптимальных условий не только для эффективного применения ГНСС, но и для реализации геодезического и картографического потенциала, накопленного к настоящему времени.

Этот потенциал в виде материалов инженерных изысканий, крупномасштабных планов городов и планов развития территорий, а также данных государственного кадастра недвижимости (ГКН) создавался, в основном, в местных системах координат (МСК), общее число которых составляет порядка 30 тыс. Поэтому большое значение имеет задача приведения материалов, созданных ранее в разных системах координат, к единой для территории РФ вы-

сокоточной геоцентрической системе координат, которой является ГСК–2011.

Следует отметить, что основная часть МСК, включая местные системы координат субъектов Российской Федерации (МСК–NN) [3] и систему координат 1963 года (СК–63), основана на системе координат 1942 года (СК–42).

Система координат СК–42 в силу поэтапности ее развития и технологии уравнивания результатов измерений с позиции современных требований имеет низкую точность, а погрешности координат пунктов ГГС, ее реализующей, имеют неоднородное распределение на территории России. Даже в пределах одного административного района погрешности координат пунктов

могут колебаться в пределах нескольких метров. Эти характеристики СК-42 и образованных на ее основе СК-63 и МСК-NN не позволяют эффективно использовать ГЛОНАСС в системе геодезического обеспечения.

Под «точностью системы координат» авторы понимают фактическую точность абсолютного и взаимного положения (планового и высотного) пунктов геодезической сети, закрепляющей рассматриваемую систему координат на поверхности Земли, т. е. точность конкретной реализации системы координат (международных — ITRF, EUREF, государственных — СК-42, СК-63, СК-95, ГСК-2011, ПЗ-90, ПЗ-90.02, ПЗ-90.11 и местных — МСК, МСК-NN и др.).

К сожалению, при решении задач ГН в настоящее время используются МСК-NN. Эти системы координат создавались в начале 2000-х гг. на базе СК-63, основанной на СК-42 и поэтому сохранившей все ее недостатки. Во многих субъектах Российской Федерации МСК-NN идентичны СК-63, а в других — отличаются положением осевого меридиана, но таким образом, что разграфка карт и планов в этой системе координат сохраняется подобной СК-63. Это было по существу конъюнктурным решением, поскольку в момент их создания в качестве государ-

ственной системы координат была введена значительно более точная СК-95. Немалую роль в принятии такого решения сыграли существовавшие и существующие режимные ограничения.

В настоящее время одной из наиболее важных задач геодезического обеспечения является решение проблемы приведения МСК-NN в соответствие с требованиями ведения ГН со средней квадратической погрешностью, не превышающей 8 см.

Для реализации накопленного геодезического и картографического потенциала, в том числе для решения проблемы приведения МСК-NN к ГСК-2011, ЦНИИГАиК по заданию Росреестра выполнено строгое уравнивание традиционной сети триангуляции и полигонометрии с опорой на пункты ФАГС, ВГС и СГС-1 и с использованием результатов угловых, линейных и астрономических измерений на пунктах ГГС 1-4 классов. Таким образом, вся совокупность пунктов ГГС (более 350 тыс.) стала физической реализацией и носителем ГСК-2011. Это обеспечивает полноценное и эффективное применение ГНСС при выполнении геодезических, картографических и кадастровых работ и сохраняет возможность исполь-

зования огромного количества геодезических и картографических материалов, созданных на основе традиционных методов и в разных системах координат.

Модернизация МСК и разработка технологий перевода материалов, созданных ранее в МСК, в ГСК-2011 без потери их точности и информативности также относятся к числу базовых мероприятий. Эту модернизацию следует провести по двум причинам. Во-первых, без нее невозможен переход к ГСК-2011. Во-вторых, необходимо предоставить потребителю возможность работать в уточненных МСК, в которых к настоящему времени создан огромный объем материалов.

В целях дальнейшего развития и уточнения ГСК-2011 Росреестру целесообразно предусмотреть работы по увеличению числа постоянно действующих пунктов ФАГС. Необходимость в этом обуславливается не только требованиями повышения точности и более детального учета изменения координат во времени, но также обеспечения эффективного развития функциональных дополнений (методов RTK, PPP и др.).

Поскольку территория России имеет сложную геотектоническую структуру, то наряду с глобальными изменениями на ней присутствуют и региональные деформационные процессы, вызывающие движение земной поверхности [4]. На рис. 3 представлена схема векторов скоростей изменений координат, вызванных влиянием глобальных геодинамических процессов. Для учета этих деформационных процессов, величина которых соизмерима с точностью ведения ГН, необходимы комплексные научные исследования.

Увеличение числа постоянно действующих пунктов ФАГС, при условии выбора их местоположения в соответствии с ге-

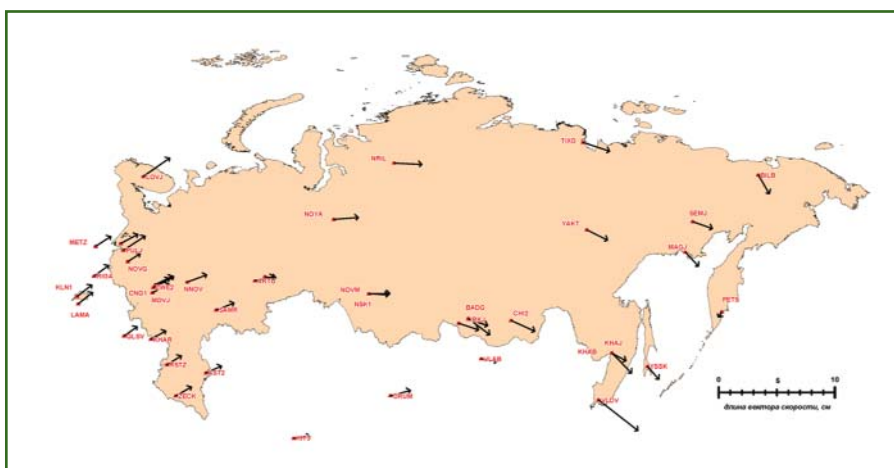


Рис. 3
Схема векторов скоростей изменения положения пунктов ФАГС

Статьей 71 Конституции Российской Федерации установлено, что геодезия, картография и наименования географических объектов относятся к ведению Российской Федерации. Статьей 5 Федерального закона от 26 декабря 1995 г. № 209-ФЗ «О геодезии и картографии» установлено, что в ведении Российской Федерации находится установление единых государственных систем координат, высот и гравиметрических измерений.

Постановлением Правительства РФ от 28 декабря 2012 г. № 1463 «О единых государственных системах координат» установлены единые государственные системы координат:

— геодезическая система координат 2011 года (ГСК–2011) — для использования при осуществлении геодезических и картографических работ;

— общеземная геоцентрическая система координат «Параметры Земли 1990 года» (ПЗ–90.11) — для использования в целях геодезического обеспечения орбитальных полетов и решения навигационных задач.

Этим же постановлением определено, что СК–95, установленная Постановлением Правительства РФ от 28 июля 2000 г. № 568 в качестве единой государственной системы координат, и СК–42, введенная Постановлением СМ СССР от 7 апреля 1946 г. № 760, применяются до 1 января 2017 г. в отношении материалов (документов), созданных с их использованием.

Действующая в настоящее время на территории Российской Федерации единая государственная система высот — Балтийская система высот 1977 года, которая реализована совокупностью пунктов (реперов) государственной нивелирной сети была введена приказом ГУГК при СМ СССР и ВТУ ГШ ВС СССР от 5 июня 1978 г. № 7/155 «О введении в действие каталога главной высотной основы СССР».

Создание и распространение на территорию РФ единой государственной системы гравиметрических измерений регламентируется Инструкцией по развитию высокоточной государственной гравиметрической сети России ГКИНП (ГНТА)-04-122-03, утвержденной приказом руководителя Роскартографии от 28 декабря 2003 г. № 182-пр.

Нормативно-правовые акты по установлению единых государственных систем высот и гравиметрических измерений на уровне Правительства РФ отсутствуют, в отличие от нормативно-правовых актов Республики Беларусь, где порядок введения государственной системы геодезических координат, высот, гравиметрических измерений и установления масштабного ряда государственных топографических карт и планов на территории Республики Беларусь установлен Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19 мая 2007 г. № 644.

отектонической структурой, с одной стороны, позволит более детально учитывать влияние региональных деформационных процессов на точность действующей государственной системы координат, а с другой — регистрация региональных характеристик движения земной поверхности даст ценную информацию для анализа этих процессов и их последующего

моделирования и прогнозирования.

Основное требование к размещению пунктов ФАГС — это их равномерное распределение на территории РФ с расстоянием между пунктами в среднем 500–800 км [2]. Эти значения расстояний между пунктами обусловлены требованиями к точности построения сети в условиях существования глобаль-

ных и региональных геотектонических процессов и создания благоприятных условий для развития функциональных дополнений, что необходимо для создания эффективной системы геодезического обеспечения.

Проблемы развития сети ФАГС связаны с их размещением на территории Сибири и Дальнего Востока. По нашему мнению, этот вопрос целесообразно решать на основе соглашений Росреестра с ОАО «Роскартография», Росгидрометом и РАН.

Это диктуется тем, что, во-первых, ОАО «Роскартография», Росгидромет и РАН имеют распределенную сеть стационарных подразделений, на которых можно располагать пункты ФАГС, а, во-вторых, Росгидромет и РАН заинтересованы в использовании данных ГНСС-измерений для изучения ионосферы и решения других задач. Практически все метеостанции и сейсмостанции располагают выходом в сеть Интернет, что обеспечивает возможность передачи результатов измерений в режиме реального времени в единый центр обработки.

В целях обеспечения потребителя точными эфемеридными ИСЗ ГНСС в ЦНИИГАиК, как ведущей организации РФ в области геодезии, в 2004 г. был создан международный эфемеридный центр ГНСС в соответствии с соглашением Роскартографии и Федерального агентства картографии и геодезии Германии (BKG).

Таким образом, основными направлениями работ по внедрению ГСК–2011 в систему геодезического обеспечения РФ являются:

— выполнение комплекса фундаментальных и профильных научно-исследовательских работ, обеспечивающих развитие всех составляющих системы геодезического обеспечения (координатного, высотного и гравиметрического, с учетом

влияния геодинамических процессов);

— развитие ФАГС, ВГС и СГС–1 в соответствии с планами мероприятий ФЦП «ГЛОНАСС», в целях дальнейшего уточнения ГСК–2011 и создания благоприятных условий для развития функциональных дополнений ГНСС;

— оборудование части пунктов ФАГС средствами геодезических измерений, основанных на разных физических принципах (РСДБ, лазерных дальнометров и др.);

— модернизация МСК, разработка алгоритмов и математических моделей пересчета координат различных типов объектов в ГСК–2011, с целью решения задач картографирования территории РФ и ГКН в единой государственной системе координат;

— развитие технологии определения «сверхбыстрых» эфемерид в режиме реального времени и проведение других

базовых мероприятий системы геодезического обеспечения в целях создания благоприятных условий для развития функциональных дополнений ГНСС.

Проблемы и решения высотного и гравиметрического обеспечения в составе системы геодезического обеспечения РФ будут рассмотрены в следующей статье.

▼ Список литературы

1. Горобец В.П., Демьянов Г.В., Майоров А.Н., Побединский Г.Г. Результаты построения государственной геоцентрической системы координат Российской Федерации в рамках Федеральной целевой программы «ГЛОНАСС» // Геодезия и картография. — 2012. — № 2. — С. 53–57.

2. Основные положения о государственной геодезической сети Российской Федерации. ГКИНП (ГНТА)-01-006-03. Утверждены приказом Роскартографии от 17.06.2003 г. № 101-пр.

3. Демьянов Г.В., Майоров А.Н., Побединский Г.Г. Проблемы непре-

рывного совершенствования ГГС и геоцентрической системы координат России // Геопрофи. — 2011. — № 2–4.

4. Абдрахманов Р.З., Демьянов Г.В., Кафтан В.И., Побединский Г.Г. Методические вопросы построения глобальных и региональных геодезических сетей // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. — 2013. — № 1(48), 2(49).

RESUME

It is noted that the contemporary geodetic support system consists of three parts. These are the following: coordinate, height and gravimetric support developed on the basis of the state geodetic, height and gravimetric networks. An analysis is given for the new precise state coordinate system GSK–2011 and earlier used SK–42, SK–63 and SK–95 together with the local coordinate systems of the Russian Federation members. The principal trends of the works to introduce the GSK–2011 are offered.

ГЕОМЕТР Центр

**КОМПЛЕКСНЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ;
ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ
СТРОИТЕЛЬСТВА
И ДЕФОРМАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ;
ПОСТАВКА ОБОРУДОВАНИЯ, ПОДДЕРЖКА, ОБУЧЕНИЕ**

info@geometer-center.ru www.geometer-center.ru