

О ГЕОДЕЗИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ. К 80-ЛЕТИЮ Г.В. ДЕМЬЯНОВА

А.В. Басманов (Центр геодезии, картографии и ИПД)

В 2008 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «астрономогеодезия». С 2013 г. работает в ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД», в настоящее время — заместитель начальника отдела гравиметрии и геодинамики.

А.В. Горобец (Центр геодезии, картографии и ИПД)

В 1976 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «космическая геодезия». С 2013 г. работает в ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД», в настоящее время — начальник отдела космической геодезии.

В.И. Забнев (Центр геодезии, картографии и ИПД)

В 1986 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «инженер-геодезист». С 2013 г. работает в ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД», в настоящее время — заместитель начальника отдела геодезии. Член центрального правления Российского общества геодезии, картографии и землеустройства.

В.И. Кафтан (Геофизический центр РАН)

В 1971 г. окончил Московский топографический политехникум (в настоящее время — Московский колледж геодезии и картографии), в 1977 г. — геодезический факультет МИИГАиК по специальности «прикладная геодезия». В настоящее время — главный научный сотрудник лаборатории геодинамики ФГБУН «Геофизический центр РАН». Доктор технических наук.

Г.Г. Побединский (Российское общество геодезии, картографии и землеустройства)

В 1980 г. окончил геодезический факультет Новосибирского института инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии (в настоящее время — Сибирский государственный университет геосистем и технологий) по специальности «прикладная геодезия». В настоящее время — член центрального правления Российского общества геодезии, картографии и землеустройства. Кандидат технических наук.

И.А. Столяров (Центр геодезии, картографии и ИПД)

В настоящее время — начальник управления геодезии и аэрокосмосъемки ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД».

П.А. Ходаков (Центр геодезии, картографии и ИПД)

В 2003 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «астрономогеодезия». С 2013 г. работает в ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД», в настоящее время — старший научный сотрудник отдела космической геодезии. Доцент кафедры высшей геодезии МИИГАиК. Кандидат технических наук.

В 2019 г. исполнилось 80 лет со дня рождения Глеба Викторовича Демьянова (7 апреля 1939 г. — 1 июня 2014 г.), доктора технических наук, Заслуженного работника геодезии и

картографии Российской Федерации [1], одного из первых лауреатов премии имени Ф.Н. Красовского в 1983 г. за исследования в области теоретической геодезии [2], руководителя са-

мого крупного научного отдела ЦНИИГАиК в 1995–2013 гг. [3].

Ученый с мировым именем, Г.В. Демьянов являлся одним из ведущих научных сотрудников России в области изучения

фигуры и гравитационного поля Земли, создания спутниковых геодезических сетей и систем координат нового поколения, в работах по обоснованию создания национальной, европейской и общеземной систем нормальных высот, глобальной гравитационной модели, геодинамических исследований по определению предвестников природных катастрофических явлений с использованием гравиметрических, геодезических и спутниковых данных.

Результаты его первых исследований в области изучения фигуры и гравитационного поля Земли были представлены в совместном с Л.П. Пеллинином докладе «Точность определения высот квазигеоида и возможность применения известных геоцентрических расстояний при обработке геоцентрической спутниковой сети» [4] на Симпозиуме по спутниковой триангуляции в 1969 г. в Париже. Затем были работы — «Применение данных альтиметрии для исследования уровней морей, омывающих территорию России» [5], «Об определении модели Земли — общего земного эллипсоида» [6], «Международный проект «Уровень Балтийского моря» [7], «Концепция развития системы нормальных высот» [8] и, как итог, диссертация «Разработка принципов развития систем нормальных высот на основе современных спутниковых технологий» [9] на соискание ученой степени доктора технических наук.

Приведем фрагмент из диссертации, в котором Г.В. Демьянов дал изящное решение вопроса приведения изолированных нивелирных сетей к единому уровню:

«За поверхность геоида принимается уровенная поверхность с потенциалом, равным потенциалу нормального эллипсоида U_0 на его поверхности, то есть $W_0 = U_0$.

Размеры этого эллипсоида подчиняются условию равен-

ства нулю интеграла по всей поверхности Земли σ от высот квазигеоида, вычисленных по гравиметрическим данным

$$\int_{\sigma} \zeta d\sigma = 0.$$

Это условие — наиболее жесткое требование минимума аномального потенциала T по земной поверхности при выборе нормального эллипсоида. Существует и другой способ выбора нормального поля, используемый сейчас в международной практике: выбор эллипсоида с потенциалом U_0 , равным среднему потенциалу W_0 на уровне моря.

В этом случае отменяется исключительная роль исходных пунктов в уровенных постах для установления начала счета высот. Нормальная высота равна нулю в той точке земной поверхности, в которой реальный потенциал W_i равен нормальному на поверхности общего земного эллипсоида. В этой точке совпадают поверхности геоида и квазигеоида. Таким образом, понятие геоида и его поверхность будет фактически определяться фундаментальной постоянной U_0 — потенциалом на поверхности общего земного эллипсоида, принимаемого нами в качестве нормального.

Систему нормальных высот будет определять вся совокупность пунктов, для которой с высокой точностью по результатам спутниковых измерений получены геодезические координаты (в первую очередь, геодезическая высота), а также вычислены точные значения высот квазигеоида по гравиметрическим данным. Эти пункты должны быть связаны между собой геометрическим нивелированием» [9].

Основные положения, изложенные в диссертации, нашли развитие в дальнейших исследованиях Г.В. Демьянова в 2004–2013 гг. и представлены во многих публикациях, среди которых следует отметить: ста-

тью «Построение общеземной системы нормальных высот» [10], раздел «Об установлении единой общеземной системы нормальных высот» [11] в монографии «Гравиметрия и геодезия» [12], а также прогнозные статьи «Современное состояние и направления развития геодезического обеспечения РФ. Системы координат» [13] и «Современное состояние и направления развития геодезического обеспечения РФ. Высотное и гравиметрическое обеспечение» [14].

С 2005 по 2010 гг. Г.В. Демьянов был заведующим кафедрой высшей геодезии МИИГАиК. В это же время действовал научно-образовательный центр проблем геодезии, объединивший кафедру с геодезическим отделом ЦНИИГАиК.

Одной из его последних работ по проблемам спутниковых геодезических сетей и систем координат нового поколения, обоснованию создания национальной, европейской и общеземной систем нормальных высот, глобальной гравитационной модели стала монография «ГЛОНАСС и геодезия» [15], научным редактором и соавтором большинства разделов которой он являлся. Книга вышла из печати после скоростной смерти Г.В. Демьянова и в память о нем в одном из ее разделов была размещена его биография, научные достижения, награды, почетные звания и перечень публикаций [3].

Г.В. Демьянов не только был основоположником новой структуры спутниковых геодезических сетей ФАГС, ВГС, СГС-1, государственной геодезической системы координат ГСК–2011, глобальной гравитационной модели ГАО–2012, но и многие годы работал над обоснованием нового подхода к геодезическому обеспечению РФ.

Понятие «система геодезического обеспечения» эволюционировало с развитием геодезии, как и любое направление на-

учной и практической человеческой деятельности, под влиянием двух основных факторов: востребованностью в обществе и уровнем технических средств, для реализации этой деятельности, на данном этапе развития экономики. Произошла трансформация этого понятия от основной задачи Концепции перехода топографо-геодезического производства на автономные методы спутниковых координатных определений — «на основе использования стандартной на данное время измерительной аппаратуры обеспечить наиболее рациональное и эффективное в существующих условиях практической определение координат (и высот) пунктов земной поверхности на всей территории страны с точностями, требуемыми для решения возможно более широкого круга научно-технических и производственных задач» [16, 17] — до уточнения в [8, 15, 18–21].

В работе Г.В. Демьянова «Концепция современного развития системы нормальных высот» [8] приведена структура геодезического обеспечения на основе применения традиционных методов геодезических измерений (рис. 1) и впервые сформулирован новый подход к геодезическому обеспечению на основе одной системы фундаментальных параметров (рис. 2).

По его утверждению в [8]: «В новой системе геодезического обеспечения высоты квазигеоида являются необходимым элементом функционирования всей системы геодезического обеспечения на новом уровне точности в пространственной геоцентрической системе координат. Высоты квазигеоида располагаются в общей иерархии геодезического обеспечения сразу после спутниковых геодезических сетей. Пункты ФАГС и ВГС являются основой для согласования детальных карт высот квазигеоида, полученных по гравиметрическим данным со спутниковыми и нивелирными дан-

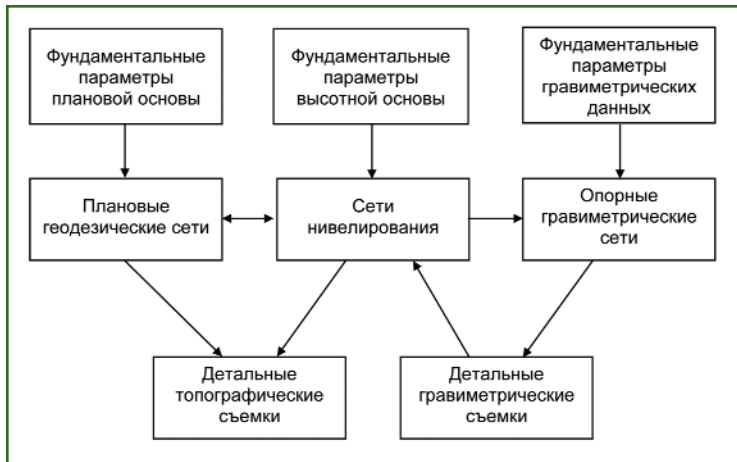


Рис. 1
Структура геодезического обеспечения на основе применения традиционных методов геодезических измерений [8]



Рис. 2
Новая структура геодезического обеспечения на основе одной системы фундаментальных параметров [8]

ными. В свою очередь, значения высот квазигеоида с этих карт необходимы для вычисления геодезических высот в пунктах ГГС и ГВО и реперах нивелирных сетей. Следует выделить также важность значения точных карт высот квазигеоида для выполнения массовых геодезических работ с применением GPS/ГЛОНАСС-аппаратуры при развитии съемочного обоснования и выполнении непосред-

ственно самих детальных съемок, включая детальные гравиметрические съемки. Это означает, что для регионов, где развиты сети ВГС и тем более СГС-1 (т. е. в тех регионах, где выполнено согласование детальных карт высот квазигеоида с системой нормальных высот), использование GPS/ГЛОНАСС-аппаратуры в принципе позволит производить массовые съемочные работы со

средней квадратической ошибкой определения нормальной высоты порядка 10–15 см.»

При развитии системы геодезического обеспечения традиционными методами геодезических измерений (до широкого применения спутниковых технологий) координатное, высотное и гравиметрическое обеспечения развивались достаточно обособленно друг от друга. Это было связано с тем, что существовавшие тогда методы и средства измерений при создании плановых, нивелирных и гравиметрических сетей требовали разных конструкций геодезических пунктов и их расположения в различных местах. Сети триангуляции и полигонометрии, как плановое обоснование, строились в виде правильных геометрических фигур и в местах, обеспечивающих прямую видимость между смежными пунктами. Нивелирные сети, как высотное обоснование, в основном располагались в виде нивелирных линий вдоль транспортных магистралей. Высокоточные гравиметрические сети,

как основа построения гравиметрических карт, создавались, как правило, в непосредственной близости к населенным пунктам.

Совершенствование спутниковых технологий геодезических измерений дает возможность объединения различных опорных сетей в единую совокупность геодезических пунктов, обеспечивающих развитие и взаимосвязь всех трех составляющих общей системы геодезического обеспечения, как единой геодезической категории [13, 14].

В работе [19] принципы построения геодезического обеспечения в единой системе координат и высот представлены в виде уточненной иерархической структуры (рис. 3).

Система геодезического обеспечения в современном понимании — это совокупность правовых, организационных, научно-технических и производственных мероприятий, основной целью которых является выполнение требований экономики, науки, обороны и безопасности

к точности и оперативности определения местоположения точек на поверхности Земли, а также 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, определяется порядок ее функционирования, состав технических средств и методов. Естественно, что по мере развития технических средств, геодезической науки и изменений требований к точности и оперативности координатных определений должна претерпевать изменения и сама структура геодезического обеспечения [15, 22–24].

При построении системы геодезического обеспечения должны быть заложены следующие основные принципы.

Во-первых, использование потенциала существующих средств измерений, основанных на разных физических принципах — спутниковых и наземных

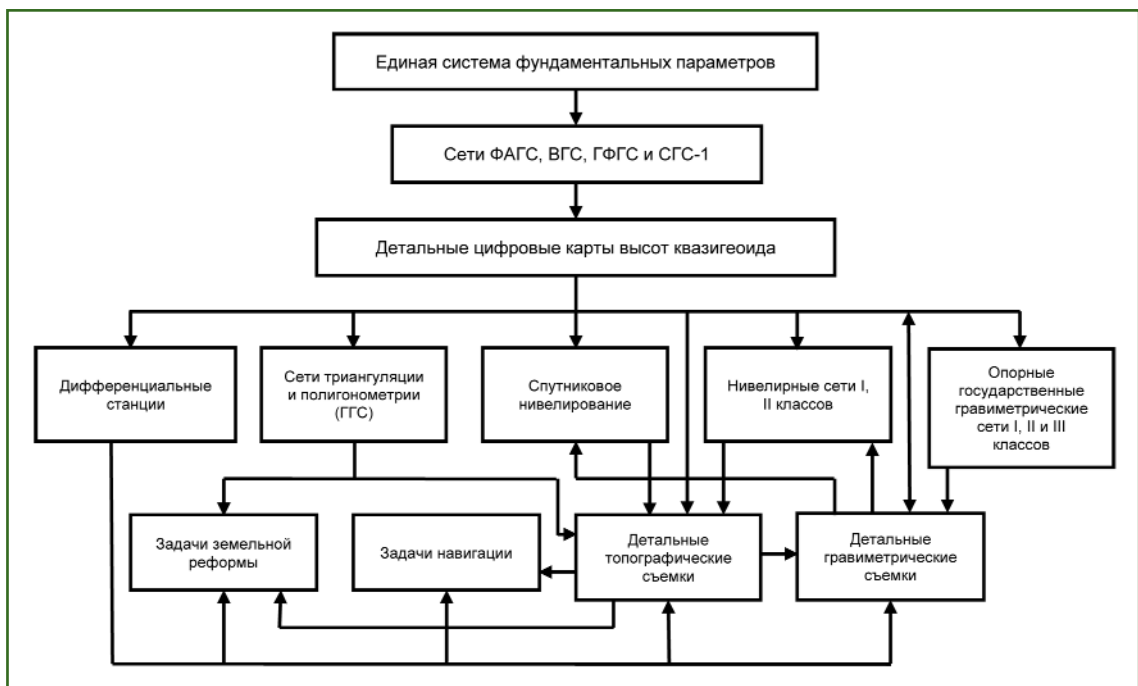


Рис. 3 Иерархическая структура системы геодезического обеспечения [19]

геодезических, нивелирных, гравиметрических и астрономических.

Во-вторых, эффективное применение различных ГНСС и, прежде всего, ГЛОНАСС.

В-третьих, максимальное внедрение информационно-телекоммуникационных технологий.

В-четвертых, обеспечение потребителей геодезическими данными по основному и резервному (дублирующим) информационным каналам.

Предложения о разработке и обоснованию Концепции и Программы создания сетевой информационно-технологической системы геодезического обеспечения Российской Федерации, реализующей вышеуказанные основные принципы, были высказаны в докладах [17, 21, 25], а общая предварительная структура — опубликована в 2016 г. в [20] и в 2017 г. в [21]. Несмотря на крайне ограниченное финансирование, отдельные элементы этой структуры уже функционируют на сайте ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД» [26] в разделе «Открытые данные». Это сведения о месте нахождения пунктов ФАГС в местных системах координат, список координат и скоростей их изменения для пунктов ФАГС, список пунктов ВГС, отчеты о создании геодезических сетей специального назначения, проект «Центры точных эфемерид» [27].

Развитие новых технологий и средств геодезических измерений привело к необходимости внесения изменений не только в структуру построения геодезических сетей (спутниковых, нивелирных и гравиметрических), но и в характер их взаимосвязей, в принципы построения геодезического обеспечения. Это вызвано, в первую очередь, повышением точности системы координат ГСК-2011 практически на порядок по сравнению с СК-95 (и на два порядка по сравнению с СК-42), а также

изменением принципов ориентации осей координат в теле Земли относительно центра масс и оси вращения.

Внедрение в практику научной и хозяйственной деятельности современной системы геодезического обеспечения и ее дальнейшее развитие обуславливают необходимость решения целого комплекса научно-технических задач, включая совершенствование вопросов правового и технического регулирования.

Для создания и поддержания общеземной и национальной систем координат, высот и гравиметрических измерений на территории Российской Федерации, а также участия Российской Федерации в международной научной деятельности необходимо создание федерального бюджетного учреждения науки по государственному геодезическому обеспечению.

▼ Список литературы

1. Указ Президента РФ от 17 мая 1999 г. № 595 «О награждении государственными наградами Российской Федерации».
2. Российское общество геодезии, картографии и землеустройства. Лауреаты премии им. Ф.Н. Красовского. — <http://ros-geokart.ru>.
3. Глеб Викторovich Демьянов ученый-геодезист / Б.В. Бровар, Э.А. Ватамановский, В.И. Забнев, Г.Г. Побединский, В.В. Попадьев, И.А. Столяров, В.А. Таранов // В кн. ГЛОНАСС и геодезия. — М.: ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД», 2016. — С. 246–266.
4. Pellinen L.P., Demianov G.V. Quasigeoidal heights accuracy and possibilities of known geocentric distances application in geocentric satellite network processing. Presented Symp. Satellite Triang // Paris, 1969.
5. Medvedev P.P., Demianov G.V., Kaftan V.I., Kuznetsov Y.G. Application of altimetry data to the researches of the sea level of the marginal sea of Russia / Geophysics and the Environment, XXI General Assembly, Boulder, Colorado, 2–14 July 1995, Abstracts Week B, B56.

6. Бурша М., Демьянов Г.В., Юркина М.И. Об определении модели Земли — общего земного эллипсоида. // Геодезия и картография. — 1997. — № 4. — С. 9–13.

7. Demianov G.V., Kaftan V.I., Zubinsky V.I. Participation of the Central Research Institute of Geodesy, Aerial Surveying and Cartography in the third Baltic Sea Level GPS campaign, Final results of the Baltic Sea Level 1997 GPS campaign, Research works of the SSC 8.1 of the International Association of Geodesy // Reports of Finnish Geodetic Institute, 1999. — 4. — P. 127–132.

8. Демьянов Г.В. Концепция современного развития системы нормальных высот // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. — 2003. — № 3. — С. 3–20.

9. Демьянов Г.В. Разработка принципов развития системы нормальных высот на основе современных спутниковых технологий. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. — М., 2004. — 149 с.

10. Демьянов Г.В., Майоров А.Н., Юркина М.И. Построение общеземной системы нормальных высот // Геодезия и картография. — 2009. — № 1. — С. 12–16.

11. Демьянов Г.В., Майоров А.Н. Об установлении единой общеземной системы нормальных высот / Гравиметрия и геодезия. — М.: Научный мир, 2010. — С. 312–316.

12. Гравиметрия и геодезия. Отв. ред. Б.В. Бровар. — М.: Научный мир, 2010. — 572 с.

13. Горобец В.П., Демьянов Г.В., Майоров А.Н., Побединский Г.Г. Современное состояние и направления развития геодезического обеспечения РФ. Системы координат // Геопрофи. — 2013. — № 6. — С. 4–9.

14. Горобец В.П., Демьянов Г.В., Майоров А.Н., Побединский Г.Г. Современное состояние и направления развития геодезического обеспечения РФ. Высотное и гравиметрическое обеспечение // Геопрофи. — 2014. — № 1. — С. 5–11.

15. ГЛОНАСС и геодезия / Под общей редакцией Г.В. Демьянова, Н.Г. Назаровой, В.Б. Непоклонова, Г.Г. Побединского, Л.И. Яблонского. — М.: ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД», 2016. — 272 с.

16. Концепция перехода топографо-геодезического производства на автономные методы спутниковых координатных определений. — М.: ЦНИИГАиК, 1995. — 24 с.

17. Басманов А.В., Горобец В.П., Забнев В.И., Зубинский В.И., Лазарев С.А., Макаренко Н.Л., Побединский Г.Г., Сермягин Р.А., Столяров И.А. Переход топографо-геодезического производства на автономные методы спутниковых координатных определений. К 20-летию Концепции // Геодезия и картография. — 2015. — Спецвыпуск. — С. 12–25.

18. Бровар Б.В., Демьянов Г.В., Зубинский В.И., Макаренко Н.Л., Плешаков И.Я. Состояние перспективы развития системы геодезического обеспечения страны в условиях перехода на спутниковые методы // Геодезия и картография. — 1999. — № 1. — С. 29–33.

19. Бородко А.В., Макаренко Н.Л., Демьянов Г.В. Развитие системы геодезического обеспечения в современных условиях // Геодезия и картография. — 2003. — № 10. — С. 7–13.

20. Побединский Г.Г. Системы координат и нормативное регулирование создания и функционирования спутниковых сетей точного позиционирования // Геопрофи. — 2016. — № 6. — С. 4–12.

21. Основные направления формирования единой системы геодезического обеспечения Российской Федерации / В.П. Горобец, Г.Г. Побединский, И.А. Столяров // 19-й Международный научно-промышленный форум «Великие реки'2017». Труды научного конгресса в 3 т. — Т. 1. — Нижний Новгород: ННГАСУ, 2017. — С. 338–357.

22. Демьянов Г.В., Майоров А.Н., Побединский Г.Г. Проблемы непрерывного совершенствования ГГС и геоцентрической системы координат России (начало) // Геопрофи. — 2011. — № 2. — С. 11–13.

23. Демьянов Г.В., Майоров А.Н., Побединский Г.Г. Проблемы непрерывного совершенствования ГГС и геоцентрической системы координат России (продолжение) // Геопрофи. — 2011. — № 3. — С. 21–27.

24. Демьянов Г.В., Майоров А.Н., Побединский Г.Г. Проблемы непрерывного совершенствования ГГС и геоцентрической системы координат России (окончание) // Геопрофи. — 2011. — № 4. — С. 49–55.

25. О создании сетевой информационно-технологической инфраструктуры геодезического обеспечения Российской Федерации / А.В. Басманов, В.П. Горобец, В.И. Забнев, В.И. Зубинский, И.А. Ощепков, Г.Г. Побединский, Р.А. Сермягин, И.А. Столяров // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр., 18–22 апреля 2016 г., Новосибирск: Пленарное заседание: сб. материалов. — Новосибирск: СГУГиТ, 2016. — С. 90–106.

26. ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД». — <https://cgkipd.ru>.

27. Попадьев В.В., Ефимов Г.Н., Зубинский В.И. Геодезическая система координат 2011 года // В сб.: Астрономия, геодезия и геофизика. — М.: Изд-во ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД», 2018. — С. 139–228.

Программные решения и услуги в области геоинформатики, фотограмметрии и дистанционного зондирования Земли



PHOTOMOD™

ФОТОГРАМ-
МЕТРИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА
ДАННЫХ ДЗЗ

ЦФС PHOTOMOD
PHOTOMOD UAS
PHOTOMOD GeoMosaic
PHOTOMOD Radar

ОБЛАЧНЫЕ И
КОНВЕЙЕРНЫЕ
РЕШЕНИЯ

PHOTOMOD Conveyor
PHOTOMOD @ GeoCloud
PHOTOMOD @ cloudeo

БЕСПЛАТНЫЕ
ПРИЛОЖЕНИЯ

PHOTOMOD Lite
PHOTOMOD GeoCalculator
PHOTOMOD Radar Viewer
Direct Georeferencing
Datum Parameters



АО «Ракурс», Россия, Москва
8 (495) 720 51 27, info@racurs.ru, <http://racurs.ru>