

# «ДУГА СТРУВЕ» — ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ

*К 180-летию публикации результатов измерений первого завершеного фрагмента будущей «Русско-скандинавской дуги меридиана»*

**В.Б. Капцюг** (Санкт-Петербургское общество геодезии и картографии)

В 1972 г. окончил математико-механический факультет Ленинградского государственного университета по специальности «астрономия». После окончания университета работал на Предприятии № 10 ГУГК (ФГУП «Аэрогеодезия»), с 1992 г. — в Главной астрономической обсерватории РАН, с 1999 г. — в Русском географическом обществе. В 2003–2004 г. — ответственный исполнитель от Роскартографии в проекте ЮНЕСКО «Геодезическая дуга Струве». С 1992 г. — член правления, а с 2004 г. по настоящее время — секретарь правления Санкт-Петербургского общества геодезии и картографии. Действительный член Русского географического общества, член-корреспондент Международного института истории геодезических измерений при Международной федерации геодезистов.

180 лет назад, в марте 1829 г. русский астроном и геодезист Василий Яковлевич (Фридрих Георг Вильгельм) Струве опубликовал в ведущем европейском научном журнале *Astronomische Nachrichten* (рис. 1) результаты измерений 400 км (3,6°) «Балтийской дуги» меридиана, выполненных на территории Лифляндской, Эстляндской и Курляндской губерний. Эта публикация представи-

ла ученым треть в мире по величине градусное измерение и, вместе с тем, первый фрагмент еще более грандиозной астрономо-геодезической работы. За последующие четверть века было выполнено крупнейшее в мире измерение фигуры Земли — 25-градусная «Русско-скандинавская» дуга меридиана, охватившее географическое пространство от устья Дуная до арктического побережья Европы (рис. 2). Вся эта измерительная работа континентального масштаба была выполнена за 40 лет с 1816 по 1855 гг. под руководством В.Я. Струве и русского военного геодезиста Карла Ивановича (Карла Фридриха) Теннера, в сотрудничестве со шведскими и норвежскими учеными и геодезистами (в северной Скандинавии) [1, 2]. Ввиду огромной роли, которую В.Я. Струве сыграл как научный руководитель всех измерений и последующих вычислений, в настоящее время дуга носит название «Геодезическая дуга Струве» (ГДС) или проще — «Дуга Струве». Нельзя не подчеркнуть, что ГДС была первым измерением фигуры Земли в истории России, а по научным результатам стала крупным национальным достижением.



**Рис. 2**  
Схема триангуляции «Дуги Струве», 1816–1855 гг.

Как свидетельствуют факты, начиная именно с 1829 г., материалы по ГДС постоянно востребовались для исследований фигуры Земли методом совместной обработки измеренных дуг меридианов и параллелей [3, 4] до тех пор, пока сам метод не сошел со сцены в конце 1950-х гг., уступая дорогу спутниковым технологиям. Нетрудно подсчи-



**Рис. 1**  
Первая страница публикации В.Я. Струве в журнале *Astronomische Nachrichten* (1829 г.)

тать, что ГДС служила науке о Земле в течение 130 лет.

Геодезические работы на «Балтийской дуге» (рис. 3) состояли в измерении базиса и углов 30 треугольников, а в трех главных точках были сделаны астрономические определения широт и азимутов:

— в Дерптской обсерватории (Тарту, Эстония), центр башни которой стал исходным пунктом измерения дуги;

— в южном конечном пункте «Якобштадт» (Екабпилс, Латвия);

— на острове Гогланд в Финском заливе, где по условиям рельефа геодезический и астрономический пункты (соответственно, «Мекипелюс» и «Гогланд, точка Z») находились в 1,5 км друг от друга и были связаны небольшой вспомогательной триангуляцией.

Главные пункты «Балтийской дуги» Струве сохранились и до нашего времени. Остров Гогланд — единственное в России памятное место, где проводились измерения ГДС. Поиск, инструментальные и архивные исследования, восстановление точного положения пунктов ГДС на острове выполняла в 1993–2000 гг. группа геодезистов-добровольцев из Санкт-Петербурга. Установка в 2000 г. памятных знаков на точках «Мекипелюс» и «Гогланд, точка Z» завершила эти работы [5–8]. Восстановление пунктов на территории России сделало возможным участие ее представителей в совместном проекте Международной федерации геодезистов (FIG) и ЮНЕСКО по внесению ГДС в Список Всемирного наследия. Соответствующий комплект документов по проекту был подготовлен по поручению Роскартографии в ФГУП «Аэрогеодезия» (Санкт-Петербург) в 2003–2004 гг. В июле 2005 г. завершилось рассмотрение многостраничного документа, составленного из материалов, подготовленных гео-

дезическими службами 10 европейских государств, и специальный комитет ЮНЕСКО внес трансграничный научно-технический памятник «Геодезическая дуга Струве» в Список Всемирного наследия [9, 10]. В состав этого памятника в настоящее время входят 34 восстановленных пункта ГДС, немногим более 10% от их общего числа.

#### ▼ Прошлое

Верное понятие о размере земного шара все цивилизации исторического времени, начиная с древних греков, получали с помощью градусных измерений. Европейской науке и технике принадлежит заслуга перевода этого традиционного метода на новый уровень точности: разработка технологии тригонометрических измерений (триангуляция) и использование оптических приборов в наземных и астрономических измерениях. За полтора века до того, как в России началось историческое градусное измерение, Ж. Пикар определил размер Земли с ошибкой всего 0,1%, измерив длину дуги Парижского меридиана величиной  $1,4^\circ$ . В тот же период времени астрономические и математические труды Дж. Д. Кассини, Ж. Рише, Хр. Гюйгенса и особенно И. Ньютона научно обосновали «неправильность» формы Земли: наличие у нее полярного сжатия. К середине XVIII века уменьшение длины одного градуса меридиана у экватора было твердо установлено непосредственными измерениями. Земной шар уступил место земному сфероиду, который стал постоянной темой мировой науки, объектом трудов математиков и астрономов, целью многих градусных измерений на разных меридианах и параллелях, с применением все более совершенных способов и приборов для измерения углов и базисных линий. Продолжалось это примерно до середины XX века.

Какое же значение имели все новые и новые измерения при



Рис. 3  
Схема триангуляции «Балтийской дуги»

уже неплохо установленных и постоянно уточнявшихся значениях параметров фигуры Земли?

Прежде всего — **научное**. Дальнейшее уточнение величин экваториального радиуса и сжатия Земли помогало выстраивать взаимосвязанную систему астрономических постоянных, без знания которых явления, наблюдаемые в Солнечной системе и во Вселенной, невозможно свести в единую физическую картину мира. Затем, непрерывная работа геодезистов представляла все новый и новый материал к познанию геометрии, физики и динамики вещества Земли. Измерения в различных регионах планеты продолжают с этой целью и в настоящее время. Современные технологии позволяют вести мониторинг геодинимических изменений поверхности планеты в диапазоне точности от дециметров до миллиметров.

Затем — **практическое значение**, в первую очередь, для целей национальной картографии. Триангуляционный каркас градусных измерений имел даже излишнюю точность для передачи координат, которые служили математической основой

военно-топографических и навигационных карт. Возможность получения координат делала градусные измерения предметом активного интереса сухопутных и военно-морских штабов. Не была исключением и «Дуга Струве». Офицеры России, Швеции и Норвегии выполнили большую часть угловых измерений в ее треугольниках на протяжении от Ледовитого океана до дельты Дуная.

Наконец, не менее важное — **общественное и международное значение**, аналогичное космическим достижениям второй половины XX века. Градусные измерения были «большой наукой» XIX–XX веков. Они способствовали активным международным контактам ученых, военных и государственных деятелей, в том числе монархов. Проведение градусных измерений свидетельствовало о возможностях государства, поднимало его политический и военный престиж.

Измерение первой в России дуги меридиана началось в 1816 г., когда полковнику К.И. Теннеру, в ответ на его предложение, разрешили (без дополнительных затрат) совместить начатую триангуляцию Виленской губернии с измерением дуги меридиана Виленской (Вильнюс) обсерватории. В 1819 г. Александр I позволил финансировать уже чисто научный проект по измерению дуги

меридиана в Лифляндии и Эстляндии, представленный 26-летним В.Я. Струве — «экстраординарным» (внештатным) профессором астрономии Дерптского университета. Несмотря на свои многочисленные обязанности и различного рода препятствия, В.Я. Струве и К.И. Теннер полностью взяли на себя и довели до завершения нелегкий труд по организации, проведению и обработке полевых геодезических и астрономических измерений на пространстве от Лапландии до Дуная, и издали соответствующие описания [1, 2, 11]. На завершающем этапе, в сотрудничестве со шведскими и норвежскими геодезистами, измерения были доведены от Ботнического залива до побережья Баренцева моря, у норвежского города Хаммерфест, когда-то самого северного города Европы.

#### ▼ Настоящее

Признание ГДС объектом культуры всемирного значения может вызвать резонный вопрос: почему в более чем 2000-летней истории градусных измерений признана именно «Дуга Струве», а не другое градусное измерение?

ГДС, несомненно, принадлежит историческому ряду предшествовавших и последующих градусных измерений, которые являются опытом познания формы Земли, опытом дерзости человеческой мысли, изобретательности ума, силы духа. Они составляют единый смысловой ряд стремления человека преодолеть естественные биологические пределы: плавать как рыбы, летать как птицы, видеть неозримое и невидимое, прошлое и будущее, достичь Луны и других миров. Именно в этом контексте нужно рассматривать все попытки измерить планету, узнать ее форму человеком, для которого естественными мерами являются собственный шаг, размах и сила рук, день труда. Если продолжить статистические подсчеты самого В.Я. Струве [2] и

оценить среднюю скорость измерения ГДС (3000 км длины и 40 лет напряженной работы), то этот труд можно сопоставить со сверхглубоким бурением, которое в поиске истины преодолело сверхчеловеческое расстояние.

Несмотря на долгую историю градусных измерений как способа определения фигуры Земли, «Дуга Струве» находится в числе немногих из них, которые все же выделяются из общего ряда своим значением для мировой культуры. Ф.Н. Красовский первым назвал ее **«грандиозным культурным предприятием»** [4]. Кроме небывалого географического охвата, ГДС примечательна еще и тем, что в условиях значительно разрозненного мира участники ее измерения накопили уникальный опыт международного сотрудничества, без которого плодотворная и актуальная идея протяженных градусных измерений была бы достижима только в однородных условиях огромных и самодостаточных империй. В длительном труде измерения «Русско-скандинавской дуги меридиана» важную роль сыграли многосторонние международные контакты, сотрудничество и личное участие ученых, военных, геодезистов, мастеров по изготовлению измерительных инструментов, государственных деятелей, включая монархов, труд простых ремесленников, солдат и крестьян, выполнявших вспомогательные работы, — все они представляли государства и народы намного более широкого круга, чем просто «геометров трех народов», как кратко высечено на памятниках в конечных пунктах «Дуги Струве», вблизи городов Измаил и Хаммерфест (рис. 4). Этот важный интернациональный аспект, наряду с научным и практическим значением измерений, послужил экспертам ЮНЕСКО основанием для признания за «Дугой Струве» стату-



**Рис. 4**  
Монумент вблизи г. Хаммерфест (северная точка «Дуги Струве»)

са «выдающейся всемирной ценности».

Исходя из сути объекта, который теперь называется «Геодезической дугой Струве», именно геодезистам разных стран отведена главная роль в его дальнейшей поддержке. Не только в деле сохранения пунктов измерений — этих внешних знаков выдающегося события, но и в выполнении различного рода культурной работы по данному памятнику, которая должна обеспечить его «жизнь» в сфере мировой культуры. Итоги работ, проведенных в различных государствах еще на этапе подготовки документов в ЮНЕСКО обсуждались на совместных конференциях в Эстонии (2002 г.) [12, 13], Белоруссии (2003 г.) и Молдавии (2004 г.) [14].

В 2004 г. представители государственных геодезических организаций Норвегии, Швеции, Финляндии, России, Эстонии, Латвии, Литвы, Белоруссии, Украины и Молдавии образовали, в соответствии с рекомендациями Центра Всемирного наследия ЮНЕСКО, международный Координационный комитет для реализации положений документа, который называется «Международный механизм управления трансграничным памятником «Геодезическая дуга Струве» [9]. В документе перечислены задачи комитета, в том числе, указаны следующие:

— отслеживать состояние сохранности пунктов ГДС и использовать опыт десяти стран в защите, сохранении, использовании и развитии ГДС;

— собирать ежегодные отчеты десяти стран, принимать решения и действия на их основе, составлять ежегодный итоговый отчет;

— давать органам управления десяти стран ГДС рекомендации по унификации практики управления и применения удачных решений, касающихся защиты, сохранения, использования и развития пунктов ГДС;

— унифицировать особую маркировку, развивать международное использование пунктов ГДС для образовательных целей и туризма, содействовать организации национальных информационных центров поддержки ГДС;

— содействовать сохранению на национальном уровне других пунктов ГДС помимо тех 34, которые включены в нынешний состав памятника;

— содействовать проведению исследований, делать доступными для широкой аудитории как исторические, так и современные данные, относящиеся к ГДС;

— содействовать геодезическому использованию пунктов ГДС, планировать и руководить трансграничными измерениями с помощью спутникового и астрономического оборудования.

Кроме представителей государственных геодезических организаций 10 стран в работе комитета могут участвовать представители международных организаций сферы науки, техники и культуры (на правах организаций-экспертов), представители общественных организаций, разделяющих цели и желающих участвовать в реализации конкретных задач. В последнее время приглашаются к сотрудничеству и активные частные лица. Широкое международное сотрудничество по сути и по эффективности наиболее соответствует задачам поддержки, т. е. сохранения и развития всемирного культурного значения ГДС.

Уже сложившаяся традиция проведения конференций, посвященных «Геодезической дуге Струве», продолжается в рамках деятельности Координационного комитета ГДС. В 2005 г. конференция прошла в Финляндии, в 2006 г. — в Швеции [15], в 2008 г. — в Латвии. Очередная, 7-я конференция пройдет в 2010 г. в Литве.

С 2006 г. в работе Координационного комитета по ГДС при-

нимает участие Санкт-Петербургское общество геодезии и картографии (СПб ОГК). В августе 2008 г. представитель СПб ОГК В.И. Глейзер принял участие в международной конференции, которая состоялась в городе Екабпилсе — бывшем южном конечном пункте «Балтийской дуги» Струве [16]. Он доложил участникам конференции о завершении исследования геодезических результатов ГДС, выполненного в рамках обязательства, принятого СПб ОГК в 2006 г. [17]. Исходные данные по основным пунктам «Дуги Струве» были предоставлены геодезическими службами Эстонии, Белоруссии, Норвегии, Финляндии, Литвы и Латвии. К этим данным были добавлены материалы проведенных ранее исследовательских и поисковых работ на острове Гогланд и в Белоруссии [18], сведения, найденные в архивах. Выполнена экспертиза исходных данных, разработана методика сравнения результатов В.Я. Струве с современными данными, проведены математические вычисления, собран описательный и иллюстративный материал. Обзор важнейших результатов проведенной работы размещен на сайте [www.3d-gorod.ru](http://www.3d-gorod.ru), созданном в конце октября 2008 г. Полностью исследование публикуется в журнале «Вестник Санкт-Петербургского общества геодезии и картографии» № 6 и рассматривается как совместный вклад членов Координационного комитета по ГДС в сохранение памяти о выдающемся достижении геодезистов, которое навсегда останется достоянием всего человечества.

#### ▼ Список литературы

1. Струве В. Историческое изложение хода работ для измерения дуги меридиана между Фугленесом и Измаилом // Вестник Императорского географического общества. — 1853. — Кн. III. — Разд. VII. — С. 5–22 и 110–130.

2. Струве В. Дуга меридиана в 25° 20' между Дунаем и Ледовитым морем... — Санкт-Петербург: изд. Имп. Академии наук, 1861. Т. I, Т. II; Чертежи.

3. Бонсдорф А.Р. Определение размеров Земли на основании данных Русско-скандинавского градусного измерения // Записки Военно-топографического отдела Главного штаба. — 1888. — Ч. 42. — Отд. 2. — IX.

4. Красовский Ф.Н. Дуга Струве. Обзор и результаты современных градусных измерений. Избранные сочинения. — М.: Геодезиздат, 1953.

5. Верещагин С.Г. и др. Пункт «дуги Струве» на острове Гогланд // Геодезия и картография. — 1996. — № 2. — С. 52–54.

6. Капцюг В.Б. и др. Результаты международного GPS-эксперимента на «Дуге Струве» // Геодезия и картография. — 1996. — № 11. — С. 15–20.

7. Kaptug V. The Toise-Metre Problem in the Struve Arc. «QUO VADIS» International Conference, FIG Working Week, 21–26 May 2000.

8. Капцюг В.Б. и др. Восстановление на острове Гогланд памятных мест первого в России измерения фигуры Земли // Известия Русского географического общества. — 2001. — Т. 133. — Вып. 6. — С. 68–76.

9. Struve Geodetic Arc. Submission to the World Heritage Committee for

Inscription on the World Heritage List. UNESCO World Heritage Centre // <http://whc.unesco.org/en/list/1187>. — 2005.

10. International Institution for the History of Surveying and Measurement. The Struve Geodetic Arc // [www.fig.net/hsm/struve.htm](http://www.fig.net/hsm/struve.htm). — 2005.

11. Теннер К.И. Описание тригонометрических съемок и градусного измерения, произведенных в Виленской, Курляндской, Гродненской и Минской губерниях с 1816 г. по 1834 г.; Описание тригонометрической съемки, произведенной в Волынской и Подольской губерниях с 1836 г. по 1840 г.; Описание тригонометрического измерения Бессарабской области и продолжения Российского градусного измерения на юг, чрез эту область, до реки Дуная... с 1846 г. по 1851 г. // Записки Военно-топографического депо. — Части VIII (1843), XII (1849), XVII (1855).

12. Struve Arc 150. Reports of the International Scientific Conference. Association of Estonian Surveyors, et al. Tallinn-Tartu, 2002.

13. Капцюг В.Б. Наше наследие // Геодезия и картография. — 2003. — № 1. — С. 57–60.

14. Юськевич А.В., Капцюг В.Б. Молдавские встречи на «Геодезической дуге Струве» // Геопрофи. — 2004. — № 5. — С. 52–54.

15. Struve Geodetic Arc 2006 International Conference // Reports

in Geodesy and Geographical Information Systems. — 2006. — № 8.

16. Международная конференция «Геодезическая дуга Струве и ее продолжение во времени и пространстве» // Геопрофи. — 2008. — № 4. — С. 36–37.

17. Богданов А.С., Капцюг В.Б. Международная акция на «Геодезической дуге Струве» // Геопрофи. — 2007. — № 3. — С. 65–66.

18. Абраменков В.Н. и др. Основицкий базис генерал-майора Теннера // Геодезистъ. — 2002. — № 5–6. — С. 26–30.

### RESUME

The article is confined to the 180th anniversary of publishing by V.Ya. Struve the results of measurements on the first section of the future «Russo-Scandinavian meridian arc» — the Struve Geodetic Arc, acknowledged by UNESCO as a World Heritage site in 2005. A background of the works fulfilled on the Struve Arc is given and its scientific, practical, social and international significance is marked. A work conducted by the International Coordinating Committee, including representatives from 10 countries as well as participation of the St.-Petersburg Society of Geodesy and Cartography are described.

## СТАЛКЕР 75-02

цифровой трассоискатель



РАДИО-СЕРВИС  
научно-производственная фирма

### Генератор:

- Максимальная мощность 75 Вт (непрерывный и импульсный режим генерации)
- 4 частоты (возможны частоты на заказ)
- Измерение тока, подаваемого в линию
- Встроенные аккумуляторы
- Влагозащищенный, ударопрочный корпус (IP 44)

### Приемник:

- Высокая помехоустойчивость
- Автоматическое измерение глубины
- Влагозащищенный, ударопрочный корпус (IP 42)
- Диапазон рабочих температур от -30 до +55
- Бесконтактный датчик контроля изоляции (опция)
- Навигация влево/вправо
- Встроенные аккумулятор и зарядное устройство



трассоискатель "Сталкер 75-02" - прибор для поиска скрытых коммуникаций на глубине до 10 м и дальности до 10 км от места подключения генератора

426033, г.Ижевск, а/я 4579  
ул.Пушкинская, 268  
тел.: (3412) 43-91-44  
факс: (3412) 43-92-63  
e-mail: [office@radio-service.ru](mailto:office@radio-service.ru)  
[www.radio-service.ru](http://www.radio-service.ru)