



**В.Я.Струве - выдающийся
геодезист XIX в.**

**F.G.W. Struve - outstanding
geodesist of the XIX C.**

В. Струве

www.spbogik.ru



ПРЕЗЕНТАЦИЯ

**на IV международной конференции Совета Европейских геодезистов и
кадастровых инженеров (CLGE)**

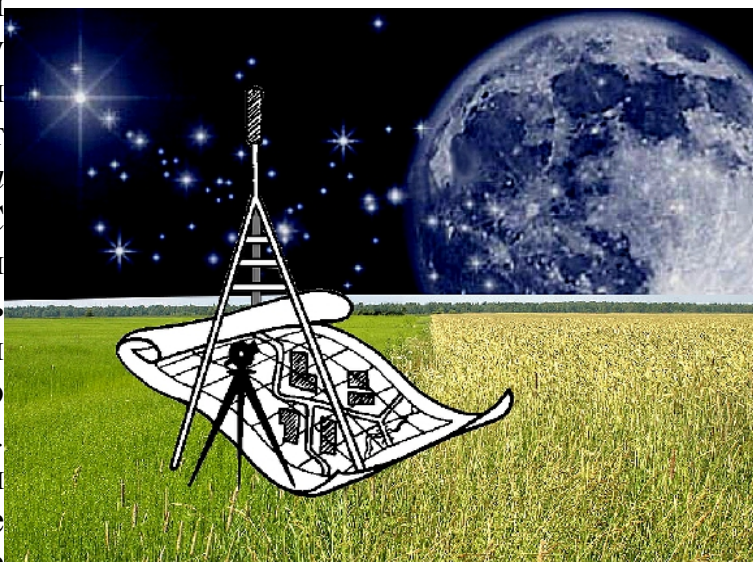
"В.Я.Струве - европейский геодезист 2014 года"

(Калининград, 1 июля 2014 года)

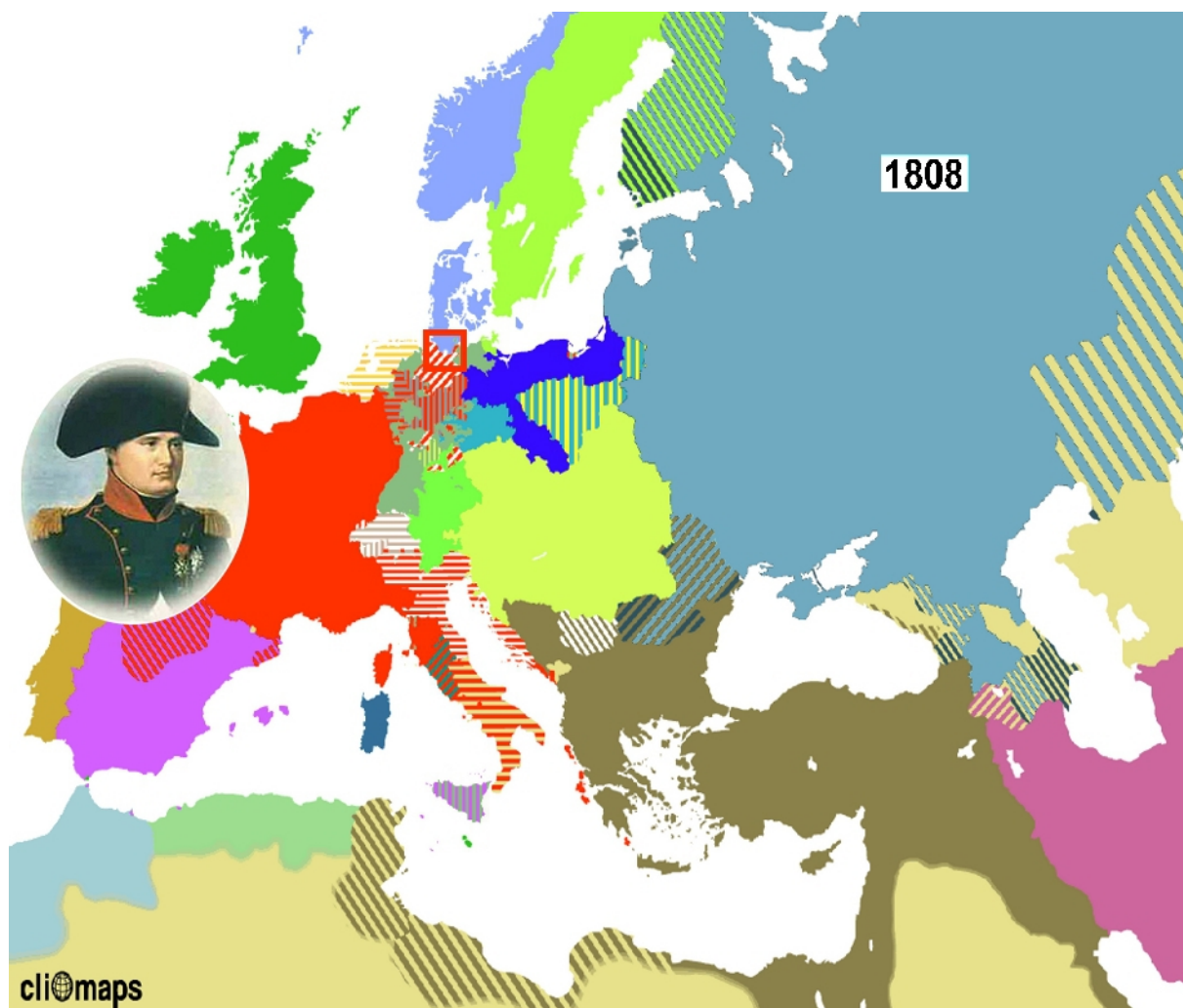
Жизнь и деятельность выдающегося российского ученого, профессора, астронома, геодезиста, инструменталиста Василия Яковлевича Струве пришлись на первую половину и середину 19 века. Как ученый, он унаследовал мысли и традиции более чем двух тысячелетий развития математики, астрономии, физики и сопутствовавшего наукам прогресса точной механики и оптики.

Родившись на севере Германии, он 15-летним мальчиком приехал в Россию, получил здесь университетское образование, стал ученым и трудился в науке всю дальнейшую жизнь. Его биографы отмечают, что Струве стал **верным гражданином России** - в ней он работал, не покладая рук, всегда понимая необходимость думать, по его собственным словам, о **"чести нашего отечества"**.

Классическая наземная геодезия предоставляла человеку техническую возможность и нравственное удовлетворение от *непосредственного измерения* размеров, расстояний и углов. С помощью измерений предметы окружающего мира расставлялись в понятном и геометрически точном порядке, это позволяло составлять и точные карты. Знающий математику мог сам вычислить свое местоположение по наблюдениям звезд. Он даже



мог вычислить размер всей огромной Земли - для этой цели надо было выполнить не такие уж сложные измерения. Математика имела сходный аппарат для рассмотрения и небесной сферы, и выпуклого наземного пространства. Всомогущество и прогресс математики были очевидными. Еще в юные годы она захватила воображение Вилли Струве. Его отец Якоб тоже любил математику, хотя по профессии он был учителем богословия и классических языков.



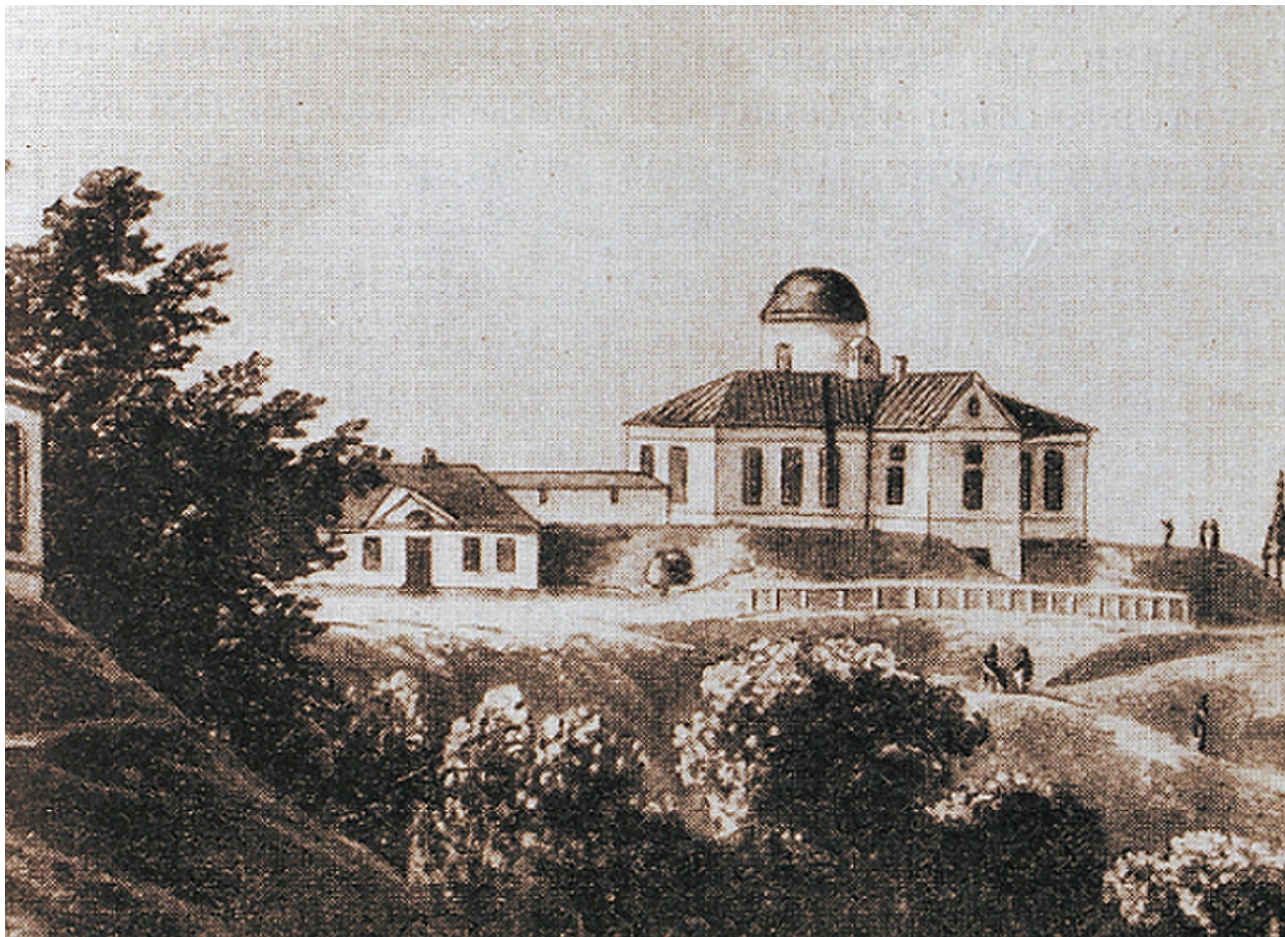
Кроме любви к математике, на дальнейшую судьбу юного Струве не могли не повлиять общественные и политические события на его родине, в Гольштейне. После гимназии (он ее еще не закончил) дальнейшая учеба стояла под вопросом. Город Альтона, где жила его семья, находился между северными германскими княжествами, захваченными наполеоновскими войсками, и Данией, объявившей нейтралитет. Уния с Данией избавила Альтону от оккупации, но *"победители Европы"* находились совсем близко - в городе Гамбурге. Однажды, приехав в этот большой город, рослый и физически крепкий Вилли попался в руки наполеоновских вербовщиков. Перед ним открылась перспектива стать бравым гвардейцем непобедимой армии. Юный Струве предпочел убежать домой. Ему не пришлось сражаться с русскими в кровавой "ничьей" на Бородинском поле.

Летом 1808 года 15-летний Вилли Струве переехал туда, где уже жил его старший брат - в российскую, а в культурном отношении немецкоязычную Прибалтику - в Лифляндскую губернию, в ее культурный центр город Дерпт (теперь это город Тарту в Эстонии). С отличными свидетельствами и датским паспортом, Струве был зачислен студентом университета.



По совету отца, он избрал филологию и через два года закончил обучение, получил выгодное предложение стать учителем классических языков. Но он

отказался и полностью углубился в изучение любимой математики и астрономии. На это его решение сильно повлияли лекции и личности профессора математики и астрономии Вильгельма Пфаффа и профессора физики Фридриха Паррота. Кроме того, как раз к этому времени, в начале 1811 года, для университета было выстроено новое здание обсерватории.



Струве скоро стал ее почти единственным сотрудником, потому что желающих работать в ней так, как он, больше не нашлось. Он в одиночку монтирует лежавший в упаковке новый первоклассный астрономический инструмент, начав обретение собственного опыта инструменталиста. В основном из самостоятельных наблюдений и вычислений он выводит точные значения координат университетской обсерватории. Период самостоятельной учебы (три года напряженной работы) закончился осенью 1813 года, когда Вильгельму Струве присуждают ученую степень доктора "*философии*" (математики и астрономии). Было ему тогда 20 лет.

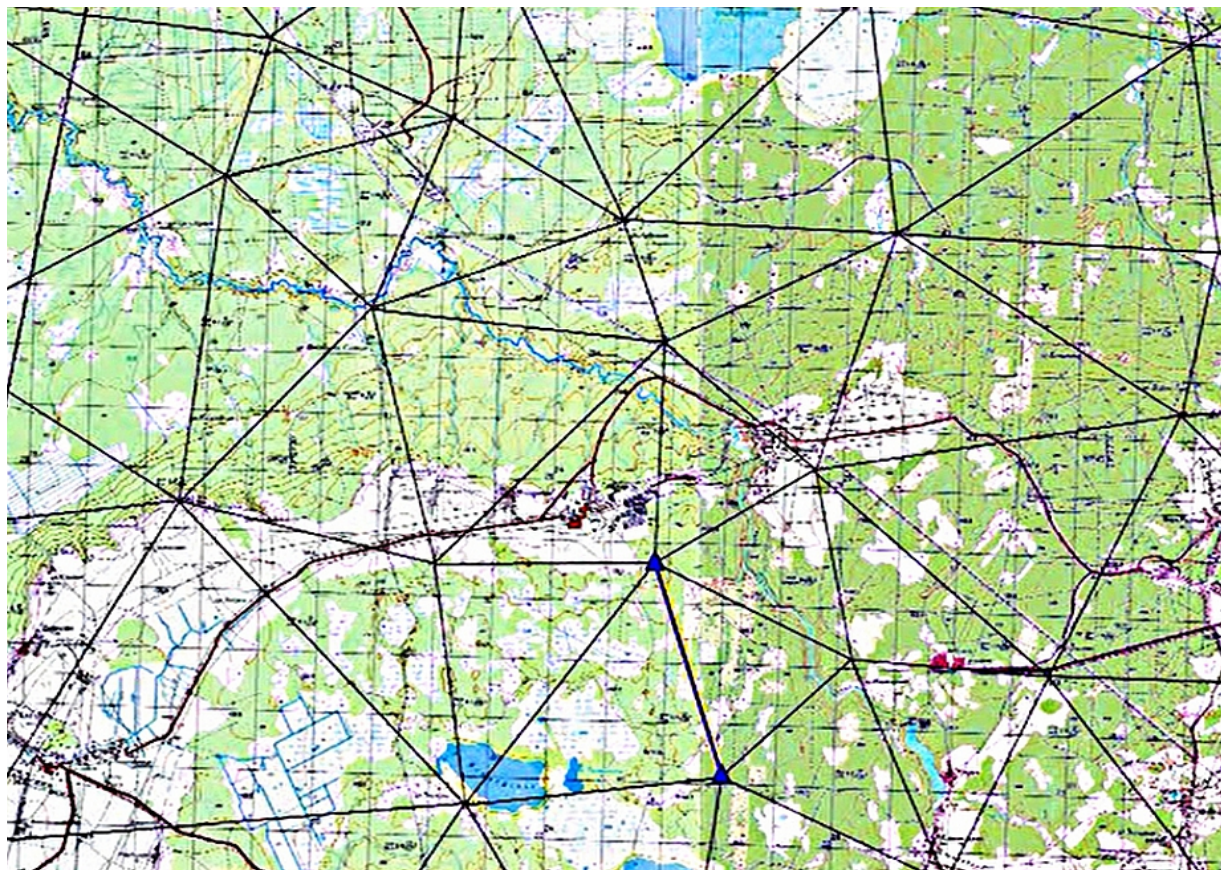
Струве стал выдающимся астрономом, имя которого неотделимо от славы прежней Дерптской и затем новой Пулковской обсерваторий. Заслуги его на поприще астрономии всемирно признаны, а здесь мы проследим *деятельность Струве в области геодезии и съемок*.



Геодезия как *практическая геометрия* была ветвью прикладной математики, она идейно и по инструментам была подобна тогдашней наблюдательной астрономии. Как знатоки измерений, астрономы часто выполняли геодезические работы, заказанные им монархами и правительствами. Они знали геодезию еще и потому, что восхищались великим научным опытом, выполненным в 1736-

1739 гг. Парижской академией наук. Астрономо-геодезические измерения на Экваторе и на Полярном круге подтвердили теоретическое доказательство Ньютона о том, что планета Земля имеет сплюснутую у полюсов фигуру. С тех пор астрономы мира активно занимались научными геодезическими измерениями, стремясь уточнить фигуру Земли.

С другой стороны, происходил крупный сдвиг в картографии. В конце 18-го и начале 19 века правительства и военные штабы передовых государств мира заинтересовались тригонометрической съемкой территорий.



Тригонометрическая съемка, или триангуляция, представляла собой новый

эффективный способ определения координат множества связанных опорных пунктов для создания более точных карт. Поскольку первой на этот путь вступила Франция, французские инструменты и геодезические сочинения приобрели в мире большой авторитет, а французские военные карты, построенные на триангуляционных пунктах, на деле оказались лучшими в мире.

В России первые опыты государственной триангуляции были предприняты в первом десятилетии 19 века в Московской и Петербургской губерниях, но процесс внедрения был прерван начавшейся войной с Наполеоном.



В это самое время, в самом начале своего нового поприща, молодой адепт математики Струве на собственные деньги приобрел секстант, раздобыл прибор для измерения базисных линий и начал самостоятельную учебную триангуляцию. Легкий портативный секстант позволяет измерять не только высоты светил, но вообще углы в произвольной плоскости, в том числе углы между земными предметами. Это - маленький "универсальный инструмент", которым можно измерять всё, что нужно.

Однажды летом 1812 года, когда Струве проводил измерения в поле, его арестовал российский армейский патруль, заподозрив в шпионаже. Время было военное, и он попал под суд. К счастью, недоразумение разъяснилось и его отпустили.

Осенью следующего года, успешно защитив диссертацию, Струве стал директором университетской обсерватории, а с весны 1814 года он начал читать курсы математики, астрономии и практической геометрии, то есть - геодезии и топографии.

Этот год - **1814** - надо подчеркнуть особо, как год, в котором **началась профессорская деятельность Струве по геодезии и съемкам.**



Сразу после победы над Наполеоном в России была начата подготовка и вскоре развернулись государственные военно-тригонометрические работы под командованием полковника Карла Теннера (впоследствии К.И.Теннер стал главным партнером Струве в измерении "*Русской дуги меридиана*").



Тем временем образованное губернское общество Лифляндии также заинтересовалось передовой технологией построения карт. Конечно, карты Лифляндии делались и раньше, но их геометрическое подобие и точность оставляли желать лучшего. Возникла идея объединить в новой губернской карте землемерные съемки и кадастровые планы отдельных поместий, выполненные

лифляндскими землемерами за многие годы. Деньги на проект нашли, картографы тоже были, а вот технологию съемки - как определять опорные пункты, какими инструментами, как подробно - нужно было обдумывать и соображать на месте. Предложение о съемке было сделано талантливому и деятельному профессору Струве, и он его принял.

За три летних сезона 1816-1818 годов Струве определил астрономическими и геодезическими способами координаты



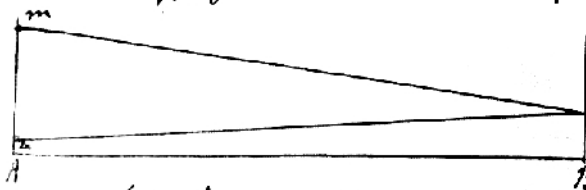
Лифляндская губерния.
1816 год.

Notiz.

den 16^{ten} August 1816.

46^{er}

Auf dem Carlöwischen Felde an der Riga'schen Strafe wurde von 10 bis 12 Uhr die Collimation des Nivellementsinstrumentes untersucht. Aber die Brennende Sonnenhitze erzeugte über dem aufgestellten Felde so starke Wärmegewalt, dass die Beobachtung nicht so genau ward. -- Die Distanz der Punkte wurde nicht unmittelbar gemessen, sondern auf folgende Weise bestimmt.



Auf dem Punkt A waren 2 Ketten 43 Zoll 8 Linien von einander entfernt, vom Standpunkte B wurde nach beiden hin visirt mit dem Höhenmaß.

$$\begin{aligned} m &= 287 + 0 \\ &= 287 + 0 \\ &287 + 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= 281 + 12 \\ &= 281 + 19. \\ &281 + 18,5 \end{aligned}$$

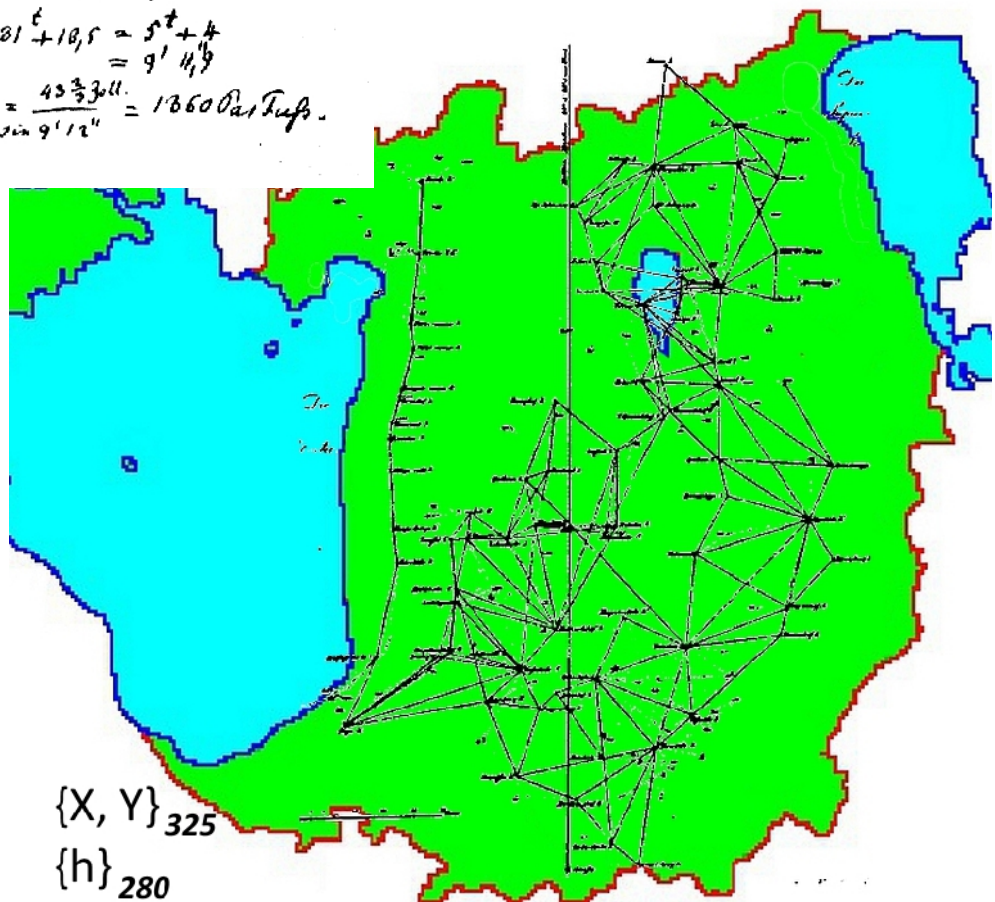
$$W_{\text{mon}} = 287^t + 0 - 281^t + 18,5 = 5^t + 4 = 9' 11,5''$$

$$\text{und } AB \text{ Distanz} = \frac{43 \frac{3}{4} \text{ Zoll}}{\sin 9' 12''} = 1660 \text{ Fuß.}$$

325 пунктов и высот 280 пунктов. Сделано это было, как сейчас говорят, в свободное от основной работы время, то есть тогда, когда он не читал лекций и не вел наблюдений в обсерватории из-за светлых ночей; лишь для измерения базисной линии на ровном льду озера Вирцъярв ему пришлось выехать в поле в разгар семестра, в марте 1819 г.

Пунктами наблюдений служили здания поместий, церквей, ветряных мельниц, однако ему пришлось выставить свыше 60 сигналов в тех местах, где не на что было наблюдать.

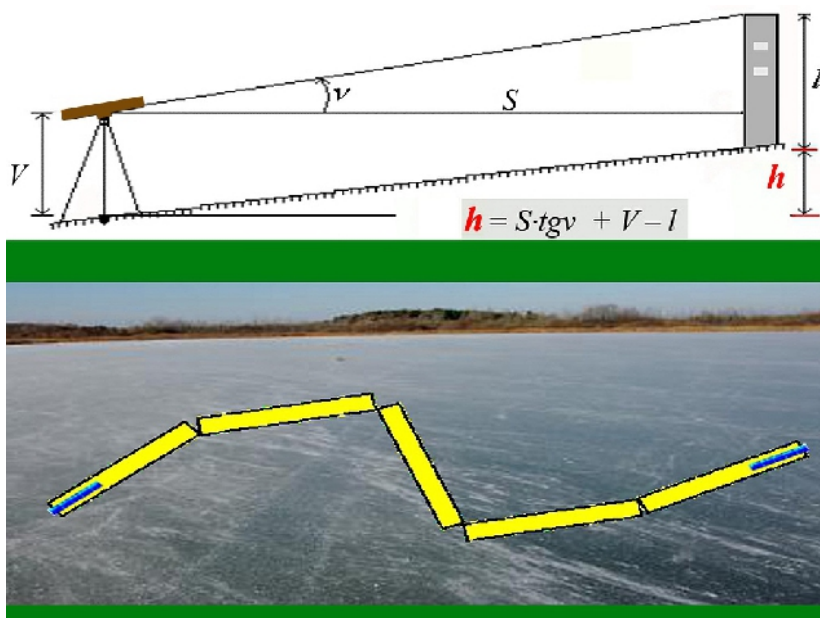
Как отмечают специалисты, астрономо - тригонометрическая съемка Струве в Лифляндии



{X, Y} 325
{h} 280

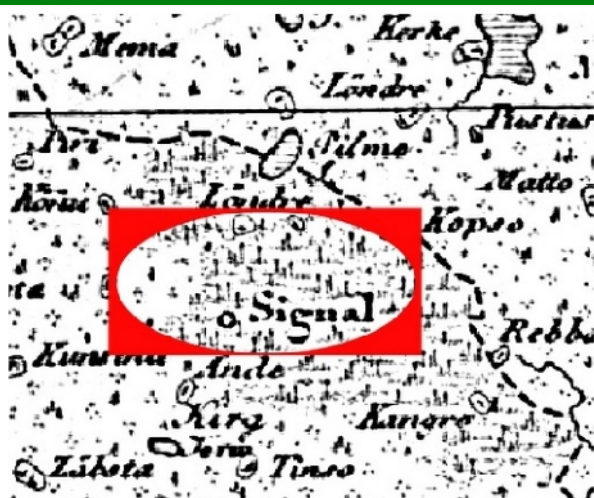
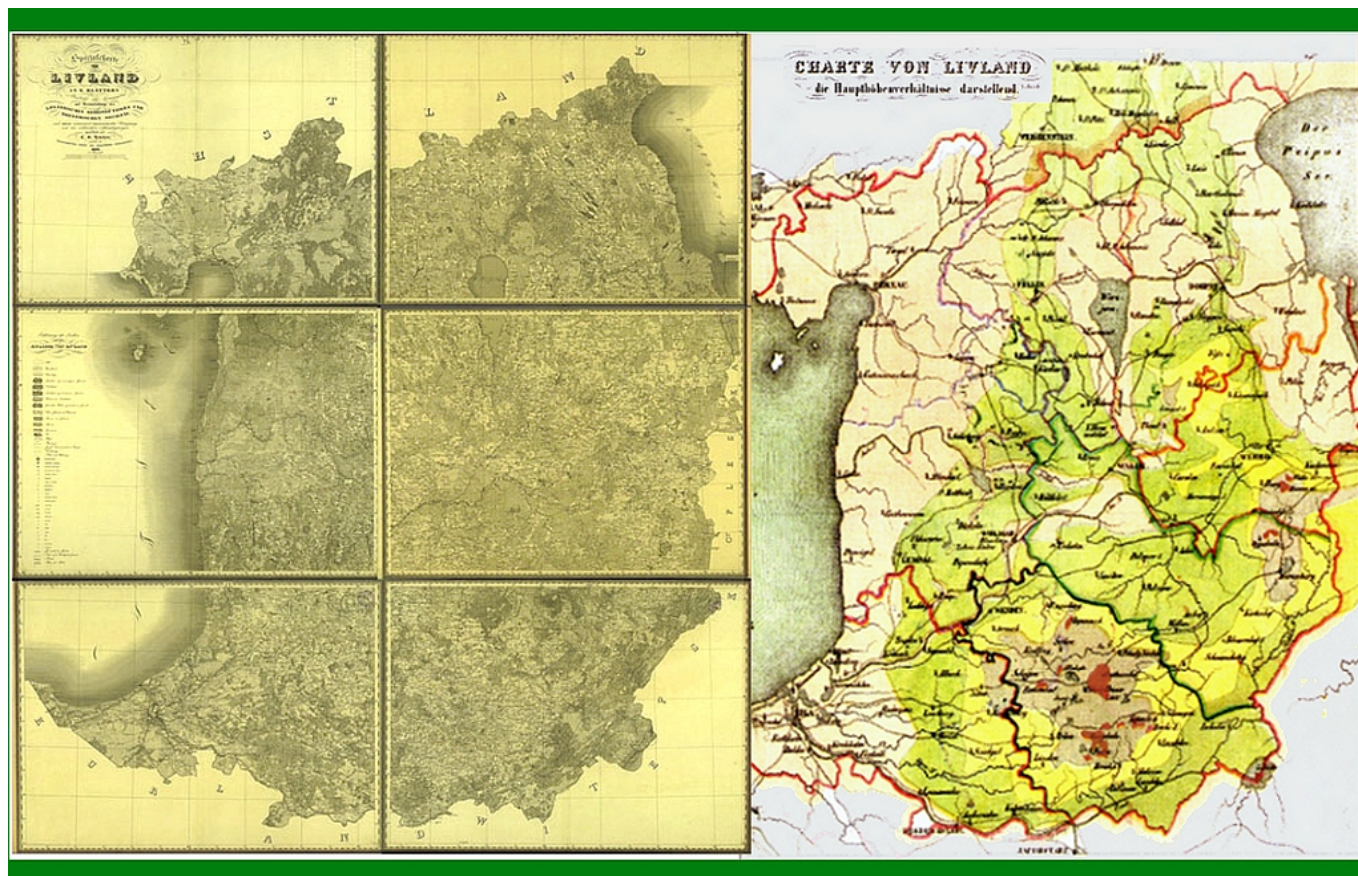
Основные пункты созданной Струве плановой основы в Лифляндии.

отличалась искусством наблюдений, остроумным преодолением местных препятствий, тщательностью исключения инструментальных ошибок. Всю работу по определению координат пунктов обширной губернии Струве выполнил почти в одиночку, лишь в немногих случаях пользуясь помощью двух своих студентов.



Одним и тем же инструментом - 10-дюймовым секстантом, ошибки которого он тщательно исследовал, Струве измерял углы с точностью около 15 секунд дуги, на пунктах с закрытой видимостью определял астрономические долготы и широты; азимуты либо вычислялись от исходного значения в Дерптской обсерватории передачей по измеренным углам, либо определялись из наблюдений звезд тем же секстантом. Высоты точек находились тригонометрически от уровня Рижского залива, принятого за исходный. Точности секстанта, даже поставленного на штатив, было недостаточно для тригонометрического нивелирования, поэтому Струве использовал прибор собственной конструкции, который сделал по его указаниям университетский механик. Этот прибор ("*сектор*") имел сильную оптическую трубу длиной 0,5 метра; он позволял измерять небольшие углы возвышения с точностью ± 4 секунд дуги. Базисный прибор, который тоже придумал Струве, представлял собой пять деревянных брусков длиной по одному туазу (примерно двухметровых), соединенных шарнирами, с точными шкалами на внешних концах.

Погрешность измерения базиса Струве оценивал величиной $1/40000$, а точность вывода длины выходной стороны - величиной $1/28000$. Таким образом, возможные ошибки плановой основы были гораздо меньше величины разрешения будущей губернской карты (ее масштаб был $1/210000$, см. ниже).



Здесь показаны две генеральные карты, составленные по результатам съемки Струве. Они свидетельствуют, что он первым построил точное плановое и высотное обоснование в тогдашней Лифляндской губернии.

Важным результатом трехлетних разездов Струве по Лифляндии стало отличное знакомство с местностью и желание измерить здесь дуги меридиана и параллели. Идея новых измерений на

географических дугах с целью дальнейшего уточнения фигуры Земли была популярной в то время, и это было не так важно топографам и картографам, сколько важно именно астрономам. Почему?

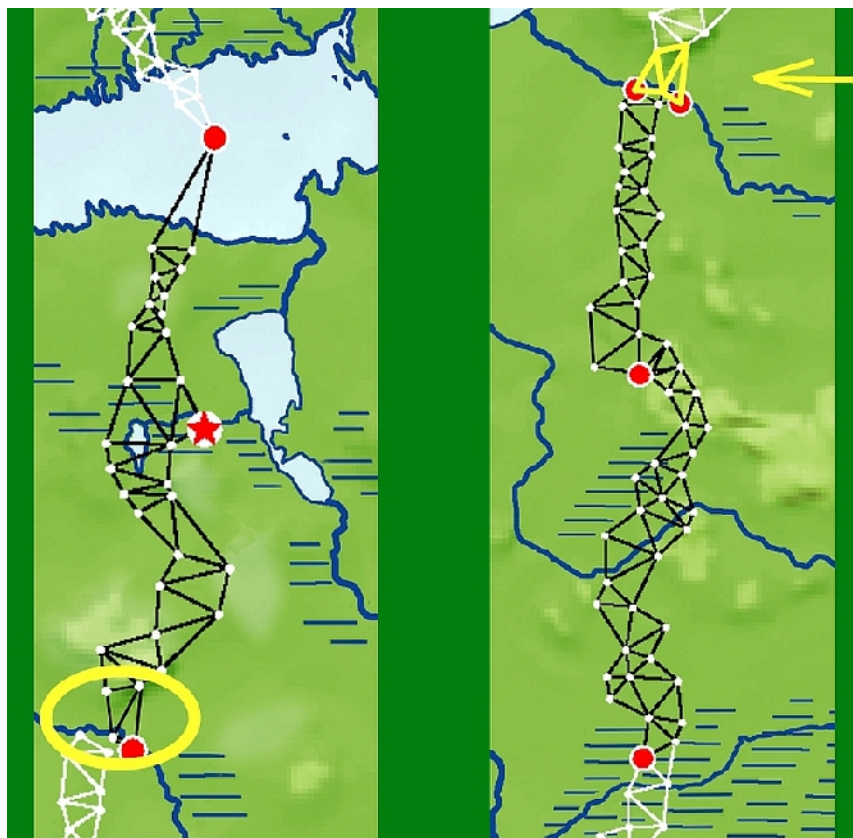
- Потому что величина радиуса Земли служила масштабной единицей длины и ключом к вычислению масс и точных движений небесных тел в



пределах Солнечной системы. Поэтому не мог астроном Струве не думать об актуальнейшей проблеме **точного измерения фигуры Земли**. Сразу после завершения полевых работ Лифляндской съемки Струве подает проект измерения дуг меридиана и параллели в российских прибалтийских губерниях.

Интересно, что император Александр I одобрил проект Струве и выделил средства на выполнение *повторных* измерений практически в одной и той же губернии! Вдохновленный Струве отправился в Европу для заказа самых лучших инструментов и консультаций с зарубежными коллегами. Начиналось **небывалое в России предприятие - измерение дуги меридиана**.

Здесь надо пояснить, что длина дуги меридиана - это вычисляемый результат, а триангуляция, построенная вдоль дуги - это метод измерения, который включает как геодезические линейные и угловые измерения, так и астрономические определения широт и азимутов.

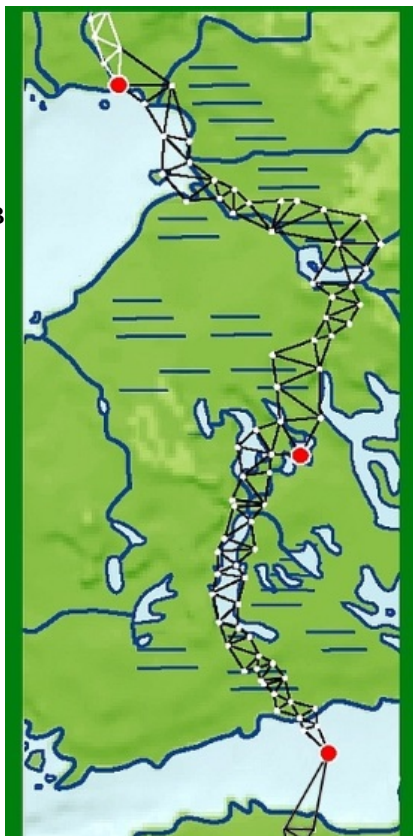


За последующие 8 лет, Струве со своими слушателями-офицерами измерил дугу меридиана в 3,5 градуса от острова Гохланда в Финском заливе до города Якобштадта на Западной Двине. В 1828 году состоялось соединение с измерением дуги меридиана, выполненным геодезистами генерала Теннера от Западной Двины к югу до болот Припяти. Уникальность этого соединения в том, что оба ряда триангуляций делались разными инструментами и масштабировались абсолютно

разными эталонами длины, из которых один был в туазах, а другой - в саженьях.

После успеха соединения Струве подал новое прошение, уже императору Николаю I, о продолжении измерений дуги меридиана к северу. По согласованию с Генеральным штабом Дерптскому университету были выделены средства на 15-летнее измерение дуги меридиана через российскую Финляндию до северных берегов Ботнического залива у города Торнео. Измерения в Финляндии выполнялись под общим руководством Струве бывшими его военными слушателями, К. Обергом и К. Меланом, которых в 1835 году сменил астроном Гельсингфорсской обсерватории Фр. Вольдштедт.

В



Струве понимал, что вести измерение *"Русской дуги"* еще дальше к северу будет проблемно - далеко и дорого, персонала для этих измерений не было, и Генеральный штаб не проявлял заинтересованности в продвижении измерений на север.

Возникает естественный вопрос - зачем еще дальше на север? можно ли было остановиться на Торнео? - Да, конечно, измерения могли бы быть не такими протяженными и дорогими. Но тогда они не имели бы научной ценности, не достигли бы своей цели.

Дело было в том, что только в измерениях значительной протяженности компенсировалось влияние местных неправильностей фигуры Земли и разного рода неизбежных ошибок измерений. Струве и его коллеги хорошо это понимали. Мало того, все измерения надо было проводить с максимально возможной точностью, самыми лучшими инструментами, тщательно исследуя и исключая инструментальные погрешности, перепроверя

практикой сертификаты приборов. Иначе - фатальная потеря точности, и превращение научной ценности в утилитарную пользу только для картографов.

Имея в виду продолжение измерений дальше к северу, Струве поехал в Стокгольм, чтобы обсудить этот вопрос с шведскими учеными и геодезистами. Он лично представил его Оскару I - новому королю Швеции и Норвегии, и получил его одобрение. По указу короля шведские и норвежские астрономы и геодезисты, в основном военные, под руководством Нильса Селандера и Кристофера Ганстена за 8 лет довели измерение дуги меридиана до арктических берегов Европы.



К.И. Теннер



Н.Х. Селандер



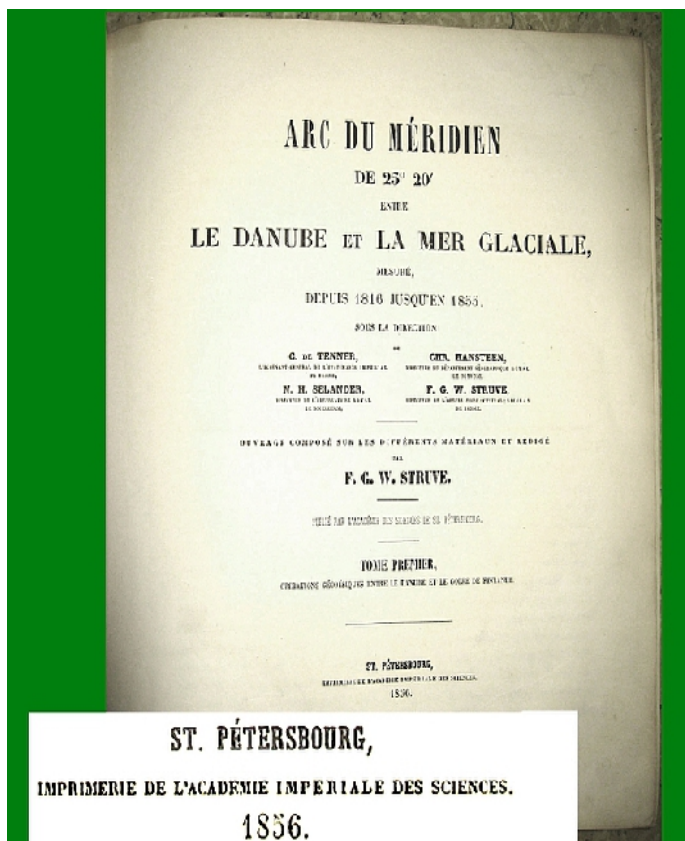
Кр. Ганстен

Примерно в это же время геодезисты генерала Теннера довели свои триангуляции до верхнего течения Днестра, а затем - еще южнее, до устья

Дуная в Бессарабии. Астрономические определения и базисные измерения в Норвегии и Бессарабии выполнили астрономы Пулковской обсерватории Струве. Так постепенно завершилось *самое протяженное и точное астрономо-геодезическое измерение фигуры Земли.*



Оно продолжалось с 1816 по 1855 годы, долгие 40 лет, *от дней молодости Струве до его старости.* Всё это огромное время он подготавливал, участвовал, давал совет, руководил полевыми работами (непосредственно, а затем посредством переписки), выполнял ответственные метрологические и



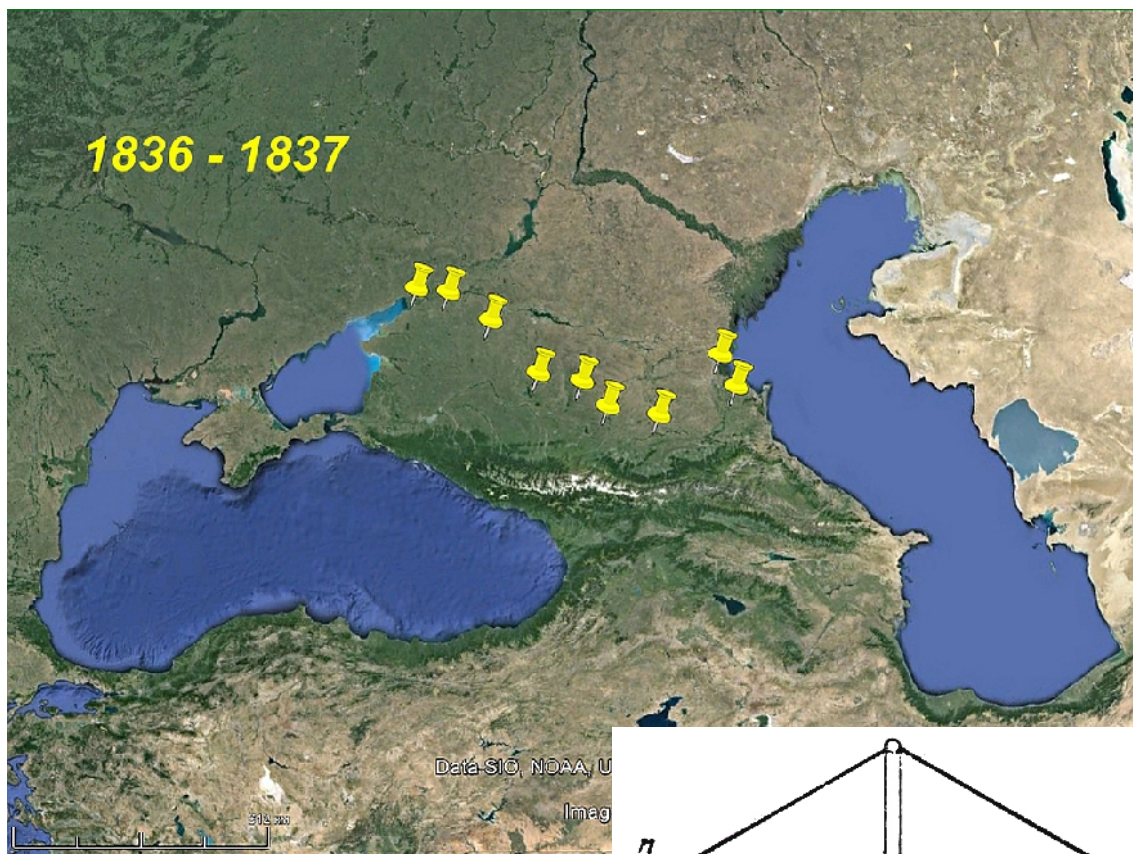
инструментальные исследования, изобретал новые методы и технические средства измерений, организовывал, инструктировал и контролировал, руководил и сам вел сложную математическую обработку материалов, подготавливал итоговую публикацию. Всё это он делал наряду с другими своими обязанностями и интересами, особенно в области астрономии. Помогали ему его коллеги. В Пулковской обсерватории каждому из астрономов и временных стажеров обсерватории пришлось выполнить часть огромного вычислительного труда.

Дуга меридиана, которую по праву называют **"Дугой Струве"** - самая знаменитая геодезическая работа Струве, она получила всеобщее признание и уважение ученого мира. Уже в нашем веке ЮНЕСКО признало ее **культурным объектом "выдающейся всеобщей ценности"**.

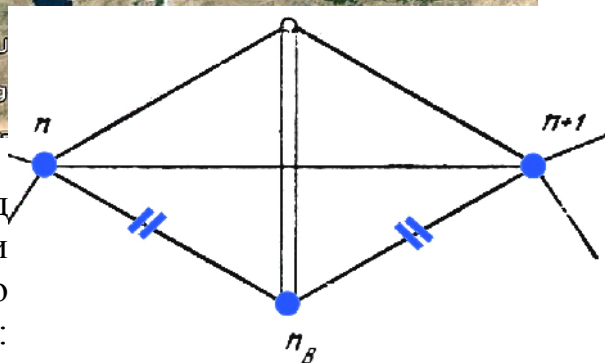


Заслуги Струве в геодезии и картографии далеко не ограничиваются этим выдающимся измерением фигуры Земли.

Научная гипсография России в его время находилась на начальном этапе собирания сведений. Струве, как и генерал Теннер, в процессе измерения дуги меридиана выполнял тригонометрическое нивелирование. Помимо этого, Струве организовал крупную геодезическую работу по **определению разности высот Азовского и Каспийского морей** путем тригонометрического нивелирования вдоль линии длиной около 880 км. Работу выполнили за два полевых сезона ученики Струве - Георг Саблер, Алексей Савич и Егор Фус.



Струве разработал особый метод нивелирования в условиях жары и сильной рефракции. Единичное звено нивелирования имело небольшую длину: 7-8 км. Посередине его измерялся базис.



Высоты смежных пунктов определялись из одновременных измерений зенитных расстояний с трех точек, и вместе с ними вычислялись координаты пунктов по элементам треугольников. На результатах этой экспедиции Струве разработал вопрос влияния приземной рефракции и предложил способ ее учета по замерам температуры и давления.

В.Я. Струве стал одним из *учредителей Русского географического общества* (РГО, 1845 г.). С самого его учреждения он возглавил работу по *математической географии*, то есть по определению координат опорных пунктов и составлению карт обширных неисследованных пространств страны.



Первая экспедиция РГО была направлена на Полярный Урал, затем последовали другие. Струве отвечал за астрономическую часть экспедиций. Он составлял маршруты и писал инструкции экспедиционным астрономам, контролировал полевые материалы по части определения координат.

По предложению Струве, РГО способствовало внедрению проекции Гаусса в картографию России и руководило составлением точных карт центральных российских губерний из материалов выполненных там межевых съемок, в чем можно различить дальнее "эхо" Лифляндской съемки Струве. Кроме того, в рамках своей работы в РГО Струве был экспертом по методике преподавания геодезии в учебных заведениях, проводил картометрические исследования площадей губерний.



В самом начале 1825 года Струве - в то время директор лучшей в России обсерватории - был назначен ответственным за *сотрудничество с Военным и Морским министерствами* России.

Он занимался практическим обучением молодых офицеров армии и флота, трудоемкими экспертизами работ

военных астрономов и геодезистов, организовывал и сам участвовал в хронометрических экспедициях с целью определения разностей долгот между главными городами России, составлял отзывы на новые топографические карты, организовывал изготовление и исследование инструментов для работ военных геодезистов, выступал экспертом в соединениях русских, прусских и австрийских триангуляций.

Эти соединения означали выход российской геодезии за государственные границы к новым международным проектам континентального охвата.

Теперь самое главное.

Важнейшей заслугой Струве перед российской геодезией является созданная им постоянная практическая школа, подготовившая множество молодых геодезистов к их дальнейшей деятельности.

Искусство Геодезии передается только от Учителя к ученику - так было раньше, и так будет всегда.

Как известно, основы навигации, топографии и геодезии впервые в России начали преподавать в московской Навигацкой школе приглашенные Петром I "аглицкие" профессора Фарварсон, Гвин и Грэйс. В русской геодезии постепенно началась эпоха астрономических определений мест и картографических описей, эпоха "*петровских геодезистов*". Это почетное имя сначала относилось к ученикам Навигацкой школы, затем к ним прибавились питомцы петербургской Морской академии и немногих новых инженерных и землемерных школ. Те из них, кому выпало дожить до правления императрицы Елизаветы (1840-ые годы), получили *потомственное дворянство* в награду за свой безмерный и часто опасный труд.



1701 - ...



Струве начал подготовку геодезистов применительно к новой эпохе - эпохе математически правильной картографии, эпохе триангуляций и нивелировок. Благодаря его энергии, знаниям и опыту сначала Дерптская, а затем - на многие десятилетия - Пулковская обсерватория стали **ведущими центрами практической подготовки геодезистов России.**



"Геодезисты Струве" отвечали требованиям своего времени. Они, как и их предшественники в предыдущем веке, хорошо владели практикой определения широт и долгот. Они, кроме того, умели строить тригонометрические сети, вести математическую обработку измерений на выпуклых сфероидических поверхностях, определять высоты пунктов различными способами, исследовать инструменты и хронометры, измерять силу тяжести. Почти все ученики Струве руководили региональными геодезическими и гидрографическими работами. Его выпускники Алексей Савич, Вильгельм Деллен и сын Струве Отто стали профессорами и советниками следующего поколения геодезистов. Высокая степень подготовленности к профессии и отличные труды питомцев "школы Струве" заслужили международное признание и вывели российскую геодезию на передовые позиции в науке и практике.

Уже в конце своей активной и сверхплодотворной деятельности Струве высказал идею **измерения трансевропейской дуги параллели**. Высокий международный авторитет российской геодезии и картографии стал ключевым фактором будущей реализации этой идеи. Проект измерения возглавили сын и преемник Струве Отто Струве и германский военный геодезист Бэйер - работавший ранее с Бесселем. Измерение трансевропейской дуги параллели стало зерном, из которого выросла современная **Международная Ассоциация Геодезии** (IAG, МАГ).



Таким образом, Струве не только был в числе учредителей *Русского географического общества*, но и способствовал **основанию международного геодезического сообщества**.

Источники иллюстраций:

- стр. 2: В.В.Глушков, "История военной картографии в России. XVIII - начало XX в.", Москва, ИДЭЛ, 2007, с.2; festival.1september.ru/articles/588583/presentation/13.jpg; cliomaps.de/wp-content/uploads/2012/09/1808-EU-FL1.png.
- стр. 3: parashutov.livejournal.com/28394.html.
- стр. 4: www.eestijalugu.ee/?event=Show_event&event_id=3496&layer=218#3496.
- стр. 5: dic.academic.ru/pictures/bse/jpg/0227006840.jpg; celebrating200years.noaa.gov/theodolites/nmah2002_07075_434.jpg; thanks to Yu.G.Sokolov.

сmp. 6: museumvictoria.com.au/pages/21188/mn017633_lg.jpg.
сmp. 7: watercolor by T.Skvortsova;
www.zum.de/whkmla/histatlas/eceurope/livland1885.gif
сmp. 8: thanks to Z.K.Sokolovskaya;
 "Tartu old observatory". Tallinn, Aasta Raamat, 2011, p. 42.
сmp. 9: www.sciencemuseum.org.uk/images/object_images/535x535/10197048.jpg;
semiluki.ws/images/photoalbum/album_10/led_t2_1.jpg.
сmp. 10: www.maps4u.lt/lt/includes/siuntiniai/Z/Livland_1839_1_126K.jpg;
 "Tartu old observatory". Tallinn, Aasta Raamat, 2011, p. 42;
www.shutterstock.com/ru/s/solar+system/search.html?page=2&thumb_size=mosaic.
сmp. 12: thanks to S.V.Tolbin;
media1.vgregion.se/vastarvet/VGM/Fotobilder/Bilder%204/34/1M16_B145033_3997.jpg;
upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/be/Christopher_Hansteen_by_Asta_Hansteen.jpeg.
сmp.16: old.rgo.ru/wp-content/uploads/2010/04/all-site.png; https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRwpNtvAPpNPjV38TcTw4zimdTh7Hkk08hT04477I-NmGNyn_PI.
сmp. 17: mirovis.zo1272.edusite.ru/images/p3_suhar.jpg;
russian7.ru/wp-content/uploads/2013/08/образовательная-реформа.jpg.
сmp. 18-19: A.H.Batten, "Resolute and undertaking characters: the lives of Wilhelm and Otto Struve".
 Dordrecht; Boston: D.Reidel Pub. Co., 1988, pp. 31, 34.



В. Струве

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !

www.spbogik.ru



Составитель В.Б. Капцюз

общественная организация
"Санкт-Петербургское общество геодезии и картографии"

1 июля 2014 г.