

Т. И. МАЛОВА

**ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РЕЛЬЕФА И ЕГО ОТОБРАЖЕНИЕ
НА КАРТАХ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В СЕРЕДИНЕ XIX В.**

(К 200-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ А. П. БОЛОТОВА)

XIX в. в России можно назвать «веком военной картографии». Ведущим направлением в области картографирования страны, в отличие от XVIII в., становится полевая картография (основная составляющая милитаризма), так как уже в ходе Семилетней войны (1756–1762) стали очевидны недостатки в производстве отечественных инструментальных съемок. С этого времени военное ведомство стало обращать более пристальное внимание на развитие военно-топографических работ.

Создаваемые в конце XVIII — начале XIX вв. военные организации были призваны приблизить уровень развития военно-топографических работ в России к уровню европейских стран. В 1763 г. (сразу после окончания Семилетней войны) был учрежден Генеральный штаб. На него возлагалась разработка мероприятий по организации деятельности войск, а также выполнение служащими Квартирмейстерской части топографических и картографических работ. В 1797 г. создается Депо карт (как государственный и военный архив); в 1798 г. издается указ о предварительной цензуре всех издаваемых карт, о запрещении вывозить из России и издавать за границей карты российских территорий и о необходимости сдавать в Депо все оригиналы чертежей, планов и карт. В 1800 г. к Депо карт причисляется Географический департамент Кабинета-Сената; в 1812 г. эта объединенная структура преобразовывается в Военно-топографическое депо (в ходе Отечественной войны, в которой использовалась новая тактика маневров в зависимости от характера местности, необходимость обеспечения армии хорошими топографическими картами резко возросла). Задачами Военно-топографического депо были астрономические и тригонометрические работы, черчение, оформление, графирование, печатание и хранение карт, а также изготовление геодезических инструментов. В 1822 г. при Военно-топографическом депо открывается Корпус военных топографов, впоследствии переименованный в Военно-топографическое училище¹.

¹ Хренов Л. С. Хронология отечественной геодезии с древнейших времен и до наших дней. Л.: Изд-во Всесоюзного Астрономо-геодезического общества при АН СССР, 1987; [Рыльке С. Д.] Военно-топографический отдел Главного штаба. СПб., 1885.

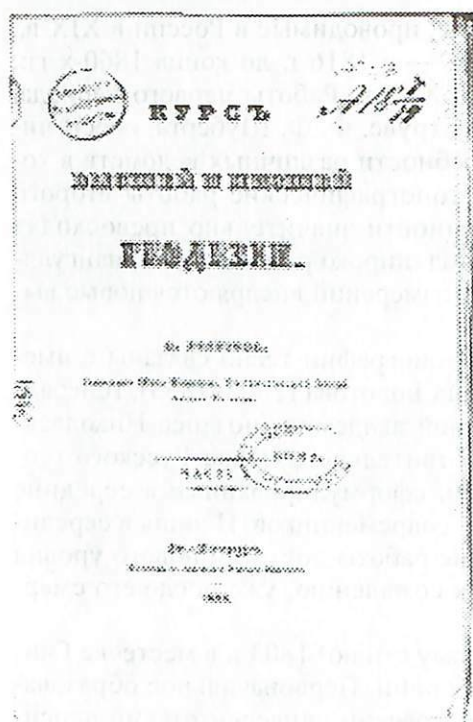
Геодезические и топографические работы, проводимые в России в XIX в., уместно разделить на два периода: первый — с 1816 г. до конца 1860-х гг.; второй — с 1870 г. до конца XIX — начала XX вв. Работы первого периода, связанные с именами К. И. Теннера, В. Я. Струве, Ф. Ф. Шуберта, обеспечили научные, практические и военные потребности различных ведомств в хороших топографических картах. Военно-топографические работы второго периода по характеру производства и точности значительно превосходят предшествовавшие им. Именно в этот период широко развивается триангуляция второго и третьего классов, в практику измерений внедряются новые высокоточные приборы.

Оба периода в развитии отечественной топографии тесно связаны с именем военного геодезиста Алексея Павловича Болотова (1803–1853), генерал-майора, профессора Императорской Военной академии (позднее Николаевской Академии Генерального штаба), действительного члена Русского географического общества, чьи научные идеи, сформулированные в середине 1840-х гг., не получили должного отклика у современников. И лишь в середине 1870-х гг., когда военно-топографические работы достигли нового уровня развития, научные труды А. П. Болотова (к сожалению, уже после его смерти) были оценены по достоинству.

Родился А. П. Болотов 17 марта (по старому стилю) 1803 г. в местечке Гнилое Болото Крамского уезда Орловской губернии. Первоначальное образование получил дома, а затем был отдан в Московский университетский пансион. В 1820 г. А. П. Болотов поступил в Московское училище колонновожатых, где стал изучать геодезию, теоретическую и практическую астрономию, математику, а также краткую военную историю. В 1821 г., после окончания училища, А. П. Болотов был произведен в прапорщики с зачислением в Квартирмейстерскую часть, в дальнейшем преобразованную в Генеральный штаб, и назначен в училище колонновожатых для преподавания полевой долговременной фортификации. В 1823 г. училище было переведено в Петербург, в 1824 г. А. П. Болотов был откомандирован вслед за ним и вскоре получил чин подпоручика. Однако в 1826 г. училище было упразднено, и А. П. Болотова перевели в канцелярию генерал-квартирмейстера Главного штаба, а через год после этого произвели в поручики.

С 1828 г. А. П. Болотов участвовал в войне между Россией и Турцией. В 1831 г. он, из-за продолжительной болезни, вернулся в Петербург и был назначен в штаб Отдельного корпуса внутренней стражи, в числе обязанностей которого было составление карт на районы дислокации войск. С 1 июля 1832 г. 29-летний штабс-капитан А. П. Болотов был зачислен исполняющим должность адъютант-профессора геодезии Военной академии с сохранением своей должности по штабу Отдельного корпуса внутренней стражи. А в ноябре 1833 г. он «совершенно» причисляется к Военной академии и освобождается, по ходатайству ее директора, генерала Сухозанета, от прочих должностей.

В 1834 г. за отличие по службе А. П. Болотов был произведен в подполковники, в 1840 г. — в полковники. В 1846 г. он был награжден знаком «За XX лет беспорочной службы», в том же году — орденом Владимира



Титульный лист учебника 1845 г.

3-й степени, а в феврале 1848 г. — Георгиевским крестом.

В начале 1850 г. А. П. Болотову был присвоен чин генерал-майора ².

А. П. Болотов всячески содействовал развитию геодезии как самостоятельной научной дисциплины, тем более что его научная деятельность по времени совпала с разработками выдающихся зарубежных ученых. Во Франции Деламбр высчитывает парижский меридиан; Лежандр производит тригонометрическое соединение Гринвичской и Парижской обсерваторий, разрабатывает общие приемы вычисления вероятнейших результатов из совокупности наблюдений. Эти приемы (способ наименьших квадратов) применяются в Германии К. Ф. Гауссом в процессе возглавляемой им триангуляции Ганноверского Королевства в 1818–1832 гг. ³. Ф. В. Бессель организует градусные измерения в Восточной Пруссии — и это далеко не все научные работы,

произведенные в конце XVIII — начале XIX вв. в Европе.

А. П. Болотов изучает разработки иностранных ученых и через свои труды знакомит с ними отечественных специалистов. В 1836–1837 гг. вышли в свет две части его учебника «Геодезия, или Руководство к исследованию общего вида Земли...» (удостоенного Петербургской академией наук половиной Демидовской премии), который, как отмечалось в отчете Военной академии за 1837/1838 учебный год, «по всей справедливости не только может считаться лучшим сочинением по сей части на отечественном языке, но не уступает полнотою и отчетливостью никакому из иностранных геодезических сочинений» ⁴. В первой части этого труда А. П. Болотов впервые в мировой учебной геодезической литературе опубликовал способ наименьших квадратов. Кроме того, А. П. Болотов — автор первого (как в России, так и за рубежом) капитального «Курса высшей и низшей геодезии» (1845 и 1849 гг.), «Руководства к производству хозяйственной съемки, межевания и нивелиро-

² Селиханович В. Г. Алексей Павлович Болотов, военный геодезист и педагог (очерк жизни и научно-педагогической деятельности). М.: Геодезиздат, 1958.

³ Бюллер В. Гаусс. Биографическое исследование / Под ред. С. Г. Гиндикина. М.: Наука, 1989.

⁴ Хренов. Хронология отечественной геодезии... С. 37.

вания» (1842 и 1856 гг.), перевода «Полного курса математики» Л.-Б. Франкера (1838–39 гг.) и других работ ⁵.

Примечательно неявное и продолжительное противостояние А. П. Болотова и начальника Военно-топографического депо Главного штаба Ф. Ф. Шуберта. Последний был противником внедрения в практику геодезических работ так называемой «алтиметрии», под которой в первой половине XIX в. понималось относительное определение высот земной поверхности, тогда как актуальность и необходимость этого вида измерений при всех инструментальных съемках доказывал и отстаивал А. П. Болотов.

В связи с этим отметим, что определения высот центров триангуляции впервые инициировал К. И. Теннер в 1816 г. ⁶ во время съемочных работ в пределах Западного пограничного пространства (западнее 30-го меридиана и южнее 57-й параллели). Позднее метод тригонометрического нивелирования (метод измерения зенитных расстояний) был широко использован К. И. Теннером в процессе триангуляционной съемки Виленской губернии, начавшейся в 1819 г. (по сути дела, первой систематизированной съемки на территории России). Однако преимущество теннеровских работ, заключающееся в одновременном определении не только приращения координат, но и относительных высот местности, «что составляет весьма важный элемент для орографии страны», — не было использовано Ф. Ф. Шубертом, возглавившим в 1820 г. работы по триангуляции Петербургской губернии, «не только при топографических, но даже и при произведенных им тригонометрических измерениях» ⁷. Отсутствие высотных данных в съемках Ф. Ф. Шуберта привело впоследствии к необходимости проведения дополнительных работ при приведении длины измеренных базисов к поверхности моря.

Различие в подходах к производству триангуляции у К. И. Теннера и Ф. Ф. Шуберта проявлялось также в том, что К. И. Теннер пытался производить съемки системно, постепенно продвигаясь в глубь губерний. Ф. Ф. Шуберт же вел съемки по отдельным губерниям, что привело, при окончательном сведении координат, к ошибкам в несколько сот метров.

⁵ Болотов А. П. Взгляд на современное состояние геодезических и топографических действий // Записки Русского географического общества. СПб., 1846. Кн. I.; Болотов А. П. Геодезия, или Руководство к исследованию общего вида Земли, построению карт и производству тригонометрических и топографических съемок и нивелировок. Ч. I. СПб., 1836. Ч. II. СПб., 1837; Болотов А. Курс высшей и низшей геодезии. Ч. I. СПб., 1845. Ч. II. СПб., 1849; Болотов А. О новом нивелирном инструменте Штампфера // Военный журнал, по Высочайшему Его Императорского Величества соизволению издаваемый Военно-ученым комитетом. СПб., 1848. № V; [Болотов А. П.]. Отчет Генерального штаба полковника Болотова о поездке его, по Высочайшему повелению, для обозрения геодезических и топографических работ за границу, в 1845-м году // Записки Военно-топографического депо, по Высочайшему Его Императорского Величества повелению изданные директором оного Депо, генерал-майором Тучковым. СПб., 1847. Ч. X; Болотов А. Руководство к производству хозяйственной съемки, межевания и нивелирования. СПб., 1842.

⁶ Хренов. Хронология отечественной геодезии... С. 26.

⁷ Некролог К. И. Теннера // Записки Военно-топографического депо, по Высочайшему Его Императорского Величества повелению изданные директором Военно-топографического депо, генерал-майором Блараббергом. СПб., 1862. Ч. XXIII. С. 107.

В 1826 г. К. И. Теннер подготовил и передал начальнику Главного штаба барону И. И. Дибичу, а затем Ф. Ф. Шуберту — для окончательной резолюции, которой так и не последовало, — «Мемуар о военных картах и планах» из 129 параграфов с различного рода предложениями: об изменении системы условных знаков, применяемых на картах; о внедрении в практику геодезических работ одновременного отсчитывания горизонтальных и вертикальных углов. Ф. Ф. Шуберт высказался против проекта К. И. Теннера, так как, в частности, считал «такое измерение совершенно бесполезным с военной точки зрения, потому что по высотам никто никогда не избирал еще военных позиций и не обсуждал их»⁸. Алтиметрия при геодезических съемках стала применяться лишь в 1843 г., после отставки Ф. Ф. Шуберта с поста начальника Военно-топографического депо и с назначением на эту должность П. А. Тучкова (начиная с 1843 г. пересмотру подверглись многие вопросы: в частности, были изменены масштабы съемок, что привело к существенной экономии во времени и средствах, затрачиваемых на полевые работы).

Одним из элементов противостояния А. П. Болотова и Ф. Ф. Шуберта явилось решение вопроса о выборе наиболее оптимальной картографической проекции для изображения территории России. Будучи занятым с начала 1820-х гг. организацией работ по созданию десятиверстной (1:420000) карты Западной России, Ф. Ф. Шуберт ввел в употребление проекцию Бонна (равновеликую псевдоконическую, сохраняющую длины вдоль параллелей и вдоль среднего меридиана). Эта проекция использовалась для построения большинства европейских карт, особенно после того, как была положена в основу Карты Франции на 269 листах (разработка этой карты была начата в 1818 г. и окончательно завершена лишь в 1836 г.). Ф. Ф. Шуберт также предложил свою систему координат, видоизменив систему Л. Пюиссана, которой пользовался, в частности, К. И. Теннер, «и вообще с этого времени все проекции исчислялись по формулам, данным Генералом Шубертом»⁹.

А. П. Болотов, в свою очередь, вместе с В. Я. Струве входил в основанный в 1849 г. Комитет по рассмотрению предложений по усовершенствованию способов обработки триангуляции и составления карт. Комитетом было решено использовать способ К. Ф. Гаусса для вычисления широт и долгот тригонометрических точек и азимутов сторон, а также применять для карт России проекцию Гаусса (равноугольную коническую, сохраняющую длины на среднем меридиане), «оставив проекцию Бонна только для тех случаев, когда она удобнее и выгоднее»¹⁰, так как для страны, подобной России, имеющей значительное протяжение по широте и долготе, проекция Гаусса имеет все преимущества перед проекцией Бонна (в последней по мере удаления от среднего меридиана и средней параллели искажения увеличиваются;

⁸ Мemento старым коллегам. I. Какая была цель учреждения геодезического отделения при Военной академии. II. Взгляд на современные нам способы производства топографических съемок. СПб., 1881. С. 30.

⁹ Некролог Ф. Ф. Шуберта // Записки Военно-топографического депо, по Высочайшему Его Императорского Величества повелению изданные начальником этого отдела генерал-лейтенантом Бларамбергом. СПб., 1866. Ч. XXVII. С. 5.

¹⁰ Селиханович. Алексей Павлович Болотов... С. 57.

в проекции же Гаусса, хотя масштаб карты и изменяется вместе с широтой, подобие очертаний сохраняется во всех частях карты).

Одно из крупнейших картографических произведений середины XIX в. — Карта России на 12 листах в масштабе 1:1680000, изданная Русским географическим обществом в 1862 г., — было выполнено в проекции Гаусса.

Во время командировки в Европу в 1845 г. «по Высочайшему повелению для обозрения геодезических и топографических работ»¹¹ А. П. Болотов встречался в Геттингене с К. Ф. Гауссом и впоследствии, в 1849 г., признавался, что во многом именно благодаря его влиянию пересмотрел собственные идеи: «В первой части (учебника, изданного в 1849 г. — Т. М.) помещены три отделения Высшей Геодезии, а именно: об инструментах, о действиях геодезических и о действиях астрономических. Вторая часть должна была заключать в себе последние два отделения Высшей Геодезии: о решении вопросов Высшей Геодезии и о проекциях карт, и всю Низшую Геодезию. Хотя почти вся она была изготовлена мною к печати еще до выхода в свет первой части, однако, по возвращении моем, в исходе 1845-го года, из-за границы, ... я убедился в необходимости подвергнуть ее коренной переработке. Меня побудили к тому, с одной стороны, беседы о нынешнем состоянии науки с первостепенными геометрами и геодезистами нашего времени, каковы: Гаусс, ... Шумахер, Барон Плана, Дюфур и проч., а с другой, введение во многих иностранных государствах новых методов производства съемки и нивелирования, которые отличаются большей точностью в сравнении со способами, известными у нас в России»¹².

В 1825 г. Г. Х. Шумахер познакомил мировую научную общественность с трудами К. Ф. Гаусса, опубликовав его мемуары. В 1844 г. сам К. Ф. Гаусс издает «Исследования по высшей геодезии». Однако должного распространения эти работы не получили, прежде всего из-за небольшого тиража. Существует мнение, что А. А. Тилло был первым, кто опубликовал работы К. Ф. Гаусса на русском языке (в 1866 г. вышла в свет его книга «Геодезические исследования Гаусса, Бесселя, Ганзена»). «На самом же деле русские геодезисты, да и сам Тилло, изучали эту работу Гаусса по учебнику А. П. Болотова»¹³.

Находясь в 1845 г. в Европе и имея возможность сравнивать отечественные и зарубежные достижения в области геодезии и топографии, А. П. Болотов пришел к выводу о необходимости пересмотра всей системы геодезического производства в России — как порядка проведения съемочных работ и процесса изготовления геодезических инструментов, так и особенностей картографирования территории страны. По возвращении А. П. Болотов составил подробный отчет о командировке (опубликованный в «Записках Военно-топографического депо» за 1847 г.)¹⁴, а также специальную инструкцию, в которой была предпринята попытка решить поставленные вопросы: отмечалась необходимость изменения устройства используемых в России геодезических

¹¹ [Болотов]. Отчет Генерального штаба полковника Болотова... С. 27–65.

¹² Болотов. Курс высшей и низшей геодезии. Предисловие.

¹³ Селиханович. Алексей Павлович Болотов... С. 63.

¹⁴ [Болотов]. Отчет Генерального штаба полковника Болотова...

приборов; указывался новый метод определения превышений по вертикальному углу и расстоянию; рассматривались наиболее совершенные способы вычерчивания топографических планов в ходе полевых съемок и т. д.¹⁵

А. П. Болотов тщательно отслеживал вопрос о создании новых инструментов. Ревностно относясь к иностранным нововведениям, еще не используемым в России, он подчеркивал в предисловии к «Курсу высшей и низшей геодезии»: «Глава IV, заключающая в себе описание устройства и употребления мензулы, может принести пользу не только гражданским, но и военным съемщикам, ибо в ней с большими подробностями описаны все способы производства топографической инструментальной съемки. В сей главе, между прочим, помещена подробная статья о дальномере — инструменте, мало известном у нас в России, но весьма полезном и вошедшем в Германии во всеобщее употребление». Мензульным съемкам А. П. Болотов уделял особое внимание: «Касательно же мензул, нельзя не упомянуть, что прежде они делались у нас весьма дурного устройства; но 10 лет тому назад (в 1836 г. — Т. М.), со времени появления мензулы нашего полковника Стефана, обратили внимание на усовершенствование этого инструмента; с того времени в мех. заведении Глав. Штаба и даже у некоторых вольных художников начали делаться мензулы превосходные и, можно сказать, лучшие, нежели наибольшая часть употребляемых за границею»¹⁶. Кстати, конструкция мензулы, предложенная полковником Г. Ф. Стефаном, не утратила своей актуальности даже спустя 40 лет (1876 г.) и послужила основанием для создания приборов более совершенного вида¹⁷.

А. П. Болотов был также недоволен качеством изготавливаемых в России нивелиров и, оценивая в 1848 г. иностранные образцы, признавал, что одним из наиболее удачных является нивелир Штамфера. Этому прибору была посвящена статья в «Военном журнале», в которой он, в частности, писал: «К числу замечательнейших услуг, сделанных Топографии в течение последних 25 лет, бесспорно, можно причислить изобретение года за четыре тому назад венским Профессором Штамфером нового нивелирного инструмента», основное достоинство которого состоит в том, что «с помощью двух приделанных индиксов, можно узнавать... не только число полных оборотов... винта, когда при действии им труба наклоняется вверх или вниз, но также десятые, сотые и даже тысячные доли одного оборота»¹⁸.

Что касается непосредственно съемочных работ, то А. П. Болотов считал нецелесообразным проводить их независимыми друг от друга ведомствами, тем более что, побывав в Европе, он убедился в выгоде использования разномасштабных карт для решения специфических задач различных ведомств. В Европе А. П. Болотов обратил внимание на то, что военное ведомство пользуется существующими практически повсеместно кадастровыми (или други-

¹⁵ Мементо старым коллегам. С. 31–32.

¹⁶ Болотов. Взгляд на современное состояние... С. 134.

¹⁷ Корф Н. А. Сравнительное исследование известнейших конструкций мензул, и основанный на нем вывод условий для современной мензулы. СПб., 1876.

¹⁸ Болотов. О новом нивелирном инструменте... С. 143.

ми хозяйственными) планами, уменьшая их в принятом масштабе и нанося на них рельеф, и таким образом составляет военно-топографические карты. Благодаря этому издержки значительно уменьшаются, а работа ускоряется. А. П. Болотов в 1845 г. внес предложение поступать таким же образом, тем более что в России два ведомства — Министерство государственных имуществ и Департамент уделов — ежегодно производят «с большим тщанием весьма подробные съемки несколькими сотнями работников». В 1846 г. РГО начало работу по этой программе (съемки А. И. Менде). Тем не менее в «Военном сборнике» эта мысль нашла отражение только в 1875 г.: «У нас же в то время, в которое велись и ведутся хозяйственные, межевые и лесные съемки, отдельно и независимо от них, а иногда и в той же местности военным ведомством производятся военные съемки»¹⁹. Вопрос же об объединении в России всех инструментальных работ и создании единого геодезического органа (Геодезического совета) был поставлен в Русском географическом обществе лишь в 1884 г.

Важным вопросом в деле военно-топографического производства А. П. Болотов считал усовершенствование методов обработки результатов полевых съемок и некоторое их упрощение. Подобно К. И. Теннеру в 1816 г., особое внимание А. П. Болотов обращал на определение высот в ходе инструментальных съемок, причем высот пунктов не только первого, но также второго и третьего классов²⁰. Эти предложения были приняты геодезистами и топографами более чем через 10 лет (не ранее 1856 г.), о чем свидетельствует «Краткий обзор улучшений с 1856 по 1867 год...», опубликованный в «Записках Военно-топографического депо» (в 1856–1867 гг. Военно-топографическое депо возглавлял генерал И. Ф. Бларамберг): «Главный успех деятельности вообще по всем геодезическим измерениям преимущественно зависит от упрощения и облегчения способов как измерения, так и самого исчисления, и при этом необходимо, чтобы конечные результаты достигали требуемой точности. ... Для определения высот большего числа точек в 1856 году сделано распоряжение, чтобы начальники триангуляций делали измерения не только на пунктах первого разряда, но и на всех точках второго класса, а где к тому представится возможность, то и на пунктах третьего класса, кроме того, поставлено в обязанность определять уровень воды над морем и на всех замечательных реках и озерах»²¹.

Что касается построения высотной сети, то основными методами определения высот в России еще со времен Ж. Н. Делиля оставались метод барометрического нивелирования и, со времени съемок К. И. Теннера, метод тригонометрического нивелирования. За исходный уровень принимались средние уровни различных океанов и морей, но постепенно, начиная с 1840 г., после упорядочения М. Ф. Рейнке системы отсчета высот по наблюдениям на фут-

¹⁹ Мemento старым коллегам. С. 32–33.

²⁰ Селиханович. Алексей Павлович Болотов... С. 55.

²¹ [Бларамберг И. Ф.]. Краткий обзор улучшений с 1856 по 1867 год, по геодезическим и топографическим занятиям Военно-топографического отдела Главного штаба // Записки Военно-топографического депо, по Высочайшему Его Императорского Величества повелению изданные начальником этого отдела генерал-майором Форш. СПб., 1868. Ч. XXIX.

штоках в Санкт-Петербурге, Кронштадте, Свеаборге и Ревеле, — исходным стал средний уровень Финского залива Балтийского моря по измерениям на старейшем в России Кронштадтском футштоке²². Однако эти работы лишь подготавливали почву к последующему развитию метода геометрического нивелирования. По-прежнему определение высот, отсчитываемых от надежных нуль-пунктов уровневых постов или от опорных пунктов барометрического нивелирования, принимавшихся за «абсолютные», ограничивалось только главнейшими точками инструментальной сети, отстоящими друг от друга примерно на 4, 5 и более верст²³, что не могло считаться удовлетворительным. Кроме того, используемые инструменты были далеки от совершенства, и наблюдателям вменялось в обязанность, например, самим приготавливать «подвижные поперечные волоски к алидадным диоптрам²⁴, для отсчитывания вертикальных углов по наклеенным на диоптрах же бумажным скалкам домашнего графления»²⁵. Только в 1844 г. для измерения превышения высот тригонометрическим методом начали использовать кипрегель²⁶ с вертикальным кругом²⁷.

Большое внимание А. П. Болотов уделил проблеме изображения рельефа (вычерчиванию «ситуации») на топографических картах. В России с 1819 г. была введена в употребление система И. Г. Лемана, и для отечественных топографических съемок с 20-х гг. «допускалось вычерчивание неровностей на глаз штрихами» в соответствии с его шкалой²⁸. Однако данная шкала больше подходила для картографирования территории Западной Европы, более гористой по сравнению с Европейской Россией: при пользовании этой шкалой небольшие превышения (5° – 10°) на картах почти не отображались (табл. 1).

А. П. Болотов предложил свою систему штрихов для отображения рельефа территории Европейской России (табл. 2).

А. П. Болотов изменил оцифровку лемановской шкалы, преобразовав интервал между углами наклона, и тем самым приспособил ее к достаточно низменной территории Европейской России. На практике шкала, предложенная А. П. Болотовым, практически не использовалась. В 1835 г. также отказались и от системы И. Г. Лемана (по крайней мере на военных планах) по причине излишних градаций. Было решено использовать соотношение штрихов к промежуткам между ними не в соответствии со шкалой И. Г. Лемана, а в зависимости от удобства и возможности маневрирования различных видов войск.

²² Богданов В. И., Малова Т. И. Становление отечественных систем отсчета высот от средних уровней Балтийского моря и Ладожского озера (к 200-летию со дня рождения М. Ф. Рейнеке) // Известия Русского географического общества. 2001. Т. 133. Вып. 4. С. 40–49.

²³ 1 верста = 500 сажень = 1,067 км.

²⁴ Алидада (араб.) — линейка, соосная с угломерным лимбом, предназначенная для отсчета углов. Диоптры — приспособления для визирования в геодезических инструментах.

²⁵ Мементо старым коллегам. С. 29.

²⁶ Кипрегель (нем. Kippregel) — угломерный инструмент в виде линейки с уровнем, на которой укреплен колонка со зрительной трубой и вертикальным кругом.

²⁷ Хренов. Хронология отечественной геодезии... С. 125.

²⁸ [Рыльке]. Военно-топографический отдел... С. 14–15.

Таблица 1. Соотношение штрихов и просветов между ними при отображении рельефа земной поверхности, по И. Г. Леману ²⁹

Уклоны наклона земной поверхности, град	Толщина штрихов, мм	Ширина просветов между штрихами, мм
5	0,1	0,8
10	0,2	0,7
15	0,3	0,6
20	0,4	0,5
25	0,5	0,4
30	0,6	0,3
35	0,7	0,2
40	0,8	0,1
45	0,9	0

Таблица 2. Соотношение штрихов и просветов между ними при отображении рельефа земной поверхности, по А. П. Болотову ³⁰

Уклоны наклона земной поверхности, град	Толщина штрихов, мм	Ширина просветов между штрихами, мм
от 0 до 1	0	0,9
От 1 до 2	0,1	0,8
От 2 до 4	0,2	0,7
От 4 до 7	0,3	0,6
От 7 до 11	0,4	0,5
От 11 до 16	0,5	0,4
От 16 до 23	0,6	0,3
От 23 до 32	0,7	0,2
От 32 до 45	0,8	0,1
От 45 до 900	0,9	0

В отчете 1847 г. А. П. Болотов дал описание систем изображения рельефа, принятых в европейских странах. Оно ясно свидетельствует о том, что строгого следования какой-либо единой системе отображения рельефа (в частности, шкале штрихов И. Г. Лемана) не было практически ни в одной из посещенных им стран. В Бадене горы вычерчивались штрихами, по системе, отличной от лемановской и дающей возможность отсчитывать градусы по чис-

²⁹ Об этом см.: Зондervан Г. Географическая карта, ее история, составление, воспроизведение / Под ред. Ю. Шокальского, с приложением: Воларович П. Работы по картографии России. СПб., 1909. С. 140.

³⁰ Там же. С. 142.

лу штрихов, помещающихся на протяжении одного баденского дюйма³¹. Шкала штрихов, используемая в Виртемберге, была схожа с лемановской, однако гораздо мельче. Французская шкала штрихов отличалась от лемановской тем, что в последней толщина штриха к промежутку между двумя соседними штрихами находилась в соотношении угла наклона покатости к дополнению его до 45°; во Франции же это соотношение было равно отношению синуса двойного угла к единице. «Ситуация» в Швейцарии отображалась по двум различным системам: местность холмистая — по системе Лемана; местность гористая — по французской системе, в которой присутствовало косое освещение с северо-запада. В Пьемонте (Сардинском королевстве) рельеф выражался с использованием бокового освещения (по методу Дюфура).

Идея А. П. Болотова определять расстояния дальномером и «выражать» горы на топографических планах горизонталями (изолиниями, проводимыми по высотным отметкам), к сожалению, в 1845 г. была также проигнорирована. В то время горизонталь (без высот) проводились только на позиционных планах городов, что было отголоском запрета Ф. Ф. Шуберта на производство высотных съемок. Лишь в 1870 г. для производства съемочных работ на территории Европейской России был принят способ, рекомендованный лет за 25 перед тем А. П. Болотовым (на этих началах были произведены съемки Курляндской и Бессарабской губерний, части долины реки Неман, а также Финляндии).

Почему же предложения, высказанные А. П. Болотовым, нашли отклик только в 70-х гг. XIX в.? Несомненно, это связано с господствующим положением Ф. Ф. Шуберта в 1834–1844 гг., когда он заведовал всеми геодезическими, топографическими и картографическими работами военного ведомства и центральным управлением Генерального штаба. Несмотря на огромный вклад в развитие военно-топографических работ, Ф. Ф. Шуберт все же не уделял должного внимания вопросу о проведении в России высотных съемок.

Вторая причина связана с А. П. Болотовым косвенно. Здесь прослеживается аналогия с современностью, с решением извечного вопроса о взаимоотношениях России и более развитого Запада. К началу 70-х гг. XIX в. многое изменилось в развитии топографических работ в Европе. Миниатюрные по сравнению с территорией России европейские государства, такие, как Австрия, Пруссия, Швеция, Дания, Бельгия, Франция и др., были практически полностью отсняты инструментально, положены на картографическую основу и, в большинстве своем, готовились к пересъемке. Полевые съемки в Европе к этому времени стали более необходимы в качестве практики для офицеров-топографов, в то время как в России, не принявшей в 40-х гг. западные идеи о пересмотре системы военно-топографического производства, все еще собирался обширный картографический материал, а многие территории на севере, в Сибири и на Дальнем Востоке не были отсняты вовсе. Отечественные геодезисты и топографы искали выход из сложившейся ситуации, и здесь как нельзя более кстати пришлось идеи, в свое время сформулированные А. П. Болотовым.

До конца своих дней, несмотря на близкое знакомство с достижениями зарубежных ученых в области геодезии и топографии, А. П. Болотов оставался

³¹ 1 баденский дюйм = 1,182 английского дюйма = 3,0 см.

истинным патриотом, что явствует из его статьи, опубликованной в 1846 г. в «Записках Русского географического общества»: «Не чувство пристрастия ко всему отечественному, но долг справедливости требует сказать, что Россия по огромным результатам, достигнутым ею относительно Геодезии, не только соперничает с другими государствами, но даже превосходит их во многих отношениях ... Ответ на это весьма прост: нигде правительство не заботилось об этом предмете столь ревностно и не сделало для него столь больших пожертвований. ... Главнейшее преимущество наших работ пред заграничными заключается в отличном достоинстве наблюдений как геодезических, так и астрономических»³².

В заключение хотелось бы отметить следующее. Одним из итогов научной революции XVI–XVII столетий явилось радикальное изменение представлений о Земле, о ее месте в солнечной системе и о силах, определяющих эволюцию последней. В рамках новой парадигмы зарождались и развивались качественно новые методы теоретической и инструментальной астрономии, геодезии и математической картографии. В частности, результаты знаменитых градусных измерений во Франции, Перу и Лапландии, полученные в процессе верификации ньютоново-картезианских противоречий, способствовали разработке основ теории фигуры Земли, изучению рельефа земной поверхности³³, совершенствованию методов отображения его на картах³⁴ и переходу, с середины XVIII в., к новому этапу в развитии геодезии. В связи с этим особенно важной представляется в высшей степени продуктивная творческая деятельность А. П. Болотова, предвидевшего не только потребности, но и пути развития геодезии и картографии в будущем. На его научных и учебных трудах воспитывалось не одно поколение отечественных специалистов, постепенно подготавливавших современный этап бурного развития геодезии и картографии, который включает разработку основ физической геодезии, теорию построения общеземных систем координат и опирается на глобальные и региональные исследования гравитационного поля, геоида, рельефа физической поверхности Земли и их изменений во времени, в том числе на основе наземно-спутниковых, наземно-космических систем, вековых высокоточных наблюдательных комплексов и объектов нового поколения³⁵.

³² Болотов. Взгляд на современное состояние... С. 130–131.

³³ Еремеев В. Ф., Юркина М. И. Теория высот в гравитационном поле Земли. М.: «Недра», 1972; Молоденский М. С. Внешнее гравитационное поле и фигура физической поверхности Земли // Известия АН СССР. Серия географическая и геофизическая. 1948. Т. 12. № 3. С. 193–211.

³⁴ Малова Т. И. Рельеф европейской части России на карте А. А. Тилло // Геодезия и картография. 2001. № 11. С. 56–59.

³⁵ См.: Молоденский. Внешнее гравитационное поле...; Юркина М. И. Общеземная система высот и морская поверхность // Научно-технический сборник по геодезии, аэрокосмическим съемкам и картографии. Физическая геодезия. М.: Изд-во ЦНИИГАиК, 1996. Кн. 1. С. 46–65; Boulanger, Yu. D.; Bogdanov, V. I.; Kaliazin, V. E.; Troshkov, G. A. A Description of the Sea Level and Geodynamic Complex at Shepelevo (Russia, Baltic Sea, Bay of Finland) // Sea Level Changes: Determination and Effects. Geophysical Monography 69. New York: IUGG & AGU, 1992. Vol. 11. P. 113–116; Heiskanen, W. A.; Moritz, H. Physical geodesy. San-Francisco: Freeman, 1967. XI; Vermeer, M. (Ed.). Coordinate Systems, GPS and the Geoid // Reports of the Finnish Geodetic Institute. 1995. № 4.