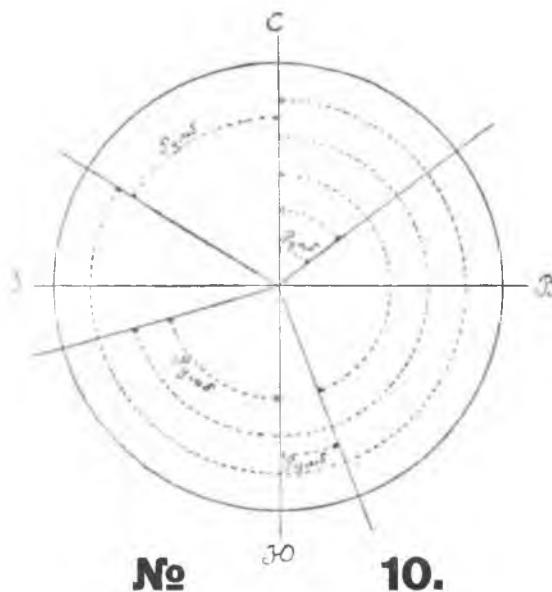


Проф. П. М. Орлов.

ЗЕМЛЕМЕРНОЕ ДЕЛО.

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ.

„Noli turbare circulos meos!“
(„Не испорть моих чертежей!“)
—последние слова АРХИМЕДА.



О г л а в л е н и е.

	Стр.
Предисловие	5
Глава I. Первобытное представление о земле	<hr/> 7
Картография у диких людей	<hr/>
Глава II. Исторический очерк изучения и измерения земли	10
Вавилоняне	<hr/>
Египтяне	11
Индусы	<hr/>
Китайцы	<hr/>
Американцы	12
Греки	<hr/>
Римляне	14
Европа с V по XII век	<hr/>
Арабы	15
Магнитная стрелка	16
Европа с XIV по XVI ст.	<hr/>
Европа с XVII по XX ст.	<hr/>
Россия	17
Глава III. Геодезия	20
Современные задачи Геодезии	<hr/>
Первый Всероссийский Геодезический съезд 1922 г.	21
Программа съезда	22
А. Астрономо-геодезический цикл	<hr/>
Б. Географо-геодезические обследования	23
С. Картографическая секция	<hr/>
Геодезические работы	24
Тригонометрическая сеть	25
Исследование океанов и морей	27
Топографические работы	28
Горизонтальная съемка	<hr/>
Измерение углов	30
Румбы	33
Азимуты	<hr/>
Измерение линий	34
Способы съемок	36
Мензульная съемка	37
Простейшие съемки	38
Фото-съемка	39
Аэрофото-съемка	40
Составление плана	41
Иллюминовка планов	43
Вычисление и деление площадей	<hr/>
Картография	<hr/>
Вертикальная съемка	45
Рельеф	47

	Стр.
Совместные съемки	47
Геодезическая литература	49
Геодезическое образование	50
Глава IV. Приложения Геодезии	51
Землеустройство	—
Культуртехнические работы и мелиорация	52
Дорожные изыскания	—
Горные разработки	53
Военное дело	54
Различные исследования	—
Городские съемки	55
Лесные съемки	—

П е р е ч е н ь ч е р т е ж е й.

№№	Стр.	№№	Стр.
1. Карта работы эскимоса	9	12. Чертеж тригонометр. сети . . .	25
2. Часть плана древнего Вавилона .	10	13. Чертежи из немецкой книги XVIII столет.	29
3. Земля по Страбону в I в. до Р. Хр.	13	14. Схематич. чертеж измерения угла	30
4. Земля по Индикоплавту VI в. по 15 Р. Хр.	—	15. Астролябия	—
5. Вселенная по Индикоплавту . . .	—	16. Теодолит	31
6. Амундсен на южном полюсе . .	17	17. Румбы и азимуты	33
7. Россия по Геродоту	18	18. Мензула	37
8. Европа по Птоломею	—	19. Снимок с аэроплана	40
9. Карта России 1562 г.	19	20. Образец плана	42
10. Карта исследованности земли . .	21	21. Нивеллир	46
11. Земной эллипсоид	24	22. Стереоскопический снимок . .	48

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Распространяясь по земле, по-вседневно пользуясь ею, люди очень рано заинтересовались ее размерами, видом, формой и стали изыскивать способы к измерению ее в целом и по отдельным участкам. Появились зачатки „землеизмерения“, „землемерия“ или „геодезии“.

Эта наука имеет огромное прошлое, в котором накоплено богатейшее собрание человеческих знаний о земле и в настоящее время имеет повсеместное распространение.

Мирная, земледельческая работа основывается в пределах определенных участков, границы, размеры, вид которых нужно знать землепользователю; война, вызывающая передвижения огромных масс войска, маневрирующих, или окопавшихся на каком нибудь фронте,— требует знания огромных пространств по поверхности земли; строительство дорог, каналов, регулирование рек, вопросы орошения безводных степей, осушения заболоченных земель, городское благоустройство всех видов, с водопроводами, канализацией, планировкой улиц и т. д.—все эти и подобные работы требуют знания местности.

Всякого рода карты, планы, чертежи позволяют нам знакомиться с поверхностью земли, изучать ее и использовать наши знания для тех или иных целей. Изучение земной поверхности, измерение ее производится по правилам, накопленным за много столетий.

Геодезия, подобно многим отраслям человеческих знаний, сложилась медленно и постепенно.

Изучение истории человеческой культуры вскрывает нам тесную

связь между разнообразными отраслями человеческих знаний. Математика, физика, философия, даже искусства развиваются, переживая иногда и эпохи упадка, характеризуя общий уровень культуры данной эпохи и данного народа. История Геодезии показывает полный параллелизм между ее достижениями, задачами и направлением в определенную эпоху математики, физики и даже философии в вопросах о строении мира и пр. Постоянный, вековечный вопрос о бытие, о вселенной наталкивает человечество на мысль о земле, ее размерах, виде.

Отсюда возникла основная геодезическая задача—узнать размеры и форму земли. Эта научная задача, поставленная еще с самой глубокой древности, разрешаясь множество раз, до настоящего дня еще не получила окончательного решения.

С другой стороны, повседневная практика ставила целый ряд мелких задач по измерению и изучению сравнительно небольших пространств земной поверхности, по разделу этих участков на более мелкие и в результате образовалась практическая Геодезия или землемерие.

Всю совокупность приложения Геодезии в разнообразных отраслях человеческой жизни и работы можно назвать „Землемерным делом“.

Цель настоящей книги показать интересующимся читателям основные задачи Геодезии, нарисовать краткую историю этой науки и нарисовать картину современного ее состояния и применения в жизни.

1. III 23. Москва,
П.-Разумовское Проф. *П. М. Орлов.*
С.-Х. Академия.

ГЛАВА I.

ПЕРВОБЫТНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О ЗЕМЛЕ.

Картография у диких людей.

Во многих старых сказаниях, былинках можно встретить указания на то, как в далекие от нас годы люди думали о земле, о вселенной.

Для современного читателя иные представления древних народов иногда кажутся наивными, неверными и способны подчас вызвать пренебрежительное к себе отношение.

Действительно, между знаниями древних народов о земле и нашими знаниями есть огромное различие, так как наши знания уже с трудом поддаются изучению в полном объеме, а знания древних можно исчислить в скромном перечне. Такое соотношение, при поверхностном изучении дела, может внушить мысль о бесполезности исторических изысканий. Изучая историю, с высоты современных достижений, мы всегда склонны преуменьшать заслуги наших предков и забываем, что большую часть наших знаний мы получили по наследству от них.

Внимательное изучение истории показывает величайшие устремления древних жителей земли, упорную работу в достижении намеченных целей, страдания, жертвы и даже гибель отдельных лиц во благо науки.

Бережно перелистывая страницы истории можно видеть, как собирались знания, как они развивались и преумножались. Конечно, трудно

восстановить обстановку, приемы научной работы древних, окруженных подчас дикой природой, среди тревог необеспеченной жизни, но сохранившиеся документы, изучение общей истории позволяют делать соответствующие выводы.

Большим подспорьем в этом деле может также оказаться изучение нравов, привычек и психологии современных нам диких, некультурных народов.

Можно предполагать, что современные первобытные народы имеют много общего с древними первобытными-же народами и, изучая жизнь первых,—делать выводы о последних.

В различных музеях Западной Европы и России имеются карты современных первобытных народов. Так, в Лейпцигском Grassi-Museum помещаются три карты с Маршальских островов; в Стокгольме—карты также с Маршальских островов и из Гренландии; ряд карт имеется в Берлине и, наконец, в России такие карты—самоедов, тунгусов, якутов, эскимосов, гиляков—имеются в Академии наук.

Интерес этих карт заключается в том, что они составлены либо совершенно некультурными людьми, либо очень мало культурными и, во всяком случае, без применения каких либо точных приемов. Такие карты, конечно, не верны в математическом смысле, но они, тем не

менее, дают представление о местности, представляемой ими.

Мало того, эти карты иногда содержат большие подробности, выражаемые зачастую очень наглядно. Чтобы составить какую-либо карту, нужно произвести измерения. Измерения можно производить разными способами. Первобытные народы свои карты составляют и составляли самыми первобытными способами.

Обычно, измерения земных пространств составляются из измерений расстояний и направлений этих расстояний. Для первобытных людей направление определяется солнцем, звездами, ветрами, деревьями и другими отдельными земными предметами. Дикие народы всю свою жизнь проводят на просторе, постоянно передвигаясь с места на место.

Эти передвижения по морю, тундре, лесам невольно заставляют некультурного человека внимательно следить за разнообразными приметами, изучая дорогу вперед и запоминая обратный путь.

Таким образом, направление какого-либо пути связывается с небесными или земными приметами.

Длина пути измеряется временем, которое затрачивается на его прохождение. Так, в древнее время и теперь путь корабля определялся и определяется скоростью его хода; по скорости бега оленя и собак северные инородцы измеряют длину своей дороги, а в песках пустыни для той же цели служит шаг верблюда или лошади. Постоянная практика в таких наблюдениях вырабатывает способность и привычку, которые позволяют первобытному человеку познавать местность.

Известны случаи из сообщений путешественников, насколько существенной оказывалась для них помощь диких проводников в тех случаях, когда нельзя было располагать ни картами, ни инструментальными наблюдениями.

Не ограничиваясь крупными естественными приметами, человек по-

степенно замечает на своих путях мелкие приметы в виде следов, особенностей в растительном покрове и делает свои заметки: зарубки на деревьях, кучи камней и пр. Так изо дня в день, из поколения в поколение накапливаются географические познания, закрепляются наими и изображаются, правда, в редких случаях, на картах.

Географические названия даются, обычно, народом, долго живущим в данной местности, и эти названия потом долго сохраняются, даже после исчезновения самого народа, воспринимаясь его приемниками. По географическим названиям можно судить о постепенном заселении земли, о передвижке населения, о постепенном распространении того или иного племени.

Так, у нас в России финские названия перемешиваются с татарскими, скифскими, сарматскими, литовскими и славянскими. Обычно, главные реки получают название на языке первопоселенцев, а притоки — от последующих народов. Реки и моря, как наипростейшие пути сообщения, прежде всего привлекают внимание первобытных народов, давая им уроки наглядной географии. От рек, по их притокам, через волоки, пробирались наши далекие предки в бассейны других, неведомых рек и постепенно распространялись по лицу земли, приобретая все большие и большие познания о земле.

Время от времени появлялась потребность запечатлеть свои знания какимнибудь способом. В настоящее время наблюдается у дикарей уменье передавать в случае надобности своим родным, друзьям или просто по делу известие о пути, по которому следует их разыскивать.

Известны такие примитивные карты — письма на бересте, глиняных дощечках, палках и т. д.

Письменность постепенно выработалась из рисунка и в наше время мы наблюдаем у дикарей письмо в своем первобытном состоянии — в рисунках.

Карты древних народов и современных первобытных очень часто сопровождались и сопровождаются для большей ясности рисунками. Зачастую, при описании путешествий многие авторы приводят копии с фотографических снимков, сделанных ими с карт диких, нарисованных даже на снегу или на песке— по просьбе путешественников, нуждавшихся в топографических разъяснениях.

Б. Ф. Адлер, в своей книге „Карты первобытных народов“, располагает 113 картами некультурных народов.



Черт. 1.

По словам Адлера, многие путешественники очень высоко ценят искусство эскимосов в изготовлении карт.

Для наглядности приведем копию с одной из таких карт.

Эта карта нарисована эскимосом Нуктаном в Северной Гренландии в 1899 г. для D-г'a Krober'a при его путешествиях и изображает достаточно верно залив Смита.

Зачерненные места обозначают олую, черную землю, непокрытую

льдами; крайняя сплошная линия дает берег моря; сплошные линии внутри—санный путь.

Этого образчика достаточно вполне для того, чтобы можно было увериться в способностях первобытных людей вычерчивать довольно верные карты.

Здесь ясно выявляется чутье пространства и даже масштаба.

Это чутье, очевидно, и позволило древним людям наметить приступ к картографическим работам в древности. В разных частях Европы, Сибири, Америки исследователи старины находили и описывали разнообразные древние рисунки на скалах, в пещерах и даже на костях животных.

Эти рисунки внимательно изучались и некоторые ученые склонны находить в них первобытные изображения части земной поверхности.

Легко представить себе, что и у древних народов была необходи-

мость запоминать топографию при передвижениях, взаимных сношениях и пр.; эта необходимость естественно приводила к мысли о выявлении, о закреплении этих знаний, что и могло проявляться, вместе с первыми попытками в искусстве, в виде изображений на камнях.

Наблюдения над современными дикими народами Азии, Африки, Австралии, Америки дают уверенность предполагать, что и у древних народов было знание местности и

должно было быть уменье и желанье это знание, в случае надобности, графически выявлять.

Впрочем, подобные знания конечно были очень ограничены скромными границами передвижений первобытного человека. Было знание ближайших подробностей, но не было знаний о всей земле и, благодаря этому, древнему человеку не под силу было создать себе правильное представление о земле.

Повседневный опыт показывал человеку недостаточность его знаний, постоянно наталкивая его на новые вопросы, на которые у природы нельзя было быстро вырвать ответы.

Постоянная необеспеченность в существовании, постоянная тревога среди опасностей, не позволяли отвлекаться надолго в область умственных изысканий.

Первобытному человеку приходилось наско로, без особой критики, создавать себе представление о системе мироздания, о земле.

Разные народы по-разному разрешали эти задачи и потом упорно держались за свои выводы, перенося

их и в область религии. У всех народов земля всегда помещалась в центре мироздания; у многих народов главные города олицетворяли центр земли; размеров земли и ее формы слабый ум первобытных не охватывал, создавая самые фантастические картины ее положения в небесном пространстве.

Одни народы верили в то, что земля плавает в океане; другие утверждали, что земля стоит на китах или на слонах, даже на черепахах и т. д.

Прошли века и беспокойный ум человека, разыскивая истину, постепенно развиваясь, накапливая знания, освободился от первобытных заблуждений. Медленным, упорным трудом добывает человек свои знания. Медленно, но упорно человек на протяжении тысячелетий изучал свою родину-землю. То, что мы теперь знаем о ней, есть результат тысячелетних исканий.

История изучения человеком земли—поучительная история и ее стоит знать каждому образованному человеку.

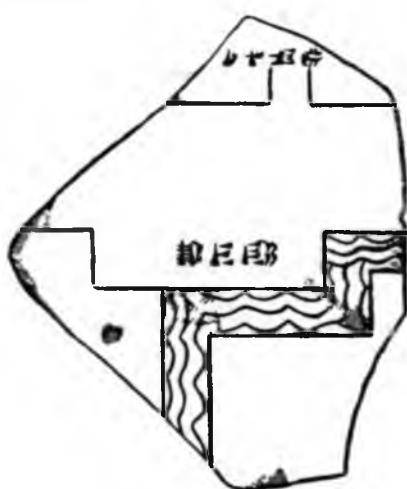
ГЛАВА II.

Исторический очерк изучения и измерения земли.

„Общую прежде как солнечный свет и как воздух Землю мерщик длинным шестом измерял осторожный“. (Овидий*, „Метаморфозы“).

Вавилоняне.

У римлян две тысячи лет тому назад специальные землемеры измеряли землю; в Библии есть указания на измерение земли Ханаанской по приказанию Иисуса Навина; в истории Вавилона, Китая, ацтеков в Южной Америке, Египта можно найти указания на землемерные работы. Очень древние образцы таких работ дает нам Вавилон.



Черт. 2.

* Овидий—римский писатель, родился в 43 г. до Рожд. Христ., умер в 17 г. после Р. Х.

На этом чертеже (обломке камня) видна часть гор. Вавилона, с надписями частей города и рекою.

Археологи указывают на многие материалы, сохранившиеся от времен Вавилона, по которым можно судить об общем развитии вавилонян в вопросах Астрономии и Геодезии.

Египтяне.

Египет еще древнее Вавилона по своей культуре.

Исторические изыскания в области Нила и Евфрата дают поразительные открытия, свидетельствующие о древности культуры; так, установлено, что историю Египта можно исчислять с 4241 г. до Р. Хр. и в то же время, по документам, относящимся к этой эпохе, историк проф. Виппер говорит:

„Можно утверждать также, что в обеих странах существовала высокая *умственная культура*. В самом деле, большие работы по урегулированию наводнений предполагают развитие инженерного искусства. Ежегодно приходилось производить новое точное размежевание земельных участков, границы которых уничтожаются всякий раз наводнением, а для такого межевания нужен был значительный теоретический навык в области геометрии или геодезии“. Таким образом, современная наука категорически высказывается за то, что геометрия и геодезия (землемерия) получили свое начало в глубокой древности у египтян и в Вавилоне.

Того же мнения придерживались и древние писатели, из коих *Геродот*, греческий историк, живший от 484 года до 412 г. до Р. Хр. писал об этом так:

„Мне рассказывали, что царь Сезострис разделил египтскую землю между своими подданными и каждому из них дал равные участки в виде квадратов, обязав их платить ежегодно известную подать. Но если воды Нила размывали и отрывали прибрежные полосы, то пострадавшие владельцы являлись к Сезострису и доносили ему о случившемся.

Тогда лица, посланные царем, должны были вымерить и определить насколько стало меньше земли у каждого из владельцев, дабы взыскивать с них подати соразмерно оставшимся частям.

Я думаю, что геометрия или, собственно, *землемерие*, образовалось именно таким путем и затем уже было перенесено в Грецию“.

Вообще, многие древние писатели старались среди тумана древней истории разгадать загадку о происхождении наук, искусств и часто останавливались не на фактах, а даже на мифах. Так греческий филосов *Сократ* писал:

„Я слышал, что в египетском Навкрате был один из древних богов, которому посвящена птица—Ибис, между тем как сам бог назывался Тот; и что этот бог первый изобрел учение о числах и искусство счисления, а также *геометрию* и астрономию.“

Наконец, еврейский историк Иосиф Флавий, передавая отрывок из „Истории Вавилонии и Халдеи“ жреца Бероса (третий век до Р. Хр.) сообщает следующий миф, что из моря выходили какие то существа, которые и учили людей „письму и наукам и различным искусствам, и построению городов, и законодательству, и земледелию, и храмозданию и землемерию“.

Индусы.

Древние индусы также пытались освоить вид земли и выработали себе представление о ней, сходное с мировоззрением вавилонян, по которому земля имеет вид диска, плавающего в море, окруженного семью островами и т. д.

И ими делались попытки начертить контуры земли, дать им выражение в чертежах, картах.

Китайцы.

Китайцы издревле были превосходными рисовальщиками и любителями географии.

В древне китайской литературе насчитывают до 18.000 сочинений, касающихся географических вопросов. Однако, основным недостатком китайских работ в этой области является отсутствие математических и астрономических знаний, что лишает их работы всякой точности.

Только в дальнейшем, при помощи европейцев, китайцы усовершенствовали свои карты.

Американцы.

Древние американцы (мексиканцы, инки) достигли высокого совершенства в своих картографических работах.

До нас дошло несколько карт, по которым и можно судить о достижениях американцев. Эти карты содержали сведения о границах государств, городах, реках, горах и даже давали сведения о качествах земли, урожайности ее и пр.

С нашествием европейцев погибла древняя американская культура, достигавшая высокого уровня, и вместе с тем погибло и их землемерное и картографическое дело.

Греки.

После Египта первенство в науке перешло к Греции и, изучая дальнейшую историю Геометрии и Геодезии, мы должны ознакомиться с работами греков.

Геометрия--научная основа геодезии и землемерия, и греки первые люди, которые землемерие вывели на научную дорогу, разив и усовершенствовав геометрию.

Знаменитый *Эвклид*, родившийся в 285 г. до Р.Хр., написал пятнадцать книг—энциклопедию математических наук его времени, которые впоследствии были переведены почти на все языки мира.

Фалес из Милета (639—548 до Р.Х.) дал ученика *Анаксимандра* Милетского, додумавшегося до шарообразного вида земли, составившего первую географическую научную карту и небесный глобус.

Эту картину исправил в 500 г. до Р. Хр. *Гекатэй* на медной доске. Другим знаменитым геометром и геодезистом был грек *Эратосфен*, живший около 200 года до Р.Хр., и первый из людей измеривший и определивший размеры земного шара. В это же время жил *Герон*, упражнявшийся в практической геометрии-землемерии и написавший по этому вопросу первую книгу под названиеи *„Диоптрика“*. В этом первом учебнике геодезии даются правила, решающие многие вопросы землемерного дела:

- 1) измерить поле, не входя в него;
- 2) разделить поле на известные части прямыми линиями;
- 3) начертить очертание берега;
- 4) узнать высоту неприступной точки;
- 5) измерить ширину реки, которую нельзя перейти, и т. д.

Читая эту книгу, удивляешься не тому, сколько и что знали греки две с половиной тысяч лет назад, а тому—как, сравнительно, за это время мы мало продвинулись в основных вопросах.

Ведь и сейчас такие-же задачи геодезии мы решаем примерно теми же приемами.

При геодезических работах применяются различные инструменты. *Фалес* первым применил окружность для измерения углов; *Герон*, употребляя диоптры, какие и поныне иногда употребляются при съемках; *Эратосфен*, для определения размеров земли, измеряя дугу меридиана, дал метод, применяемый и в наши дни и основанный на определении при помощи астрономических наблюдений разности широт двух точек на одном и том же меридиане.

Для обработки геодезических—землеизмерительных измерений необходимо производить соответствующие вычисления.

Эти вычисления требовали от греков хорошего знания геометрии, астрономии и арифметики. Геометрию в классическом, образцовом виде дал древним *Эвклид*, над ариф-

метикой много работал *Пифагор* (580—500 г. до Р. Хр.), а в астрономии знаменит был *Птоломей*, живший уже во втором столетии после Р. Хр.

У *Птоломея* впервые упоминается тригонометрическая функция *Sinus*; первое же сочинение по *тригонометрии* написано *Менелаем* из Александрии в первом столетии по Р. Хр. Нельзя обойти молчанием *Архимеда*, знаменитого математика, механика, жившего от 287 до 212 г. до Р. Хр., делавшего попытки вычислить размеры земли, луны и солнца.

Диофанта из Александрии, жившего в четвертом столетии после Р. Хр., обычно считают родоначальником *Алгебры*, столь нужной при решении математических и геодезических задач.

этих наук поднялась на большую высоту.

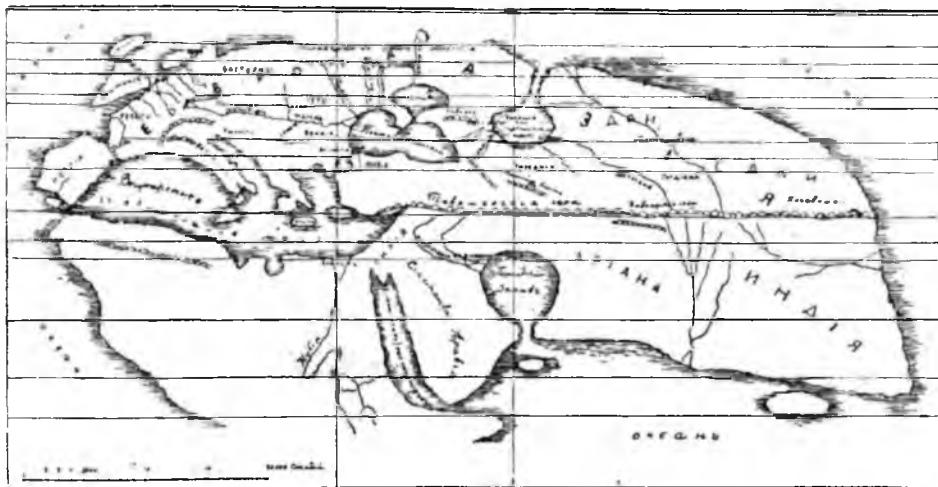
Кончается греческая культура и мы наблюдаем упадок во всех отраслях человеческих знаний.

Нашествие арабов на Египет, уничтожение пожаром знаменитой Александрийской библиотеки 11 февраля 641 г., библиотеки содержащей свыше 400.000 сочинений—вот внешние причины этого упадка.

Научная жизнь сразу упала, замерла, чтобы воспрянуть только через многие сотни лет.

Греки выполнили блестящее свою мировую роль и оставили после себя богатейшее наследство; их труды частью погибли совершенно, а частью сохранились для потомков.

Впоследствии европейцы стали знакомиться с ними, изучать их и



Черт. 3.

Этого краткого перечня ученых греков и их трудов, не считая Платона, Аристотеля и многих других, потрудившихся для науки, достаточно, чтобы показать какой сдвиг получила человеческая мысль в области землеизмерения в расцвет греческой культуры.

Здесь уместно будет указать на теснейшую связь между различными отраслями науки, искусства и общей культуры человечества. Геодезия не могла развиваться без математики, астрономии, физики и с развитием

только с XVII столетия мы наблюдаем пробуждение научной мысли в Европе.

В области географии труды астронома *Гиппарха* (180—125 до Р. Хр.) и Клавдия *Птоломея* (87—150 по Р. Хр.) долгое время были драгоценными источниками географических познаний. Птоломей в своем труде „География“ дал впервые список 8000 географических названий и 400 точек, широта которых была определена астрономически.

Эта работа, как работа вообще

греков того периода, не есть работа диких, не культурных народов, без научной основы, с вымыслами и га-даньем. Нет, греки желали знать 'истину о земле, добивались этого настойчиво и последовательно.

Чтобы дать наглядное изображение их представления о земле, приведем на черт. З карту старого мира по *Страбону*, родившемуся в 63 г. до Р. Хр.

Эта карта изображает всю поверхность земли, известную грекам, т. е., половину земного шара без Америки, которая была открыта Колумбом 12 окт. 1492 г.

Римляне.

После греков мировое владычество и значение перешло к римлянам.

Завоевав Грецию за сто лет до Р. Хр., римляне разорили ее, ограбив все богатства, но совершенно пренебрегли греческими науками. Науки стали приходить в упадок. Многие ученые греки переехали в Рим и впервые ознакомили Западную Европу со своими достижениями.

Римляне, постоянно занятые внешними и внутренними войнами, не имели никакой склонности к наукам и не поддерживали их.

Геометрия, арифметика и астрономия постепенно забывались, хотя римлянам приходилось совершать большие походы по новым землям, делить ее на участки для распределения между населением. Эти работы выполнялись специалистами: *Mensores* — мерщики, *Mensores agrarios* — землемеры и т. д., должности которых считались почетными, но замещались людьми, имеющими очень плохую математическую подготовку.

Они обмеряли земли, устанавливали границы, снимали дороги, города, крепости, делили землю и поэтому считались высококо-учеными людьми и могли получать звание *профессоров*.

Однако, про эти работы можно сказать, что главный смысл их заключался в формальной стороне дела, в юридическом закреплении фактов, и основывались на очень шатких математических познаниях. Известны указы императора Августа, Цезаря о собирании картографического материала, о съемках всей империи, но выполнение этих больших задач не носило научного характера.

Римские карты мира не были сплошными картами, построенными по выработанным ранее Гиппархом или Птоломеем приемам, а составлялись в виде длинных и узких маршрутных полос, на которых без масштаба наносился только материал, интересный для определенных целей.

Одна из таких карт под названием *Labula Peutingeriana*, составленная к IV столетию по Р. Хр., сохранилась с копии XIII века на двенадцати листах пергамента, общей длиной в 6,82 метра.

В конечном итоге можно сказать, что римляне, по сравнению с греками, быстро пошли назад.

Европа с V по XII век.

Нашествие северных варваров около 400 г. до Р. Хр. разрушило римскую империю, римскую культуру.

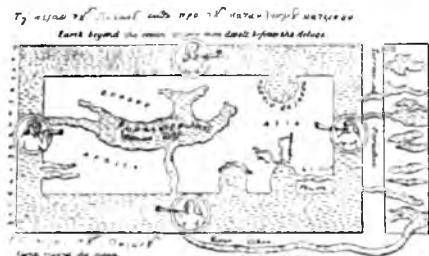
Наступили в Европе мрачные годы оскудения человеческой мысли; науки и искусства стали забываться и ушли как бы в подполье.

Книги уничтожались пожарами во время войн, валялись в подвалах или на чердаках, постепенно разрушаясь от сырости.

До 1300 года картографическое дело и искусство землеизмерения, хотя и продолжалось и даже несколько развивалось в Европе, но очень неравномерно и какими-то скрытыми от нас путями. На протяжении этих веков можно отметить появление времени-от-времени кое-каких географических карт и попы-

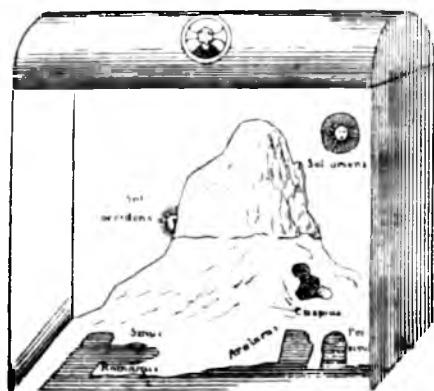
ток к изображению земли и вселенной.

На этом чертеже 4 из книги 535 г. по Р. Хр. Кузьмы Индикоплавта, побывавшего в Индии и описавшего



Черт. 4.

всю современную землю, есть еще кое-что правдоподобное, но уже другой черт. 5. дающий представление о вселенной, указывает на полную фантастичность этих представлений со стеклянным сводом, двумя солнцами, горой на полюсе и т. д.



Черт. 5.

Сюда же надо отнести заботы императора Феодосия Великого, сохранившего в копиях творения Птоломея (около 390 г.); Карл Великий († 814 г.) приказал составить карту своих владений на серебряных досках, уничтоженных после его смерти. После этого картография окончательно на долгие годы пришла в упадок и стали вычерчиваться карты мира круглые, с Иерусалимом в центре, четырехугольной формы и т. д., с обязательным указанием на

апокалиптические народы Гоги и Магог, рай и пр. За это время было утеряно умение научно составлять карты и умение точно определять взаимное расположение различных точек на земле.

Но одновременно у человечества постепенно накаплялся богатейший географический материал, так как Европа стало заселяться, появилось много новых городов и стало развиваться мореплавание. Надо предполагать, что этот географический материал время-от-времени собирался, объединялся, во всяком случае увеличивался, и только отсутствие общего образования не позволяло его обрабатывать с надлежащую точностью.

Что это было так, можно думать потому, что в XIV столетии как-то внезапно появились новые карты, совершенно отличные от карт предшествующего тысячелетия.

Арабы.

Если, однако, европейцы приостановили на целое тысячелетие свою научную работу, то взамен их следует отметить новый народ, выступивший на историческую сцену—арабов.

Арабы, увлекаемые новой религией—исламом, очень быстро подчинили себе огромную часть земли: Армению, Туркестан, Кавказ, Сирию. Месопотамия, Персия, Египет, Северная Африка и Испания были покорены втечении VII века, причем арабы ознакомились со всею древнею культурою египтян, греков, персов и испанцев.

Обширность владений, сложность управления ими заставили арабов заняться географией, астрономией и другими науками.

Учителями их явились завоеванные народы, а также индусы, с которыми шли оживленные торговые сношения.

Арабы переводили на свой язык Эвклида, Птоломея и труды других учёных прежних лет.

Кроме того, арабы сами много работали для науки и история сохранила их имена.

Араба *Махомета бен Альхваризма* называют создателем алгебры (VIII век); *Абу-Бакр* (XII век) издал список научных работ его предшественников. *Ибн Хаукал*, *Идриси*, *Абульфеди* и др. составляли географические карты.

Через арабов европейцы вновь начали знакомиться с греческой наукой, сначала переводя с арабского, а потом разыскивая греческие оригиналы.

Однако, если арабы и были хорошими математиками, они не могли дать более точные, по сравнению с Птоломеем, географические карты.

Магнитная стрелка.

С 1099 года по 1291 происходили крестовые походы, во время которых все европейские народы ознакомились с востоком и его культурой.

Около этого же времени европейцы через арабов, повидимому от китайцев, познакомились с *магнитной стрелкой*—прибором, который и至今 играет очень большую роль в деле землеизмерения.

Основным недостатком всех предшествующих карт и съемок было то, что кроме астрономических способов определений направлений меридiana, более простых не было. Поэтому в древних картах было много ошибок в широтах и направлениях.

При помощи магнитной стрелки получилась возможность лучше связывать между собой соседние точки, взаимно проверять их.

Европа с XIV—XVI ст.

Примерно к 1300 г. у европейцев, после крестовых походов, накопился богатый морской опыт; старые птоломеевские карты стали проверять, исправлять и дополнять.

Этим делом по приемуществу занималась Венеция и многие приморские итальянские города, позднее Испания, Нидерландия, Германия и Швейцария.

В 1492 г. Колумбом была открыта Америка.

Это обстоятельство разрешило вопрос о виде земли, призванного за шарообразный, и вместе с тем возводило во всей Европе огромный интерес к картографии и вообще к землеизмерению.

К концу XVI столетия в Германии широко распространился вид съемки при помощи компаса, мерного шнура и квадранта. По мере того, как увеличивался интерес к делу изображения больших пространств земли на бумаге, все выпуклее становились искажения от шарообразности земли.

Начинали сознавать необходимость изображать землю в какой-либо проекции. Появились—карографические проекции меридианов и параллелей.

Самым знаменитым картографом этого времени был *Меркатор* (умер в 1594 г.).

Европа с XVII—XX ст.

Около 1600 года была изобретена зрительная труба, пружинные часы, особый прием съемок—тригонометрическая сеть, мензула, усовершенствовались астрономические наблюдения, разработана новая отрасль математики—аналитическая геометрия, сформировалась тригонометрия, были изобретены логарифмы—все это позволило поставить съемочное дело на научную почву.

Отсюда начинается новая эпоха в геодезии, эпоха общего и детального измерения и исследования земной поверхности. За истекшие три столетия в этом направлении сделано больше, чем за все существование человечества.

В 1550 г. *Иоаким Рэтникус* издал первое руководство по практической геодезии, с описанием компаса и мерного шнура.

Нидерланец *Снейлиус* произвел первое градусное измерение при помощи *триангуляции* в 1616 г. После этого, новый прием измерения больших пространств (*триангуля-*

цию) стали применять в Германии, Англии и Франции.

Во Франции произведены были обширные работы по измерению дуги меридиана: *Пикар* в 1669 г., *Кассини* и *Лаир* в 1683 г., *Бунье* и *Лакондамин* в Перу в 1735—1744 г., *Монертюм* и *Клеро* в 1736 г.

В 1792—1798 гг. *Мешеном* и *Деламбром* произведена историческая работа, в результате которой получилась новая международная мера *метр*, равная *одной десятимиллионной части четверти меридиана*.

В XIX столетии немцы, англичане, русские соперничали между собой в производстве грандиозных градусных измерений.

С 1730 по 1780 г. была произведена *первая сплошная топографическая съемка* Франции.

С начала XVIII века стали интересоваться рельефом земли, и постепенно поверхность земли стала подвергаться *нивелированию*—вертикальной съемке.

К XX столетию все культурные страны имели уже точные топографические (с рельефом) карты.

Вид и размеры всей земли определялись много раз, и еще в XVII столетии выяснили, что земля не имеет вид правильного шара, а сплюснута у полюсов.

После этого стали считать, что земля есть не шар, а *эллипсоид* вращения. Дальнейшие измерения показали, что земля не имеет точной геометрической формы, шара или эллипса, и настолько своеобразна, что ее форма названа *геоидом*.

Этот геоид не имеет математического выражения и требует выяснения во всех деталях.

Таким образом, казалось, что к началу XX в. мы близки к разрешению основной задачи геодезии: точно определить вид и размеры земли; но успехи измерений привели к неожиданным результатам: чтобы узнать вид земли—нужно детально ее измерить во всех частях и в этом состоит дальнейшая задача геодезии. За эти три столетия необычайно

увеличились путешествия с целью исследования неизвестных земель. Очень много экспедиций было снаряжено в Сибирь, центральную Азию, Африку, Австралию, Америку и, наконец, в северную и южную полярные области.

Многие из этих экспедиций кончались гибелю исследователей, но это не останавливало других.



Черт. 6. Амундсен на южном полюсе.

6 Апр. 1909 г. американец *Роберт Пир* достиг *Северного полюса*, а 14 дек. 1911 г. норвежец *Роальд Амундсен* был на *Южном полюсе*.

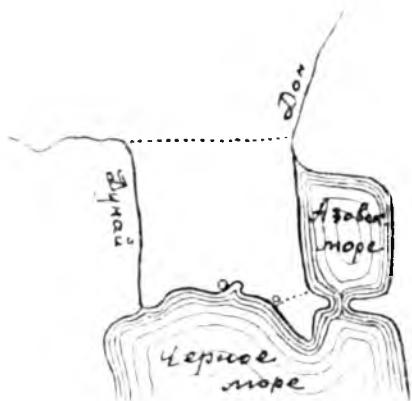
Северный магнитный полюс открыт *Джемсом Россом* в 1830 г. под $70^{\circ}5'17''$ сев. шир. и $96^{\circ}46'45''$ Зап. долг. Южный магнитный полюс определен под $72^{\circ}25'$ южн. широты и 154° вост. долготы в 1908 г. экспедицией *Шеклтона*.

Россия.

До 1700 года Россия жила обособленною жизнью от Зап. Европы, не приобщилась еще к научным завоеваниям европейцев и поэтому землемерное и картографическое дело до этого момента было у ней в первобытном состоянии. Только с XVIII столетия русские узнали математику из европейских источников и приступили к организации съемочных и картографических работ.

До этого времени постановка всего дела носила такой же характер, как в Зап. Европе до XII ст.

Отсутствие математических знаний не позволяло производство геометрических и астрономических съемок, а без этих приемов, обычно у всех народов, землемерное дело своди-



Черт. 7.

лось к описательным межевым работам, и картография ограничивалась составлением чертежей от руки по памяти.

В V столетии до Р. Хр. о России знали очень немногое.

На чертеже 7 показана Россия в представлении греков (по *Геродоту*) в V ст. до Р. Хр. Знали только

Черное и Азовское море и Крымский полуостров, Дунай и Дон.

Сюда изредка заезжали греки, а потом стали и селиться. Ко времени *Птоломея*, т. е. ко II ст. после Р. Хр., эти знания значительно расширились, что видно из чертежа 8.

В 922 г. Поволжье, тогда „Болгарию“ посетил и описал араб Ибин-Фадлан; в XI веке, в *Несторовой Летописи* подробно описываются славянские земли:

„се бо токмо словенск язык в Руси: Поляне, Деревляне, Ноугородьци, Полочане, Дреговичи, Север, Бужане зане седоша по Бугу, послеже Вельняне. А се суть инии языци, иже дань дают Руси: Чюдь, Меря, Весь си суть *свой язык имуще*“ и т. д.

В „слово о полку Игореве“ мы также найдем много географических указаний:

„Галичъски Ярослове Осмысл высоко седиши на своем златокованном столе. Подпер горы Угорския своими железными полки, затворив Дуная ворота“.

Борьба Киева со степняками заставила русских изучить степи до Дона и Крыма; торговые занятия новго-



Черт. 8.

родцев подвинули их на Волгу, Вологду, Вятку.

Все географические новости тщательно записывались любознательными летописцами и поэтому во всех летописях можно найти богатый географический материал.

Нашествие татар в 1237 г., а затем татарское иго до 1480 г. нарушило весь строй жизни русских. Князья вынуждены были ездить в далекие Ставки на поклоны к Ханам, в Сибирь за Байкал, к устью Волги, в Крым и т. д.

Московские, — впоследствии цари, и появились так называемые „писцовые описания“. Часть этих описаний сохранилась до наших дней и представляет ценный исторический материал.

В 1420 г. иеродиакон *Зосима* ездил в Царьград и Палестину и оставил описание этого путешествия; в 1438—1440 г. митрополит *Исидор* совершил путешествие во Флоренцию, которое тоже описано; наконец, около 1470 г. тверской купец Афанасий *Никитин* вернулся и оставил богатейшее опи-



Черт. 9.

Русские воины, целыми отрядами, зачислялись в полки татарские и под их именем ходили воевать на Кавказ, в Дербент, Баку, в Литву, Польшу, Москву, даже в далекий Туркестан.

С XIV века летописи с описаниями географических подробностей начали издаваться в Москве.

Татары, в целях взыскания налогов, ввели правильные переписи населения и описание земельных угодий. Эту практику впоследствии усвоили князья, в особенности

сание своего путешествия в Индию, по Волге, Каспию, через Кавказ, Персию и обратно.

С каждым годом горизонт русских расширялся и накаплялось все больше и больше географических сведений.

Постепенно в России стали появляться европейские просвещенные путешественники:

в 1245 г.—Плано *Карпини*, в 1253 г.—*Рубрук*, в 1427 г.—*Шильбернер*, *Иосафат Барбаро* в 1436 г., Амвросий *Кантарини* в 1477 г., Матвей *Мехов-*

ский в 1521 г. пишет о России; в 1525 г. составлена по этим описаниям и опросам русского посла Дм. Герасимова *первая карта России*.

В 1517—1526 г. в России жил знаменитый путешественник *Герберштейн*. Он выпустил прекрасное сочинение о России в 1549 г., с картой ее.

Затем было несколько раз в России англичанин Дженкинсон, который составил в 1562 г. карту, изображенную в копии на черт. 9. Карта эта составлена не по измерениям, а по личным наблюдениям и по русским материалам.

В 1633, 1636 и 1643 г. г. бывал в России голштинский посол *Олеарий*, первый измеривший широты нескольких русских городов.

Кроме перечисленных путешественников, еще многие другие бывали в России, описывали ее и пытались составлять карты.

Так дело шло до воцарения Петра I-го. С этого времени, т. е. примерно с 1700 г., изучение России посредством измерения стало на научную почву.

Постепенно стали производиться астрономические, геодезические и землемерные работы.

В 1745 г. закончена изданием карта всей Европейской России на 13-ти листах и Азиатской на 6 листах.

Далекая Сибирь, ее северное побережье также изучается в XVIII

столетии. С 1765 г. начато *генеральное межевание*, которое дало большой плановой и картографический материал. С 1847 г. приступлено к изданию карты на Европейскую Россию в масштабе 3 версты в дюйме на 508 листах. В 1880 г. закончено издание на 158 листах карты Европейской России 10 верст в дюйме. В 1889 г. *Тилло* закончена *топометрическая* (рельефная) карта Европейской России.

Кроме перечисленных карт за XVIII и XIX столетия издано множество карт, составленных по произведенным обширным съемочным и картографическим работам в Европейской и Азиатской России.

Эти работы стали возможны потому, что за это время русские усвоили европейское образование вообще и сравнялись с европейцами в геодезических и землемерных работах.

Появилась обширная специальная, геодезическая литература, в которой отражаются результаты произведенных работ и по которой учатся новые поколения.

Геодезия является одним отделом из обширнейших человеческих знаний, необходимых человечеству повседневно в разнообразных приложениях: для картографических работ, для землеустройства, переселения, регулирования рек, проведения дорог, осушения и орошения земель и во многих других случаях.

ГЛАВА III.

ГЕОДЕЗИЯ.

Современные задачи геодезии.

В настоящее время можно подвести некоторые итоги работ по измерению и изучению земной поверхности. Таких работ, научно поставленных, произведено много.

Были попытки подсчитать эти работы. Из отдельных авторов следует отметить Дж. Бартоломью из

Эдинбурга и Ф. Шрадера из Парижа.

Но такие работы уже не под силу одному человеку и поэтому только в 1908 г. на международном географическом конгрессе в Женеве было решено поручить это дело специальней международной комиссии. Работа эта еще не закончена.

Богатым собранием картографического и географического материала

вообще обладает „Картографическое заведение Ю. Пертеса в Готе“ (Германия).

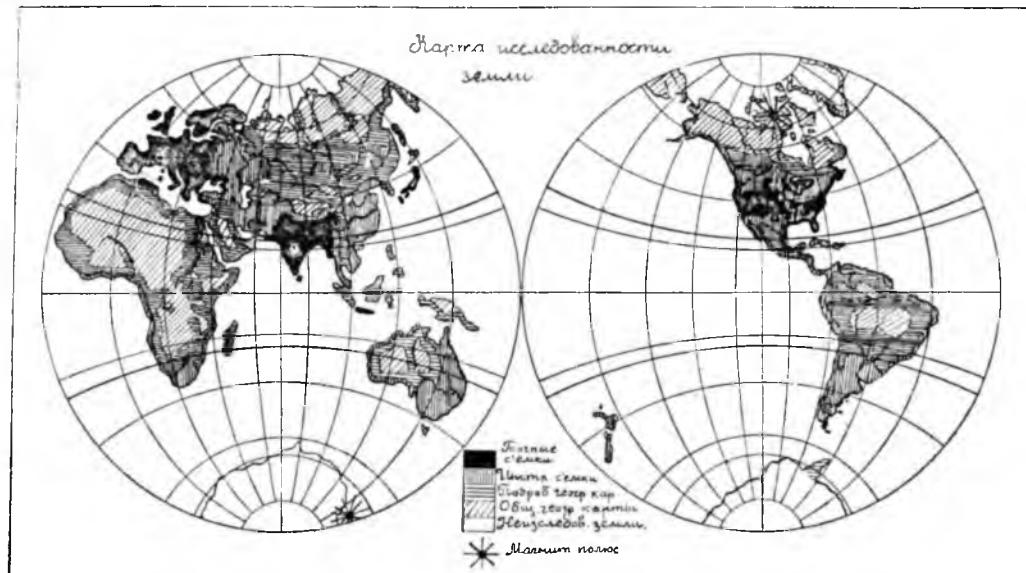
Всего поверхность суши можно считать равной 144.5 миллионам квадратных километров, а отношение ее к поверхности воды как 2:5.

На черт. 10 схематически показаны результаты обследования земной суши. Из этой карты видно, что только незначительная часть всего

определенена вида и размера земли. Работы, связанные с разрешением этой задачи, следует назвать собственно „геодезическими“.

Топографические (землемерные) работы требуют от исполнителя меньше математических знаний, меньшей точности и выполняются по правилам, собранным в отделе, над названием *Низшей Геодезии*.

„Геодезические“ работы должны



Черт. 10.

земного шара подвергнута *точной* съемке; значительно большая часть суши заснята в мелком масштабе (около 3 верст в дюйме); далее часть суши имеет географические карты только в масштабе 10—40 верст в дюйме; затем часть имеет только самые общие карты, основанные на шатких сведениях (масштаб около 100 в. в дюйме) и, наконец, часть еще не имеет никаких карт.

Эти данные показывают, что поверхность земли обследована еще в малой степени; продолжение и завершение съемки по всей земле является дальнейшей задачей геодезии.

Эти работы нужно назвать „*топографическими*“ и „*картоографическими*“. Вторая задача геодезии состоит в продолжении и окончании работ по

выполняться самыми точными инструментами и приемами; результаты их обрабатываются строгими математическими способами, основанными на высшей математике и астрономии.

Все это излагается в *Высшей Геодезии*.

Картографические работы также требуют высокого математического и геодезического образования и дают наглядное изображение достижений, полученных при помощи топографических и геодезических работ.

Первый Всероссийский Геодезический съезд 1922 г.

Этот первый съезд интересен тем, что своей программой он как бы подвел итоги всей прошлой работы

в области Геодезии и наметил план будущей работы в России. На съезде был сделан целый ряд сообщений по вопросам, перечисленным в прилагаемой ниже программе. Из программы видны те темы, которые в настоящий момент привлекают внимание геодезистов.

Намеченные съездом работы, конечно, не могут быть выполнены быстро; съезд расставил вехи, по которым будет двигаться дальше геодезическая практика.

ПРОГРАММА

1-го Всероссийского Геодезического съезда.

A. Астрономо-геодезический цикл.

Результаты деятельности и современные работы главных астрономических обсерваторий Европы и Америки.

Работы Интернациональной службы широт и современные выводы о колебаниях полюса.

Организация службы времени в Европе и России. Радио-телеграфное определение долгот. Организация и техническая часть радио-телеграфных определений долгот в экспедициях в России. Работы Российского Астрономо-Геодезического Института.

Результаты астрономических определений мест в России. Возможный план астрономических определений мест в малоисследованных областях в России; инструкции для астрономо-географических экспедиций в России.

Современные взгляды на значение градусных измерений и надлежащую их постановку; работы Международного Erdmessung. Оценка исполненных в России градусных измерений; перспективы новых работ: а) по воссозданию градусных измерений $47\frac{1}{2}^{\circ}$ и 52° параллели и меридианного в Поволжье; б) по измерению 52° параллели в Сибири. Соединение Российских триангуляций с Индийскими.

Изучение отвесных уклонений

линий из сопоставления астрономо-геодезических результатов; работы Прусского Геодезич. Института в этой области; работы и исследования в России.

Результаты работ по изучению распределения силы тяжести. Современные приборы—маятники и вариометры. Возможный план работ в России по изучению распределения силы тяжести. Определение фигуры земли по наблюдениям силы тяжести, результаты работ Гельмера и американских ученых; вопрос об изостазии. Результаты работ и современная техника полевых исполнений по первоклассным триангуляциям в Америке, Европе и колониях.

Результаты тригонометрических работ в России до 1908 г., с 1908 по 1914 г.: измерение базисов в России по способу Гильота-Едерина. Обработка полигонов в первоклассных триангуляциях.

Тригонометрические работы в России за последние годы. Возможное использование результатов прежних русских триангуляций.

Возможные планы построения первоклассной триангуляции в России.

Очередные задачи в постановке работ по триангуляциям I и II классов в России.

Работы Парижского Международного Бюро мер и весов. Работы Российской Главной Палаты мер и весов. Создание компараторов для базисного прибора Едерина в пределах Европейской России. Создание в Москве Центральной Геодезической Лаборатории.

О создании нескольких главных реперов гипсометрической сети в пределах Европейской России. О современном состоянии футштоков на Белом, Балтийском и Черном морях. Результаты точного нивелирования в Европейской России до 1914 г.; работы по точному нивелированию в России в последние годы. Принятые методы работ по точному нивелированию в Америке, Франции и Германии. Работы по изу-

чению рефракции и нивелировке. Возможный план работ по точному нивелированию в России; инструкция работ по точному нивелированию в России.

Общий очерк основных гидрографических работ в России и современное их состояние.

Общий очерк работ в России по магнитным съемкам. Изучение магнитных аномалий. Современное состояние этих вопросов в России и заграницей.

В. Географо-геодезические обследования.

Исторический очерк географических и топографических обследований Севера и Востока Евр. России, побережья Ледовитого Океана, Сибири, Туркестана и Дальнего Востока: работы Географического Общества, Горного, Морского и Военного ведомств, Геологического Комитета, Переселенческого Управления, описанных партий ведомства Путей Сообщений. Программы географического и геологического описания при обследованиях различных в естественно-историческом отношении районов; специальная подготовка топографов; состав экспедиций. Программы топографических работ и способы их выполнения; в тундровой и притундровой зоне; в таежных областях, в горных районах. Типы экспедиционного снаряжения и использование воздушного флота для транспорта. Барометрическое нивелирование при топографических обследованиях; сравнение инструкций барометрического нивелирования; выводы из уже исполненных работ. Способы и приборы для исполнения полуинструментальной и маршрутной съемки в экспедициях. Применение фототопографий и воздушной съемки для составления карт обследуемых районов. Инструкция для астрономических определений в экспедициях. Рациональное использование результатов экспедиций.

С. Картографическая секция.

I. Общий обзор Картографии.

- Значение карт в экономическом, административном, культурном и научном развитии Республики.
- Роль астрономии, геодезии, географических обследований и статистики в деле картографии.
- Обзор картосоставительства и картоиздательства и значение Корпуса Военных Топографов в периоде до 1917 г., с 1917—1920 и с 1920 г.
- Задачи Высшего Геодезического Управления.

II. Работы Корпуса Военных Топографов.

III. Работы правительственные, общественные и частных учреждений и лиц.

Картографический Отдел ВГУ; Гидрографическое Управление НКПС; НКП и Т.; НКЗ; НКПроса; НКВДел; НКФ; Академии Наук; Географического Общества; земств, городов и общественных учреждений; областных и губернских присутствий; окружей путей сообщений; горных районов, переселенческих районов; губернских чертежных; б. Ильина, Маркса, Сытина, Петри и др.

IV. Атласы и картография, как иллюстрация в учебниках, энциклопедиях, отчетах, исторических описаниях войн и пр.

V. Планы городов.

VI. Обзор состояния картографии заграницей.

VII. Архивы материалов и оригиналов карт и музея.

Современное состояние, значение их в роли картографии, желательная постановка дела. Сбор, хранение и учет. Каталоги и собранные таблицы.

VIII. Научно-технические условия составления карт.

- а) Проекции карт.
- б) Масштабы.
- в) Условные обозначения.

IX. Обзор развития картоиздательства.

В России и заграницей. Роль Корп. Воен. Топографов и Ильина. Настоящее положение и дальнейшее его развитие.

X. Научно-техническая постановка картоиздательства.

- а) Печатные продукты, материалы и бумага.
- б) Оригинальные печатные формы.
- в) Гравировальное искусство.
- г) Фотография.
- д) Цинкография, альграфия и гальванопластика.
- е) Гравюра и др. работы на камне.

XI. Подготовка личного состава.

- а) Редакторы карт, картографы, чертежники.
- б) Граверы на меди и на камне, фотографы, цинкографы, гальванопласты и пр.
- в) Переводчики, печатники, наборщики и сортировщики карт.
- г) Лаборатории, образцовые мастерские, литература (руководства и журналы).

XII. Научно-промышленное распространение карт.

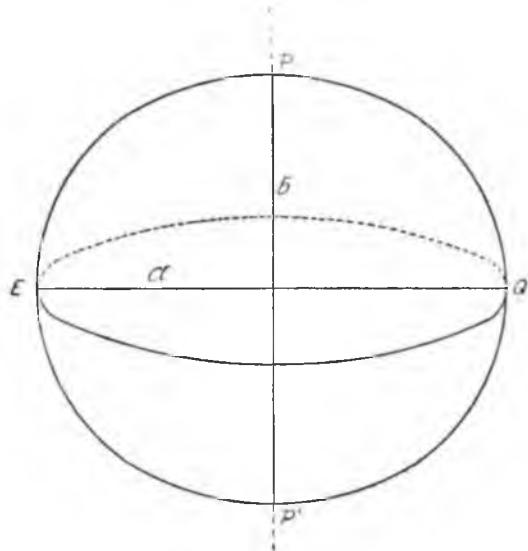
XIII. Экономика картоиздательства.

Геодезические работы. Назначение этих работ—точное измерение больших расстояний по поверхности земли. Земля имеет вид, очень близко подходящий к математическому телу—*сфераоиду*. Сфераоид есть сплющеный у полюсов шар и получается от вращения эллипса вокруг его малой оси.

На чертеже 11 схематически представлен земной сфераоид, размеры которого, по Кларку, таковы: боль-

шая полуось $a = 6.378.249$ метров, малая полуось $b = 6.356.515$ метров, Сжатие земли $\mu = \frac{a - b}{a} = \frac{1}{293.5}$.

Измеряя точно линии на поверхности земли, нужно знать, что измеряются не прямые линии и не дуги шара, а дуги эллипсоида.



Черт. 11.

Разница в длинах различных градусных дуг меридиана, в зависимости от широты, в саженях, видна из следующей таблицы (по Кларку).

Широта.	Длина дуги меридиана.	Разница.
1°	51.820.95 саж.	—
20°	51.885.84	64.89 с.
40°	52.044.76	158.92
60°	52.224.10	179.34
80°	52.339.62	115.52
90°	52.354.53	14.91

Если же землю считать за шар, то один градус меридиана равнялся бы 52.087.02 саж.

Из этой таблицы видно, что около экватора поверхность земля отстоит

далше, чем у полюса, от ея центра и земной сфераид как бы более круто изогнут у экватора, чем у полюсов.

Эти результаты вычислены на основании многих измерений.

Тригонометрическая сеть.

При больших измерениях пользуются особым способом измерений, который предложил в начале XVII в. голландский ученый Снеллиус,—*тригонометрическою сетью*.

На местности выбираются видные пункты, на которых устраивают иногда высокие сигналы (до 30 саж. высоты). Эти пункты расположаются так, чтобы между ними составлялись, по возможности, равносторонние треугольники.

На примерном чертеже 12 точек А, В, С и т. д. обозначают эти сигналы.

Между двумя сигналами, напр. А и С, измеряют очень точно линию, их соединяющую.

В настоящее время в таких измерениях достигали очень высокой точности и ошибки доведены до величин, меньших одной пятимиллионной части длины.

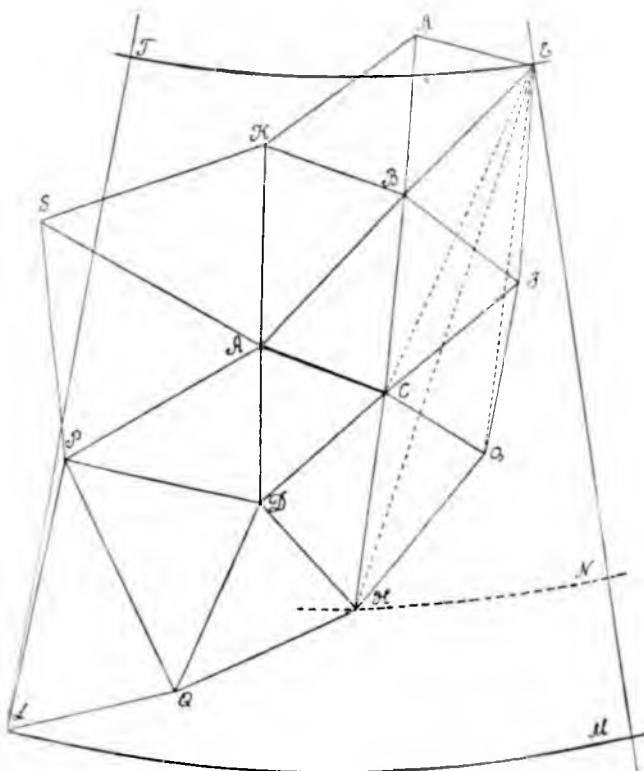
Эта основная линия называется *базисом*.

С концов базиса, из точек А и С измеряют углы на все другие видимые точки тригонометрической сети, напр. на В и Д, а потом на этих точках измеряются свои углы. Точность измерения углов достигает десятых долей секунды.

Таким образом, в треугольнике АВС будет известна сторона АС и три угла А, В и С.

По формулам тригонометрии можно по этим известным вычислить длины других сторон АВ и ВС.

Если тригонометрические пункты отстоят друг от друга не более 10 верст, то можно считать, что треугольники между ними *плоские*, а линии—прямые, без изгиба из-за кривизны земли. В таких треугольниках сумма углов должна равняться 180° и здесь следует применять формулы прямолинейной тригонометрии, по которым неизвестные стороны определяются так:



Черт. 12.

$$a = \frac{b \cdot \sin A}{\sin B}$$

$$c = \frac{b \cdot \sin C}{\sin B}$$

Если же стороны АВ, ВС и т. д. большие (иногда достигают размеров в 100, даже в 200 верст), то тогда они представляют не прямые линии, а *дуги эллипсоида* и между ними заключаются треугольники не плоские, а *сферические*.

В сферических треугольниках сумма трех углов равна

$$S = 180^{\circ} + \epsilon,$$

где ε есть некоторый избыток, *эксцесс*. Этот эксцесс зависит от величины площади треугольника так, что чем больше площадь, тем больше и эксцесс.

Эта зависимость выражается формулой:

$$\varepsilon = \frac{F}{R^2} 206265,$$

здесь R —средний радиус земли, а F —площадь тр-ка.

При площади в 49 кв. километров $\varepsilon = 0^{\circ} 279$, а при сторонах в 100 кил. $\varepsilon = 21^{\circ} 935$.

В таких случаях приходится употреблять формулы по теореме знаменитого французского математика Лежандра (1787 г.), которые приводятся здесь для образца (по Витковскому):

$$\varepsilon'' = [4] b \frac{2 \sin A \sin C}{\sin(A+C)},$$

$$\angle B = (180^{\circ} + \varepsilon) - (A + C),$$

$$a = b \operatorname{Cosec} \left(B - \frac{\varepsilon}{3} \right) \sin \left(A - \frac{\varepsilon}{3} \right),$$

$$c = b \operatorname{Cosec} \left(B - \frac{\varepsilon}{3} \right) \sin \left(C - \frac{\varepsilon}{3} \right).$$

Здесь $[4] = Lg \frac{p}{2R^2}$, а p —радиус кривизны.

Если-же известны две стороны и угол между ними, то применяются другие формулы:

$$\varepsilon'' = [4] b \cdot c \cdot \sin A,$$

$$p = c \cdot \sin \left(A - \frac{\varepsilon}{3} \right),$$

$$q = c \cdot \cos \left(A - \frac{\varepsilon}{3} \right),$$

$$\operatorname{tg} \left(C - \frac{\varepsilon}{3} \right) = \frac{p}{b-q}$$

$$a = \frac{b-q}{\cos \left(C - \frac{\varepsilon}{3} \right)}$$

$$\text{и } B = (180^{\circ} + \varepsilon) - (A + C).$$

Помощью этих формул можно вычислить все стороны треугольников и расстояние любой точки

от начальной или какой либо другой (напр. *NF* черт. 12).

Когда все стороны большой тригонометрической сети вычислены, то необходимо определить *географические координаты* каждого пункта, т. е. его широту и долготу.

Эти вычисления сводятся к разрешению задачи:

по географическим координатам начальной точки, длине линии и азимуту определить географические же координаты другой точки.

Эта задача носит название *прямой геодезической задачи*.

Здесь *азимутом* называется угол между меридианом и данною линиею, считая от севера по ходу часовой стрелки. Эта задача разрешается по формулам, из коих наиболее удобные формулы Кларка („Практическая Геодезия“ Витковского, стр. 504).

Часто встречается необходимость *узнать по географическим координатам конечных точек линии ее длину и азимут*.

Эта задача называется *обратной геодезической задачей*.

Если тригонометрическая сеть проектируется для съемки пространств, например, целой страны, то ее пункты равномерно распределяются по поверхности снимаемой местности и составляют сплошную сетку треугольников.

Если-же производятся научные работы по измерению дуги меридиана или параллели, то тогда сеть треугольников вытягивается по направлению этих линий. В России, напр., измерена таким путем „дуга меридиана между Дунаем и Ледовитым океаном“, длиною в $25^{\circ}20'$ по широте, т. е. выше 2500 верст из 258 главных треугольников.

По параллели измерена дуга от г. Орска близ Оренбурга до Ченстохова, т. е. в $63^{\circ}41'$ по долготе и всего было составлено и измерено 321 треугольник.

Все культурные страны покрыты сетью треугольников и на них построена съемка для детальных карт. В России также имеется громадное

количество треугольников, но, главным образом, на окраинах, на западе и на юге.

Работы эти очень дороги и требуют много времени и высокообразованных специалистов-геодезистов.

Главные работы произведены Военно-Топографическим Управлением, существующим с 1812 г.

С 1918 г. этим же делом занимается и Высшее Геодезическое Управление. Благодаря тригонометрическим сетям определяются с высокой точностью географические координаты целого ряда основных, опорных точек. Промежутки между точками снимаются более простыми способами, а поэтому и более дешевыми. Для определения географических координат начальных точек применяются астрономические способы.

Для такого определения наблюдаются звезды или солнце и замечается время по хронометрам.

Таким-же путем определяются географические координаты точек при путешествиях.

Точный хронометр и хороший угломерный инструмент здесь являются совершенно необходимыми.

У Фр. Нансена, во время его знаменитого путешествия, случайно остановились часы (забыли завести). Часы завели, но поставили неверно примерно на полчаса. Определяя по ним долготу, Нансен пошел неверным путем и из-за этого ему пришлось зимовать лишнюю зиму в шалаше, в сильнейших лишениях.

При помощи тригонометрической сети измеряются обычно хорошо населенные, культурные части земли или же те места, где производятся какие-либо специальные научные работы (напр. на острове Шпицбергене). В диких странах, напр. на севере Сибири, в морях, место определяется астрономически. Астрономически точки получаются менее точно, чем помощью тригонометрической сети, так как одна секунда ошибки в астрономической широте дает ошибку в пятнадцать саженей на месте.

Исследование океанов и морей.

Так как океаны и моря занимают три пятых поверхности земного шара, то без изучения их нельзя получить полной карты всей земной поверхности.

Океаны и моря изучаются с глубокой древности. В океанах открывались новые материки, острова. Затем стали исследовать глубины океанов, форму их дна, течения воды в них и т. д.

В 1521—22 г. экспедиция Магеллана впервые завершила кругосветное путешествие, доказав этим, что земля шарообразна.

После этого было совершено много экспедиций по изучению океанов Тихого, Атлантического, Индийского и Ледовитых.

Эти экспедиции дали много ценного материала по изучению земли.

Измерение глубин показало наибольшую глубину в 9.788 метра у Филиппинских островов. Самая же высокая гора Эверест в Гималаях имеет 8.840 метров. В общем средняя высота суши равна 900 метрам, а средняя глубина морей—3.700 метров.

Труды, положенные человечеством для исследования земной поверхности,—неисчислимые.

Тысячи ученых, мореплавателей, путешественников вкладывали в это дело все свои знания, всю энергию.

Многие из них обессмертили свои имена и история сохраняет их тысячелетиями.

Многие, сделав свое дело, сошли с жизненной сцены незаметно.

Иные из них совершили дела, доставившие им мировую известность и благополучно завершили круг своей жизни.

Но история дает нам бесконечно-длинный ряд имен людей, погибших в своих искаханиях. Геодезист Мешен, производивший измерения дуги меридиана для определения метра, погиб от лихорадки вблизи одной из точек тригонометрической сети в Пиренейских горах, в 1804 г.; рус-

ский топограф, *Прончищев*, из экспедиции *Беринга*, обследуя берега Ледовитого океана, погиб с женой от цынги у устья р. Оленека в 1735 г.; их могилу посетил в 1893 г. барон *Толь*, сам погибший в 1902 г. там-же на севере; в 1845 г. погиб с двумя кораблями знаменитый ученый *Франклин* у северных берегов Северной Америки; заканчивая свое первое кругосветное путешествие *Макеллан* в 1521 г. был убит на Филиппинских островах.

Топографические работы.

Топографические работы имеют самый разнообразный характер.

Главные задачи этих работ—в съемке данного участка, для изображения его на *плане* или на *карте*, и в выяснении *рельефа* этого участка.

Если съемка производится без выяснения рельефа, то такая съемка называется *горизонтальной*; если производится съемка одного рельефа, то такая работа называется *вертикальной съемкой* или *нивелированием*; съемка одновременно горизонтальная и вертикальная называется *совместной*.

Горизонтальная съемка.

При помощи топографических приемов, в случае больших работ, заполняются промежутки между пунктами тригонометрической сети и, таким образом, постепенно вырисовываются все подробности местности.

Так, можно себе представить целую страну, по которой установлены пункты тригонометрической сети.

Все эти пункты измерены и вычислены их географические координаты. По правилам картографии пункты наносятся на бумагу и получается основа будущей карты страны.

Но пока еще на бумаге нет никаких подробностей—*ситуации*. Под этим словом подразумевается все, что заключается на поверхности данного, снимаемого участка: реки, дороги, леса, пашни, луга, поселения и пр.

Чтобы показать на плане или на карте, как все это (ситуация) расположено по отношению к опорным точкам тригонометрической сети,— необходимо уловить и измерить все *контура* или границы между различными угодиями.

Съемка ситуации—очень кропотливая работа: нужно измерять каждый изгиб реки, границы леса, пашни, повороты дорог, канав и пр. При измерении на земле всегда приходится иметь дело с самыми разнообразными линиями, которые имеют различную длину и все время меняют свои направления.

Землемеру или топографу приходится внимательно приглядываться к поверхности земли, рассмотреть все линии, которые необходимо нанести на план или карту. Он должен изучить местность. Огляdevшись на месте, землемер выделяет для себя главные линии, намечает второстепенные, отмечает их на месте какими-нибудь сигналами,—столбами, лыжками или вешками и сажает порядок работы.

Работы всегда ведутся от главных линий и постепенно переходят на мелкие. Съемочные работы ведутся с таким расчетом, чтобы их результаты можно было бы изобразить в надлежащем виде на бумаге.

На карте или на плане обычно изображается местность в сильно уменьшенном виде. Это уменьшение называется *масштабом*.

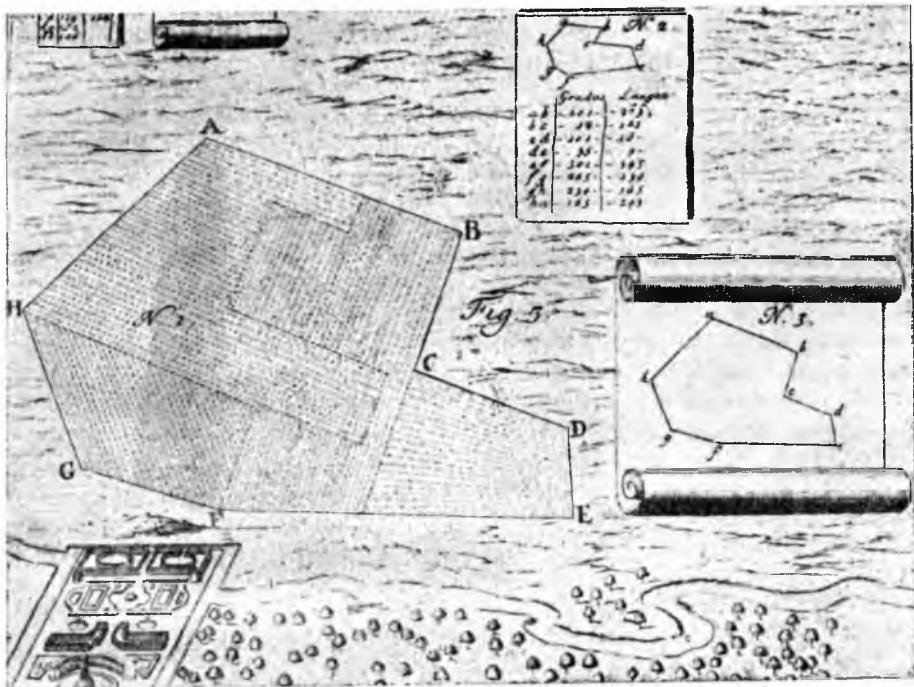
При составлении плана или карты в каком-нибудь масштабе нужно изобразить на бумаге снимаемую местность в *подобном* виде. Подобие, как геометрическое понятие, состоит в том, что подобные фигуры имеют соответствующие углы равными, а все линии находятся в каком-нибудь, одинаковом для всех, соотношении (уменьшении, масштабе). Отсюда видно, что для того, чтобы на бумаге получился план, подобный местности, нужно измерить все линии и все углы, что видно на чертеже 13, взятом из старинной немецкой книги.

При составлении плана все линии должны быть вычерчены в известном уменьшении (масштабе), а углы должны остаться без изменения. На этом основании все землемерные или топографические работы состоят из измерений *углов и линий*. Углы измеряются разнообразными *угломерными* инструментами, а линий—мерными приборами.

струментом или же узнавая их по отклонениям линий от направлений меридиана. Углы линий с меридианом называются *румбами* или *азимутами*.

Еще в начале XIII столетия узнали, что магнитная стрелка показывает более или менее постоянное направление меридиана.

В дальнейшем усовершенствовали



Черт. 13.

До настоящего дня придумано и изготовлено очень много самых различных угломерных инструментов.

Некоторые из них придуманы еще в глубокой древности, но большинство насчитывает за собой сто, полтораста лет.

Нужно сказать, что все машиностроение и в частности геодезическое инструментальное дело развилось, главным образом, в XIX столетии и теперь еще приходится наблюдать появление все новых и новых инструментов.

Углы поворотов различных линий можно определить, измеряя эти углы непосредственно угломерным ин-

способы пользования магнитной стрелкой и приспособили ее к геодезическим инструментам. И теперь еще, особенно в России, есть много инструментов, в которых существенно частью является магнитная стрелка.

Линии измерялись раньше веревками, деревянными саженями, потом железными цепями, а теперь, чаще всего, стальными лентами и рулетками.

Съемка между пунктами тригонометрической сети, при вычислении координат которых была уже принята во внимание кривизна земли, или съемка вообще небольших пространств ведется без поправок за кривизну.

При съемках обычной точности кривизна земли улавливается только на больших пространствах и поэтому считается, что поправкою за кривизну можно пренебречь при съемках в пределах участка, радиус которого не превышает пятидесяти верст. Только при сплошных картографических работах снимаемые участки превышают указанные размеры, а в повседневной практике чаще всего снимаются участки значительно меньшие.

Значит, при землемерных и топографических съемках участок считается не частью сферической поверхности, а плоским, который без особых искажений можно перенести на плоскость бумаги.

Горы, долины и другие изменения в рельефе данного участка измеряются особо и также изображаются на плоскости бумаги в *горизонтальной проекции*. Итак, план или малая часть карты есть изображение снятого участка в горизонтальной проекции, на которой все наклонные линии местности (склоны гор, оврагов, реки и пр.) показаны в их горизонтальном проложении.

Измерение углов.

Для измерения углов применяются специальные *угломерные инструменты*.

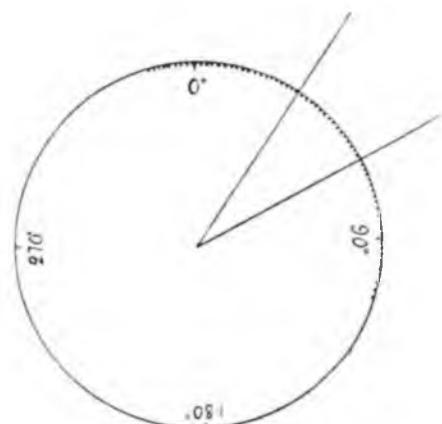
Эти инструменты в настоящее время изготавляются самых разных видов, разными фирмами.

Основой каждого угломерного инструмента является круг с градусными делениями. Этот круг называется *лимбом*.

Лимб устанавливается на треножнике тремя подъемными винтами и прикрепляется к треножнику (штативу) становым винтом с пружиной. Инструмент на штативе устанавливается над вершиною измеряемого угла по *отвесу* так, чтобы центр лимба был над этой вершиной угла. Этую *центрировку* необходимо производить возможно точнее. Затем лимб инструмента приводится в горизонтальное положение по уровню, кото-

рый имеется при каждом инструменте.

Направление по сторонам угла отмечается по градусным делениям лимба и таким образом определяется измеряемый угол, что видно из схематического чертежа 14.



Черт. 14.

Наиболее простым угломерным инструментом считается *астролябия*. Астролябия известна издавна и еще в XVIII столетии считалась наилучшим инструментом.

На черт. 15 представлена астролябия с *диоптрами*.



Черт. 15.

Одна пара диоптров приделана к лимбу и имеет узенькие щели.

При помощи диоптров лимба делают направление (*визирование*) по одной из сторон угла.

По линии диоптров расположено начальное деление лимба (0°). Это деление при помощи диоптров и направляется по стороне угла.

Другая сторона угла определяется другой парой диоптров, вращающейся независимо от первой пары. Вторая пара прикреплена не к лимбу, а к дополнительной линейке, которая называется *алидадой*. На концах алидады имеются штрихи (*индексы*), линия которых лежит в одной плоскости с линией щелей диоптров.

Когда эти *подвижные* диопты направлены на вторую сторону угла, то их индексы устанавливаются между какими-нибудь делениями лимба. Число градусов от нуля лимба до индекса алидады будет соответствовать измеряемому углу.

По типу астролябии изготавливаются и другие инструменты. У всех этих инструментов имеется лимб с делениями и по нему вращается алидада с указателями. Остальные части различных инструментов значительно отличаются друг от друга.

К числу углерных инструментов следует отнести: *пантометр*, *гониометр* и *теодолит*.

На черт. 16 изображен теодолит. У теодолита диоптров нет и алидада имеет вид не линейки, а полного круга, лежащего вплотную на лимбе и вращающегося по лимбу вместе с *трубой*, которая и заменяет диопты.

У теодолита видны подъемные винты и уровень для приведения инструмента в горизонтальное положение, две *лупы* для рассматривания делений лимба и алидады; затем видно, что труба установлена на двух подставках и к трубе приделан вертикальный круг с делениями для определения углов наклона трубы.

Для измерения угла теодолитом его устанавливают над вершиной угла так же, как и астролябию.

Потом трубу наводят поочередно по сторонам угла и делают определение делений лимба, соответствующих положению индекса алидады для одной и другой стороны угла.

Так как труба вращается вместе с алидадой, то разность делений (*отсчетов*) по лимбу дает величину искомого угла.

В каждом теодолите имеются винты для закрепления и наведения алидады, лимба и трубы.

В наше время теодолиты считаются наиболее удобными и точными углерными инструментами.

Каждая фирма их изготавливает по своему вкусу, видоизменяя те или иные части.

Очень существенно деталью



Черт. 16.

инструмента являются деления лимба и устройство делений алидады (*верньеры*).

Чаще всего на лимб деления наносятся через полградуса, но есть инструменты с делениями на лимбе через двадцать и десять минут.

Чем точнее хотят сделать инструмент, тем с большею точностью наносятся деления на лимбе.

Верньерами называются деления алидады для определения частей делений лимба.

Так как индекс алидады очень редко устанавливается точно на какомнибудь делении лимба, а обычно устанавливается между де-

лениями, то приходится определять части делений лимба, для чего и служат верньеры.

Верньеры также имеют различные деления, которые и дают возможность делать отсчеты с точностью до одной минуты, полминуты, до десяти секунд и даже до двух секунд.

Подобные же инструменты служат и для астрономических работ по определению широт и долгот.

В зависимости от точности работ и выбираются инструменты.

Современная практика и наука указывает, как надо изготавливать такие инструменты, как следует их исследовать после изготовления и как следует с ними обращаться при измерениях.

Так как деления лимба имеют очень большое значение при измерениях, то на правильное нанесение их на фабриках обращается чрезвычайное внимание.

Отделение, где помещаются делительные машины, должны быть удалены от шума и сотрясений большого города; в них поддерживается постоянная температура; сами деления наносятся в виде тонких штрихов и обычно на серебре, и т. д.

Устройство зрительной трубы, ее оптические свойства имеют важное значение и здесь обычно применяются все новинки научной оптики.

После сборки инструмента он тщательно проверяется, т. е. все его части приводятся в надлежащее соответствие между собою.

Перед каждою работою инструмент опять поверяется.

Во время работ необходимо учить все особенности этого оптического прибора и при точных работах наблюдения располагать так, чтобы все погрешности в инструменте были парализованы.

При измерениях могут быть ошибки:

1) *Ошибка в наведении на намеченную точку.* Многократными наведениями (до 12 раз) эта ошибка может быть доведена до 1".

2) *Ошибка при отсчетах* по верньерам равняется примерно половине точности верньеров.

3) *Ошибки в делениях* лимба и верньеров могут доходить до 2" и парализуются повторными измерениями на различных частях лимба.

4) *Ошибки от неправильной установки трубы* уничтожаются повторными измерениями углов при различных положениях трубы, для чего она поворачивается вокруг своей оси вращения (переводится через зенит).

5) *Ошибки от изменений в атмосфере* (боковое преломление, колебание изображений и пр.).

Эти погрешности заставляют относиться осторожно к измерению углов и обычно они измеряются не менее двух раз.

При точных работах каждый угол получается в виде арифметической средней из двенадцати, даже двадцати четырех или сорока восьми измерений.

Таким путем ошибку в угле можно свести до долей одной секунды.

Конечно, при многих работах такой точности искать не следует.

Точность измерения углов зависит от общей точности работы, от ее назначения.

Нужно только помнить, что каждая ошибка в угле ведет к отклонению какой-либо линии, стороны этого угла, и чем эта линия больше, тем большее уклонение от истины получит конечная точка этой линии.

Ошибка в один градус изменит на целую сажень конец линии в 57.3 саж.

Ошибка в одну минуту также на сажень изменит конец линии в 3437.7 саж.

Ошибка в одну секунду отклонит на одну сажень конец линии в 206.264.8 саж.

Для землемерных работ обычная точность измерения угла принимается в одну минуту.

Румбы.

Поверхность воды в свободном состоянии называется *уровненою* или горизонтальною поверхностью.

Плоскость, перпендикулярная к уровненной поверхности, называется *вертикальною*.

Если вертикальною плоскостью пересечь земной эллипсоид так, чтобы эта плоскость проходила через оба географических полюса, то при пересечении сфероида плоскостью получится линия географического меридiana.

Линия меридiana дает направление с севера на юг.

Угол, составляющийся между каким нибудь направлением и ближайшим концом меридiana, называется *румбом* направления.

Румб измеряется вправо или влево от северного или южного конца меридiana от 0° до 90° и румбы имеют название, как видно из черт. 17, С.-В., Ю.-В. Ю.-З. и С.-З., т. е. северо-восток, юго-восток, юго-запад и северо-запад.

Для определения географического румба необходимо измерить угол между направлением меридiana и данным направлением.

Направление географического меридiana определяется астрономическими способами, путем наблюдения звезд (обычно — *Полярной звезды*) или солнца.

Эти наблюдения можно произвести и очень точно и приближенно, в зависимости от требуемой точности работ.

Если от меридiana до данного направления вести измерение угла не от ближайшего конца, а только от северного его конца и по ходу часовой стрелки, то такие углы называются *азимутами*.

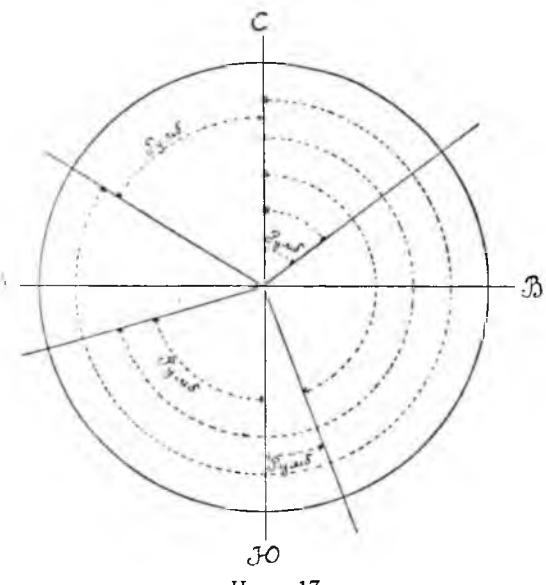
Азимуты.

Азимуты измеряются от 0° до 360° , начиная от северной части меридiana, не имеют названий по стра-

нам света и этим отличаются в выгодную сторону от румбов.

На черт. 17 видно исчисление азимутов по большим дугам.

Между румбами и азимутами существуют такие соотношения: азимут до 90° равен северо-восточному румбу; азимут более 90° и менее 180° вместе с юго-восточным румбом равняется 180° ; азимут более 180° и менее 270° больше юго-западного румба на 180° и, наконец, азимут, больший 270° вместе с румбом северо-западным составляет полную окружность, т. е. 360° . Магнитная стрелка дает направление *магнитного* меридiana.



Черт. 17.

Так как магнитные полосы не совпадают с географическим, то и направление магнитных и географических меридианов также не совпадают.

Угол между ними называется углом *склонения*.

Для различных точек земной поверхности углы склонения различны.

Угол склонения в каждой точке земной поверхности изменяется с течением времени.

Изменения угла склонения, имеющие большие периоды, называются *вековыми*.

Наблюдаются еще изменения в течение суток—*суточное и случайное*, от разнообразных причин, действующих на магнитную стрелку.

Во многих инструментах помещается магнитная стрелка для определения румбов или азимутов.

Коробка, в которой заключается магнитная стрелка, называется *буссолью*.

Буссоль изобретена очень давно, применялась и применяется доныне на всех кораблях, в астролябиях и даже в теодолитах.

Как угломерный инструмент буссоль стала применяться с XVII столетия и по магнитным меридианам составлено очень много планов.

Если известны румбы двух направлений, исходящих из какой-либо точки, то очень легко сообразить величину угла между ними.

Измерение линий.

Линии измеряются при съемках также различными инструментами.

Наиболее употребительными являются железная цепь и стальная лента в десять саженей длины.

Цепь и лента разделены на отдельные сажени, футы или десятые доли сажени.

Еще употребляются полотняные или стальные рулетки и деревянные сажени или жезлы. При самых простых съемках расстояние иногда определяется шагами, для чего необходимо выверить свой шаг по цепи. Перед работой всегда необходимо проверить длину мерной цепи или ленты по достоверному образцу.

При измерении какой-либо прямой линии нужно цепь укладывать аккуратно по этой линии, вытягивая ее и отмечая начало и конец железными колышками. Если одну и ту же линию измерить два и более раз, то получатся несколько различные результаты. Разница между измерениями покажет на ошибку при измерении. В зависимости от тщательности измерений и от состояния поверхности земли, по которой про-

изводится измерение, ошибки бывают различны.

При благоприятной почве можно ожидать ошибку в $\frac{1}{2000}$ длины линии при средней почве $\frac{1}{1000}$ и при неблагоприятных условиях $\frac{1}{500}$, измеряя линии цепью; измерения лентой точнее, примерно, в полтора раза.

При особой тщательности можно точность измерения линии лентой довести до $\frac{1}{20.000}$.

Если линия длинная, то необходимо тщательно укладывать ленту по линии, чтобы получалась прямая линия, а не зигзагообразная; для этого по линии полезно установить ряд вспомогательных *вех* так, чтобы они все стояли на одной прямой; такая работа называется—*вешение линии*.

Особенное внимание обращается на вешение линий в лесу, через горы и овраги.

Если линия идет не по ровной местности, а в гору или под гору, то длину этой линии необходимо привести к горизонтальной проекции. Между наклонной линией и горизонтальной линией составляет угол, который называется *углом наклона*.

Эти углы измеряются особыми инструментами *эклиметрами*.

Зная длину наклонной линии и угол наклона по особой тригонометрической формуле вычисляется горизонтальное проложение. Так как каждый мерный прибор (лента, цепь и т. д.) должен иметь определенную длину, то перед работами необходимо его сличить с верною мерою и, если окажется разница, вводить ее в окончательные результаты.

Как общее правило можно отметить, что измерение линий, на первый взгляд кажущееся простым действием, требует внимательного и вдумчивого к себе отношения.

Очень многие планы заключают в себе ошибки, являющиеся последствием плохого измерения линий.

Обязательно, поэтому, каждую линию измерять два раза. Если нужно измерить линию извилистую, напр. дорогу, ручей и т. д., то поступают так: вдоль этих извилистых линий прокладывают прямые линии и от них измеряют перпендикулярами расстояния до изгибов кривых линий.

В таких случаях эти вспомогательные прямые линии называются *маштаблями*.

Перпендикуляры опускаются и восстанавливаются при помощи особых простых инструментов—*экера*, имеющих различное устройство. Такой способ съемки требует ленты, экера и рулетки для измерения перпендикуляров.

В случае необходимости определить расстояние до такой точки, до которой непосредственно нельзя произвести измерение линии, то приходится эту работу сводить на решение задачи об определении *неприступного* расстояния.

Напр., нужно измерить расстояние до острова через воду, или определить ширину реки и т. д.; в таких случаях делают соответствующий математический подход к разрешению такой задачи. Проще всего неприступное расстояние определяется решением треугольника; поэтому неприступную точку считают за вершину треугольника, который выбирается на месте, измеряют в нем основание и углы при нем, и по этим данным определяют построением или вычислением другие две стороны. Одна из этих сторон и будет искомым неприступным расстоянием.

Вообще можно сказать, что всякого рода измерения землемер или топограф никогда не может производить по каким нибудь трафаретам, а постоянно должен задумываться и придумывать способы съемки для данного случая.

Так как измерение линий обычно требует много времени и внимания от исполнителя, то издавна появилось стремление ускорить эту работу.

Это стремление привело к мысли заменить измерение линий непосред-

ственно целью или лентой—каким нибудь другим способом. Особенно такая потребность оказывается в военном деле, где приходится, при стрельбе из ружей и орудий, определять расстояния до неприятеля, чего, конечно, нельзя сделать обычным измерением.—Так пришли к мысли о *дальномерах*.

Дальномером называется инструмент, при помощи которого определяются длины линий без измерения их по земле. Изобретатели всех стран потратили очень много внимания и труда над разрешением этого вопроса.

Дальномеров изобретено очень много.

Без преувеличения можно сказать, что на дальномеры выдано больше всего патентов. Описанием их можно заполнить целую книгу.

Наиболее употребительный тип дальномера в геодезических инструментах—это дальномер с нитями в трубе и с *рейкой*.

В зрительных трубах инструментов, в окуляре, делают две тонких горизонтальных нити.

Эти нити размещаются друг от друга на таком расстоянии, что изображение саженной рейки, установленной от инструмента на сто саженей, помещается как раз между этими нитями.

Рейкой называется узкая, прочная доска, на которой нанесены разноцветной, масляной краской различные деления.

Если рейка имеет длину в одну сажень, то деления идут через 0.01 сажени.

По мере приближения рейки к инструменту деления будут увеличиваться в трубе и между нитями число их будет уменьшаться.

Нити и деления на рейке устраиваются так, чтобы на сто саженей расстояния между нитями поместились сто делений рейки.

Таким образом, любое расстояние до ста саженей определяется в сажнях по числу делений рейки между нитями.

Однако, точность таких дальномеров очень не высока и, примерно, дает ошибку в одну сажень на 125 саж. расстояния и такими дальномерами можно определять размеры линии не более 250 саж.

Для военных-же целей необходимо определить большие расстояния, измеряемые верстами.

В последнюю европейскую войну с большим успехом применялись военные дальномеры, главным образом, известной немецкой фирмы Цейсс.

Эти дальномеры построены на принципе определения неприступных расстояний с известной линии, имеют сложное устройство, состоящее, главным образом, из превосходных оптических приспособлений.

Из практики этой же войны выяснилась впервые возможность определения расстояния до неприступной точки, из которой слышен какой нибудь звук (напр. выстрел). Наблюдая этот звук из трех различных точек, можно определить разность времени достижения звука до этих трех точек наблюдения. Зная скорость распространения звука в воздухе (330.6 метра в секунду при 0° температуры) и определивши по хронометрам разности времени от звучащей точки до точек наблюдений, путем соответствующих математических вычислений, можно эту задачу решить разными приемами*).

Особый интерес приобретает новое изобретение в области определения глубины океанов также по звуку. Наблюдая время, проходящее от момента начала какого нибудь звука на корабле до возвращения этого звука, отраженного от дна океана, можно вычислить глубину океана под кораблем.

Для полноты картины сюда-же нужно добавить указание на то, что, применяя фотографирование местности с двух точек, (фотосъемка) также можно определять по снимкам расстояния от фотоаппарата до любой точки снятой местности.

*) Автором этой книги этот вопрос исследован в особой брошюре.

Для этой цели той-же фирмой Цейсс построены высокоточные инструменты, под названием *компарторы*.

Из изложенного видно, что способов определения расстояний к настоящему моменту имеется очень много.

Приходится искренно изумляться человеческой настойчивости, пытливости и упорству в разрешении этой проблемы. Думать, что обладая многим, человечество уже обладает всем, конечно нельзя.

Все перечисленные способы имеют свои особенности, свои достоинства, но также имеют и свои недостатки.

Они не идеальны ни по точности, ни по другим техническим соображениям.

Можно смело утверждать, что в этой области дело не закончено и имеет все данные для дальнейшего развития.

Способы съемок.

При различных съемках топографу приходится вести эти работы по своим соображениям, руководствуясь общими заданиями и правилами геодезии.

Общие задания указывают место работы, характер работы, цель ее и точность. Все эти разнообразные условия исполнителю необходимо выполнить, обычно, в определенное время и в пределах известной стоимости.

Все эти обстоятельства заставляют землемера или топографа сосредоточенно относиться к своему делу, применяя при этом те правила геодезии, которые как раз подходят к поставленным условиям. Из богатейшего арсенала геодезических знаний всегда можно найти точные или более простые способы съемок; быстрые или более медленные приемы.

Однако, все разнообразие приемов съемки, в общем, можно свести к некоторому числу способов съемки. Если необходимо снять участок земли так, чтобы можно было составить

план его границ, то, обычно, применяется в таких случаях способ обхода. Этот способ заключается в том, что участок обходится съемкой, по ходу часовой стрелки, и при этом измеряются углы между линиями, румбы или азимуты линий и их длины. Участок рассматривается как неправильный многоугольник, в котором измеряются все углы и стороны, т. е. те части, на основании которых возможно в будущем составить план.

Если какая нибудь линия этого многоугольника не прямая, а извилистая, то она не включается в число сторон, а вдоль ее прокладывается магистраль и от нее измеряются перпендикулярами все извилины.

При всяких измерениях необходимо вести записи в виде журнала и, кроме того, от руки четко, ясно рисуется план или *абрис*, где показываются все линии, углы, названия, угодия и пр.

Вообще, если снимаемому контуру можно придать вид многоугольника с длинными линиями и с небольшим числом углов,—там применяется способ обхода и, в помощь ему, способ перпендикуляров или *координат*.

Если снимаемый участок сравнительно небольших размеров, округлой формы и открытый, то его легко снять изодной точки, из средины участка, измеряя из нее расстояния до всех изгибов его контура и углы между направлениями на эти изгибы.

В этом случае основная точка является как бы полюсом по отношению ко всему участку и поэтому этот способ носит название *поллярного*.

При определении далеких точек, как напр. при составлении тригонометрической сети, или недоступных для непосредственного измерения, применяется уже указанный выше способ при помощи решения тре-

угольника с известным основанием —*базисом*.

Этот способ называется способом *засечек*, так как искомая точка получается в точке пересечения двух сторон вспомогательного треугольника.

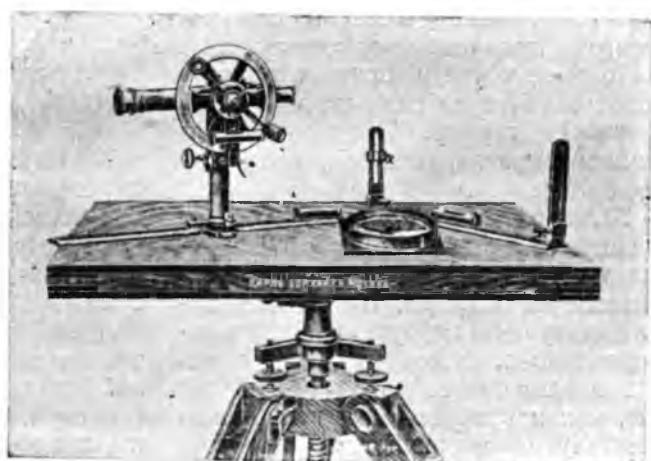
В тех случаях, когда на месте имеется уже ряд точек, взаимное расположение которых известно и они видны одна с другой, можно съемку вести промерами с одной точки на другую с измерениями всех подробностей, встречающихся при этом.

Этот способ называется способом *промеров*.

Применяя тот или иной способ, или несколько их сразу, можно постепенно измерять границы участка, и внутреннюю ситуацию и собрать чистовой материал, по которому удастся составить план или заполнить карту.

Мензульная съемка.

При указанных способах съемки угломерными инструментами приходится собирать большой цифровой материал и затем по нему составлять план.



Черт. 18.

Для точных, напр. городских съемок, эти приемы неизбежны.

Но часто требуется составить план или карту без излишней точности и в то же время быстро. Тогда можно

применить другой тип инструментов, именно мензулу.

Мензула (черт. 18), в свою очередь, имеет различное устройство, но главными частями ее являются: треножники, доска, которая прикрепляется к треножнику, и линейка с диоптрами для визирования. Доска делается квадратной и на нее наклеивается чистая бумага. На линейке (*алидаде*) вместо диоптров может быть установлена труба и тогда такой инструмент носит название *киргеля*.

При помощи мензулы план получается сразу в поле без всяких вычислений.

При работе с мензулой применяются те же, уже описанные, способы съемок.

Способ обхода начинается с того, что в первой точке мензулу устанавливают под вершину первого угла по специально устроенному отвесу — *вилке* так, чтобы точка на мензule была как раз над точкою местности (вершиной); затем мензулу приводят в горизонтальное положение на глаз или по уровню.

Чтобы начертить первый угол на мензule, линейку алидады или киргеля прикладывают к намеченной на бумаге точке и, вращая, направляют сначала на одну сторону угла, потом на другую. Прочерчивая эти направления карандашем, получают на бумаге искомый угол.

Затем измеряют первые стороны участка и в требуемом масштабе откладывают по прочерченным направлениям их размеры. Потом переносят мензулу во вторую вершину многоугольника. Здесь мензулу опять устанавливают над этой точкой так же, как и в первой, но только всю мензулу поворачивают до тех пор, пока линия чертежа не совпадет с соответствующей предшествующей линией местности.

Это совпадение проверяется по диоптрам алидады или в трубу киргеля.

Совпадение направлений на бумаге и на месте называется *ориентировкой*.

После этого из второй точки визируют на следующую, чертят линию, измеряют и откладывают в масштабе.

Так постепенно и вырисовывается граница снимаемого участка. Остальные способы прилагаются к мензульной съемке совершенно одинаково, как и при угломерных инструментах, только все результаты сразу же вычерчиваются на мензule.

Мензула изобретена в начале XVII столетия, имела и имеет широчайшее применение, в особенности при топографических работах по составлению карт.

Можно сказать, что все карты по всей земле, главным образом, составлены при помощи мензулы и киргеля.

Правда, точность мензулы уступает точности угломерных инструментов, но зато мензула дает возможность быстро и сразу получать план или карту. При топографических работах для карт на мензулу предварительно наносится по географическим координатам пункты тригонометрические или астрономические и от них уже ведется съемка подробностей.

Весь чертеж по началу чертится на мензule карандашем, а потом вытягивается тушью.

Простейшие съемки.

Зачастую приходится производить съемочные работы для самых общих хозяйственных соображений.

Такие работы не требуют большой точности и их можно производить самыми простыми способами.

Здесь знание элементарной геометрии вполне определяет успех дела. Все древние народы, зная начала геометрии, производили такие съемки, и до наших дней сохранились указания на прежнюю технику дела.

Достаточно иметь цепь или ленту, чтобы получилась возможность измерить небольшое поле, луг или усадьбу.

Интересна в этом отношении практика наших крестьян, не знающих даже геометрии или же имеющих о

ней самое смутное представление. При частых разделах пашни или по-коса, крестьяне всю землю стараются сначала разделить на какие нибудь более мелкие участки (поля, яруса, гоны, лужайки и пр.), по возможности прямоугольной формы.

Каждую такую фигуру они делят шестом (колом) сажени в две длины на доли, соответствующие правам каждого участника в дележе.

Деление это происходит сразу вдоль по обеим длинным сторонам прямоугольника и сразу же нарезаются *полосы* пашни или покоса, кому на один кол, кому на два, на три кола. Если в конце остается остаток, то его снова делят меньшим колом и таким образом нарезаются добавочные полосы—*замерки*.

Разделивши так одно поле или ярус, переходят к другому и таким путем каждый крестьянин получает иногда много полос в различных частях земли своего селения.

Такое измерение и деление вызывается как плохим знанием практической геометрии-землемерия, так и стремлением крестьян одного и того же села получить свою долю во всех *разнокачественных* участках земли (чтобы не было никому обидно).

Последнее обстоятельство, в свою очередь, объясняется неумением крестьян точно расценить и разделить разнокачественные земли. Отсюда и появилось агрономическое зло нашей деревни—*чересполосица*. Зная несколько геометрию, можно небольшое поле или луг измерить либо вот таким (крестьянским) способом или-же несколько поточнее.

Если из поля выделить главную часть земли в прямоугольник, который, конечно, легко измерить, то остатки по краям можно измерить, разбив их на треугольники.

В каждом треугольнике легко измерить основание и высоту и по этим данным вычислить его площадь.

Некоторые землемеры настолько привыкают к измерениям, что могут довольно точно обмерять десятины просто шагами, зная размер своего

шага. В некоторых случаях довольствуются чертежом, набросанным от руки, с помощью компаса. Расстояния определяются на глаз, шагами или по скорости хода лошади. Такая съемка носит название *изломерной*.

Фото-съемка.

В 1861 г. француз *Лоссед* впервые применил фотографию для съемки местности. Теперь этот вид съемки имеет очень большое распространение как в Европе, так и в Америке. Этим способом особенно удобно снимать гористую местность. Легко себе представить, что на фотографии запечатлевается каждая мелочь из снимаемого пейзажа.

Однако, если снимок производится с земли, то фотографическая камера и пластина в ней стоит вертикально, и поэтому на фотографии получается боковой перспективный вид местности.

По одному такому снимку плана составить нельзя. Если-же ту же местность снять с другой точки, то по двум снимкам уже можно составить план. Для такой съемки устанавливают *фототеодолит* поочередно на крайних точках какогонибудь базиса, саженей десять, и делают два снимка местности. В то же время измеряют углы между осями фотообъективов и базисом.

Получается при этом полное сходство со способом съемки под названием *засечек*. Такой способ применения фотографии называется *фотограмметрия*.

Если-же при съемке ось объектива в первой и во второй точке занимает взаимнопараллельное положение, то этот способ называется *стереофотограмметрия*.

Во втором случае все точки местности получаются на плане не в точке пересечения лучей, а их положение вычисляется на основании теории стереоскопического рассматривания предметов. Фотосъемка позволяет очень быстро получить в

поле все данные для составления плана.

Сначала на этот способ возлагали огромные надежды, но очень скоро убедились, что составление плана по фотографическим снимкам дело трудное, сложное и медленное.

В общем выигрыш во времени получается, с мензульной съемкой, очень маленький. Теперь все внима-

Аэрофотосъемка.

Особенно сильное впечатление производят фотоснимки сверху.

С воздушных шаров давно уже пробовали снимать землю при полетах. С изобретением аэропланов стали применять в широких размерах *аэрофотосъемку*. Во время последней войны с аэропланов производилось



Черт. 19.

ние направлено на облегчение со-
ставления плана по фотосъемкам.

Фирма Цейсса в начале XX столе-
тия сконструировала очень сложный
и дорогой прибор для измерения не-
гативов съемки, под названием *сте-
реокомпаратор*, а австриец *Орель*, при
помощи этой фирмы разработал при-
бор для вычерчивания планов по
снимкам под названием *автостерео-
граф*.

Новизна дела, сложность и высо-
кая стоимость приборов не позво-
ляют пока еще этому способу вой-
ти в повседневную практику, но мож-
но быть уверенным, что здесь по-
ложено только начало нового спо-
соба, будущность которого вполне
обеспечена.

очень много снимков с военными
целями.

По окончании войны в Зап. Европе организовались специальные про-
мышленные предприятия по произ-
водству аэрофотосъемок. С аэроп-
ланов легко производятся съемки
лежащей внизу местности.

На черт. 19 показана часть Моз-
квы, снятая с аэроплана (С. Х. Ака-
демия).

С аэроплана съемка производится
быстро.

Так, в 1921 г. военным топогра-
фом *Животовским*, совместно с лет-
чиком *Постромкиным*, снят впервые
целиком город *Обоянь* Курской губер-
нии в два часа тридцать минут;

однако, чтобы составить план в масштабе $\frac{1}{5000}$ по этой съемке потребовалось 771 рабочий час или *около ста тридцати дней*.

Из этого примера видно, что быстрота съемки тормозитя трудностью обработки фотоснимков.

В итоге не достигается пока еще особых выгод от применения этого способа с экономической точки зрения, но возможности применения аэрофотосъемки в малодоступных местностях и в тех случаях, когда использование других методов затруднительно, обещает аэрофотосъемке блестящую будущность.

Это дело еще только начинается, изучается и в дальнейшем следует ожидать больших новых достижений.

Составление планов.

Каждая съемка ведется с таким расчетом, чтобы по собранным данным можно было составить на бумаге план. Планы составляются разнообразными приемами, зависящими от характера съемки и от требуемой точности.

На плане снятый участок изображается в горизонтальной проекции (наклонные линии показываются горизонтальными) и в подобном виде.

Для сохранения подобия все линии местности показываются в одинаковом уменьшении—масштабе, а углы остаются без изменения. Для нанесения линии пользуются линейным масштабом разного вида.

Наиболее употребительным является так называемый *поперечный* масштаб.

Для построения масштаба берут какую-нибудь малую меру, например дюйм, и приравнивают его большой мере на местности.

Часто принимают масштабы в дюйме 100 саж., 50 саж., или в одном сантиметре 100 метров и т. д. В таком соотношении откладываются все линии на плане.

Для того, чтобы между линиями плана составились углы, равные углам местности, поступают различно.

Самый простой и самый неточный способ состоит в том, что около первой линии, в точке поворота, при помощи *транспортира* строят измеренный угол и по его направлению откладывают вторую линию, в конце ее строят второй угол и т. д. до конца.

Транспортиром называется вспомогательный круг или полукруг с градусными делениями. При таком способе составления плана малейшая ошибка в построении угла постепенно увеличивается и в конце работы вместо замкнутого многоугольника может получиться незамкнувшаяся фигура с большой *невязкой*.

Более точный и более распространенный способ составления плана — это по *румбам*. При этом способе углы между линиями не строятся на бумаге, а каждой линии дается то направление, которое она имеет по отношению к меридиану.

Нужно на плане начертить прямую линию обыкновенно по средине чертежа, сверху вниз, которую и принимают за меридиан съемки.

Наметив на бумаге положение первоначальной точки, проводят через нее, при помощи транспортира, треугольника и линейки, первую линию так, чтобы ее направление составляло с начертенным меридианом угол, равный измеренному или вычисленному по углам румбу и в соответствующую сторону.

На прочерченном направлении от начальной точки откладывается первая линия.

От ее конца проводится вторая линия под своим румбом и т. д. до конца.

При таком способе план получается точнее и невязка выходит меньше.

Если невязка не превышает двухсотой части суммы всех сторон многоугольника, то ее следует уничтожить, слегка передвинув все точки поворотов.

Если же невязка получится больше указанной величины, то это бу-

дет указывать на ошибки в плане или в съемке, которые и следует разыскать.

Еще более точным, но зато и более сложным и трудным, считается

опустить перпендикуляры, то они на осях координат отметят некоторые отрезки до точки пересечения осей координат. Эти отрезки и называются координатами.



Черт. 20.

способ составления плана по координатам.

На этом черт. 20 показан законченный план по координатам. Две линии, пересекающиеся под прямым углом носят название *осей координат*.

Если из каждой точки поворота

Зная координаты каждой точки поворота снятого многоугольника, можно их отложить по осям, затем из полученных точек восстанавливаются перпендикуляры и в их пересечении будет лежать искомая точка.

При помощи этого способа каждая точка на плане получается самостоятельно и простое соединение линиями дает границы участка.

Координаты каждой точки участка вычисляются довольно сложно по линиям и румбам.

Вообще составление планов по координатам основано на теоремах аналитической геометрии и тригонометрии и доставляет, обычно, много огорчений впервые изучающим этот способ.

Этот способ, в отличие от предыдущих, весь построен на математических вычислениях и поэтому еще называется *аналитическим*, в отличие от других—*графических*.

Его преимущества—точность и надежность.

Все точные планы составляются по координатам.

Заграницей все планы составляются по координатам, у нас же в России, в виду дешевизны земли и из-за отсутствия у многих землемеров и топографов большой математической подготовки, широкое распространение этого способа встречает некоторое препятствие.

Иллюминовка планов.

После составления плана в карандаше все линии вычерчиваются тушью и затем план закрашивается акварельными красками. Раскраска плана или *иллюминовка* делается для того, чтобы придать ему большую наглядность.

Раскрашивание производится условными значками и цветами. Вода показывается голубой краской, луг—светлозеленой, пашня—оранжевой (цвет спелой ржи или пшеницы), лиственный лес—темнозеленой, сосновый—красноватой и т. д.

Существуют специальные книги—сборники условных плановых обозначений.

Вычисление и деление площадей.

По готовому плану определяется общая площадь земли, показанной на нем, и отдельных угодий.

Эти определения можно делать с помощью специальных приборов—*планиметров* или-же путем разбивки фигуры на треугольники, измеряя каждый из них, или-же путем вычисления по координатам вершин многоугольника.

Когда площадь вычислена, то по плану можно производить всякие деления большого участка на более дробные.

Как вычисление, так и деление площадей можно выполнять и очень точно и очень приближенно.

От назначения работ зависит та точность, с которой следует эти действия производить.

При высокой экономической ценности земли, при сложности раздела применяются математические (геометрические, тригонометрические и аналитические) способы, в других-же случаях можно довериться планиметру.

Точность обыкновенного планиметра, примерно, равняется одному проценту измеренной площади.

При самых грубых соображениях можно ограничиться измерением площади рукой, так как ладонь взрослого человека закрывает на плане в масштабе 100 саж. в дюйме около ста десятин. В качестве шутки можно указать на способ определения площади по *весу*. С плана снимают копию, вырезают данный участок по его границам и взвешивают на точных весах. Затем, из той-же бумаги, на которой сделана копия, вырезают квадрат определенной площади и его также взвешивают.

Отношение весов будет равно отношению площадей.

Из этой пропорции и можно определить искомую площадь.

Картография.

Медленно, изо дня в день течет человеческая мысль, стремясь узнать все новое и новое.

Из изложенного видно, что в области горизонтальной съемки уже имеются большие достижения.

Заснять небольшой участок и изобразить его на бумаге в виде плана

можно теперь самыми разнообразными приемами.

Плоский участок земли получает изображение на плоской бумаге. Значительное сложнее дело получается с изображением больших пра- странств земли *сферического* вида на плоской бумаге.

Глобус есть наиболее подходящее представление о земле.

Первый глобус был сделан *Кратесом* за 150 лет до Рож. Хр.

Глобус не может быть сделан очень большим и поэтому на нем поверхность земли изображается в самом общем виде.

На Парижской выставке в 1899 г. был изготовлен глобус с диаметром в 12, 73 метра, но и такой глобус не может дать полного представления о земле. Чтобы изобразить сфе- роидическую поверхность земли на бумаге, приходится разрешать задачу о превращении выпуклого изобра- жения в плоское.

Без искажений эту задачу нельзя решить.

Можно добиться того, что на бумаге получится изображение подобное (*конформное*), но за то изменя- ся площади и, наоборот, отказав- шись от подобия, можно сохранить равенство площадей (*эквивалент- ность*). Между этими двумя требо- ваниями и приходится строить кар- ты. Иногда принимаются средние условия, при которых несколько из- меняется и подобие, и площади. По-ложение каждой точки земной по- верхности может быть определено по ее географическим координатам (широте и долготе). Если на бумаге расчертить меридианы и параллели, то по этой картографической сетке мож- но нанести любую точку земной по- верхности по ее координатам. За- дача картографии заключается в вы- числении и исследовании построения этих сеток меридианов и параллелей. Эти сетки могут быть изображены самыми различными способами и насчитывают многие десятки таких построений.

Вид сетки меридианов зависит от- того, с какой точки зрения рассмат- ривается земля, на какую поверх- ность она проектируется и какие условия предъявляются к карте.

Зависимость в математической форме координат точек на карте от координат точек на земле изучает- ся *картографией*, а параллели и мери-дианы изображаются на бумаге с помошью *картографической проекции*.

Картографические проекции в свою очередь делятся на:

1. *Равноугольные* или конформные,
2. *Равновеликие* или эквивалентные и
3. *Произвольные*.

По способу проектирования:

1. *Перспективные*,
2. *Зенитальные*,
3. *Цилиндрические*,
4. *Конические* и
5. *Условные*.

При помощи перспективных и зенитальных проекций изображают- ся, главным образом, целые полуши- рия земли. В них меридианы и па- раллели показываются как бы види- мыми на некоторой плоскости из данной точки.

Цилиндрическая проекция перено- сит все меридианы и параллели на воображаемый цилиндр, поверх- ность которого после этого переноса как бы разрезается и расправляет- ся на плоскости.

В таких проекциях меридианы и параллели пересекаются под прямы- ми углами и взаимно параллельны.

При конической проекции все мери-дианы и параллели с земли изо- бражаются на касательном или се- кущем конусе, который впослед- ствии развертывается. В этом слу- чае меридианы будут иметь вид пуч- ка прямых линий, исходящих из од- ной точки, а параллели—ряда кон- центрических дуг.

В условных проекциях выполня- ются некоторые определенные усло- вия и заранее приходится мириться с неизбежными при этом погрешно-стями.

В любом географическом атласе можно видеть образчики различных картографических проекций.

После того, как на бумаге будет начерчена сеть меридианов и параллелей, по ней, как по системе координат, наносятся известные точки, а промежутки между ними заполняются по детальным съемкам.

Вся трудность картографии заключается в математических вычислениях по переводу координат точек земли сначала на шар, а потом на проекционную поверхность. Лучшие математические умы занимались разрешением этой интересной задачи.

*Меркатор, Гаугенс, Гелусс,
Аполлоний, Фалес, Птоломей,
Мольвейде, Араю, Кларк,*

Банн, Менделеев и многие другие имена говорят сами за себя и характеризуют важность и сложность картографической проблемы.

Вертикальная съемка.

Для полного познания поверхности земли необходимо знать высоты точек. Эти высоты определяются по отношению к *среднему уровню океанов*.

Если еще многое осталось сделать в области горизонтальной съемки, то в области определения *рельефа*, для чего служит *вертикальная съемка*, необходимо сделать значительно больше.

Достаточно указать, что впервые общее, более или менее правильное, представление о рельефе Европейской России удалось получить только в конце XIX столетия.

Чтобы знать высоты точек производится *нивеллирование*. При нивелировании пользуются различными приборами и приемами и поэтому имеется три типа нивелирования:

- 1) *Геодезическое или тригонометрическое,*
- 2) *Геометрическое и*
- 3) *Физическое или барометрическое.*

Тригонометрическое нивелирование заключается в измерении расстояний между точками, разности высот которых определяется, и в измерении вертикального угла между ними.

Вертикальный углом называется угол между горизонтальной плоскостью и линией, соединяющей точки (угол наклона). Для этих целей служат вертикальные круги теодолитов (черт. 16) или кипрегеля (черт. 18).

Вместо углов наклона можно измерять углы между наклонной линией и вертикальной (*зенитом*). Такой угол называется *зенитным расстоянием*.

По углу наклона или по зенитному расстоянию и по длине горизонтального проложения линии, соединяющей данные две точки, вычисляется *превышение*.

Для вычислений служат определенные тригонометрические формулы, в которых учитывается влияние рефракции и кривизны земли. Анализируя эти формулы, можно сделать следующие выводы:

1) Ошибка в определении превышения при малых расстояниях прямо пропорциональна расстояниям,

2) При больших расстояниях ошибка прямо пропорциональна *квадрату расстояний*.

Максимальная точность видна из такой таблицы:

на расстояние в одну версту ошибка равна ± 0.003 с.

на расстояние в десять верст ошибка равна ± 0.128 с. и

на расстояние ста верст ошибка равна ± 12.6 саж.

Таким способом производится нивелирование пунктов тригонометрической сети и затем уже определение рельефа при топографо-карографических работах:

На результаты работ, главным образом, влияет ошибка за земную рефракцию, которая не поддается точному учету.

При малых расстояниях, до 200 саж., этим влиянием можно пренебречь.

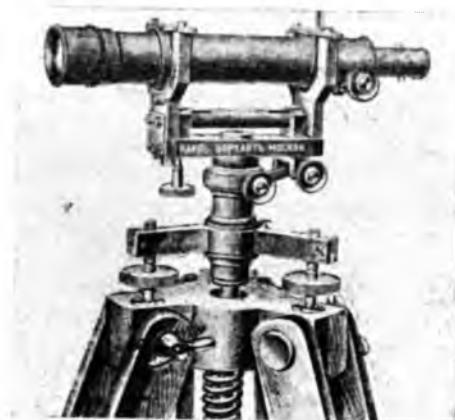
Геометрическое нивелирование основано на иных соображениях.

На черт. 21 изображен один из типов нивелиров.

Такие нивелиры состоят из горизонтальной трубы и уровня. По-

мощью уровня трубы приводится в горизонтальное положение и, благодаря этому, получается горизонтальный луч зрения. Если нивеллир поставить в одну точку, а в другую—рейку с делениями, то по горизонтальному лучу можно судить, насколько одна точка выше другой.

Чаще всего нивеллир ставится между точками (по средине), разность высот которых определяется, а в точках устанавливают рейки. Раз-



Черт. 21.

ность отчетов по рейкам до горизонтального луча нивеллира дает превышение одной точки над другой.

Такое нивеллирование может быть выполнено очень точно. Большие нивеллиры, с точным уровнем и сильною трубой, дают погрешности около 1.5 миллиметра на километр (версту).

Последние усовершенствования нивеллиров фирмою Цейсс доводят эту ошибку до 0.8 миллиметра. Точное (*прецзионное*) нивеллирование требует много времени, дорого стоит и поэтому применяется только для научных целей и для установления точных опорных точек для последующего технического нивеллирования.

Кроме прецизионного нивеллирования применяется менее точное *техническое* нивеллирование; при нем применяются менее точные инструменты и более упрощенные при-

емы работ. Такое нивеллирование допускает ошибки в 3-4 тысячных доли сажени на версту расстояния. На крутых скатах применяется иногда *ватерпас*, т. е. брус с уровнем и рейкой.

Если нужно пронивеллировать одну линию, напр., дорогу или берег реки, то по этой линии заранее намечаются точки для постановки реек.

Такие точки называются *пикетными* и отстоят друг от друга саженей на 50; по средине между ними ставится нивеллир и, начиная от первой, постепенно определяются разности высот между соседними точками. При нивеллировании целой местности по всем характерным направлениям прокладываются нивеллирные хода и таким образом постепенно выясняется рельеф.

Нивелируя болота, приходится быть необычайно осторожным, так как малейшее неловкое движение колеблет инструмент и выводит уровень из правильного положения.

В общем, про геометрическое нивеллирование можно сказать, что эта работа отличается высокою точностью, хотя и проста, но требует внимательного к себе отношения.

Результаты нивеллирования одной линии (прямой или ломанной) вычерчиваются на бумаге в виде *профиля*.

Профиль изображает вертикальный разрез местности по данному направлению.

На профиле показывается взаимное расположение пронивеллированных точек по горизонтальному направлению и по высоте.

Чтобы резче подчеркнуть разность высот точек, обыкновенно, на профилях вертикальный масштаб делается более крупным, чем горизонтальный.

Физическое нивеллирование основано на применении или ртутных или безвоздушных барометров—анероидов. Барометр изобретен физиком *Торричелли* (1608-1647), а для нивеллирования его впервые применил *Паскаль* (1623-1663).

Барометрическое нивелирование основано на том явлении природы, что столб ртути уравновешивается столбом воздуха.

На более высоких точках земной поверхности столб воздуха более легок, чем на низких, и поэтому он уравновешивает меньший столб ртути и наоборот.

Зная высоту столба ртути, можно судить о высоте местности над уровнем моря.

Но в эти данные необходимо внести целый ряд поправок за температуру воздуха, его влажность и за силу тяжести. Все эти поправки сводятся в определенные формулы. Формул предложено несколько, в том числе одна из них принадлежит русскому ученому Менделееву.

Вместо ртутных, довольно хрупких и неудобных в дороге инструментов, употребляются еще безвоздушные барометры—*анероиды*.

Эти анероиды—улучшенные комнатные барометры и в практике имеют широкое распространение.

Работы с барометрами состоят в том, что, сделав на первой точке записи температуры и влажности воздуха, температуры барометра и время, идут в другие точки и там делают те же наблюдения.

Разность в наблюдениях, обработанная по формулам, даст разницу высот точек над уровнем моря.

Так как на показание барометра оказывают влияние многие физические факторы, то результаты барометрического нивелирования всецело зависят от точного учета этих обстоятельств, что очень усложняет дело.

Вообще, при барометрическом нивелировании трудно рассчитывать на высокую точность и считается минимальной ошибкой на версту расстояния один метр, т. е. лолсажени.

Из-за такой невысокой точности барометры употребляют лишь для *приближенного* определения высот, что необходимо бывает делать в путешествиях, при изысканиях и т. д.

Рельеф.

Применяя умело все три способа нивелирования можно в конечном итоге выяснить рельеф местности.

Рельеф определяется высотами целого ряда точек.

Для наглядности необходимо рельефу дать какое-нибудь общее выражение.

В этом направлении еще с XVIII столетия делалось очень много попыток.

Наиболее наглядно рельеф стали обозначать *штрихами*. Штрихами покрывается план или карта с таким расчетом, что на больших уклонах проводятся штрихи более темные, с малыми промежутками, а на меньших уклонах—более тонкими штрихами и с большими промежутками.

Сначала эти штрихи проводили произвольно, а затем постепенно выработались специальные *шкалы*.

Первая шкала предложена *Леманом* в начале XIX столетия. В России применяется шкала Военно-Топографического Управления. Однако, штриховка, давая наглядное представление о рельефе местности, затемняет карту и не дает возможности точно знать рельеф. За последнее время вместо штрихов стали применять *горизонтали*. Горизонтальными или *изоипсами* называются линии, соединяющие на плане или карте точки с одинаковыми высотами. Карта с горизонтальными позволяет иметь точное суждение о рельефе изображенной местности.

Эти знания необходимы как в военном деле, так и при всяких технических изысканиях и работах на данном участке, поэтому планы и карты с горизонтальными нужно считать последним словом достижений в этой области (см. черт. 20).

Совместные съемки.

Очень часто представляется необходимость производить одновременно горизонтальную и вертикальную съемку.

Такая съемка называется *совмест-*

ной. В основе совместной съемки лежит определение положения точек земной поверхности по трем измерениям: по расстоянию точки от точки (длина линии), по направлению (азимут, румб или угол) и по высоте.

Все эти три данные вполне определяют взаимное расположение точек уже не в одной какой-либо плоскости, а в *пространстве*.

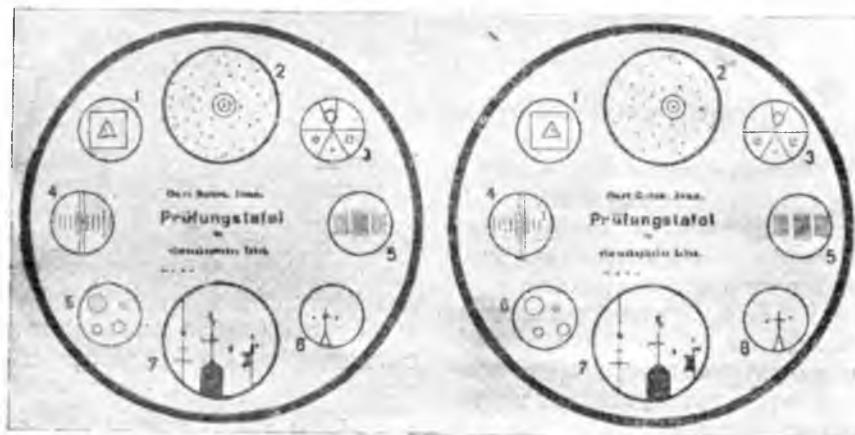
Следовательно, совместная съемка определяет элементы пространственного расположения точек земной поверхности.

Физической или тахеометрической съемке приходится собирать большой цифровой материал, то ведение очень тщательного журнала и абриса (*кроков*) совершенно обязательно.

По полученным в поле отсчетам необходимо тотчас же вычислить исправленную длину и превышение.

Наибольшую трудность при этом представляет вычисление высот.

За последнее время многие изобретатели-геодезисты разработали несколько новых инструментов, при помощи которых, без вычислений,



Черт. 22.

При таких съемках одновременно необходимо определять все три координаты пространства: длину, направление и высоту.

Для этих съемок употребляются или уже описанные инструменты или особые, под названием *тахеометры*.

При помощи теодолита с дальномером можно расстояния от точки до точки определять по рейке; направление измеряется по углам или, если при теодолите есть магнитная стрелка, по азимутам; высота определяется по вертикальному углу наклона.

При мензульной съемке роль теодолита выполняется кипрегелем с вертикальным кругом.

Так как при совместной, или как ее еще иначе называют, „топограф-

высота получается автоматически.

Такие инструменты носят название *тахеометров-автоматов*. Во всяком случае совместная съемка представляется сложной работой, требующей от исполнителя большой опытности.

Определение рельефа вместе с планом местности разрешается и *фотосъемкой*.

При фотографировании местности на пластинах получается изображение горизонтальной и вертикальной осей координат съемки.

Изучая два снимка одного и того же пейзажа на компараторе, можно определить положение какой либо точки пейзажа на обоих снимках по отношению к этим осям координат.

По этим координатам, фокусному расстоянию фототеодолита и базису между стоянками инструмента можно вычислить расстояние от инструмента до этой точки, превышение ее над инструментом и уклонение от оси объектива, т. е. все три координаты.

Таким образом, фотосъемка есть один из видов совместных съемок. Если прилагаемый чертеж рассматривать так, чтобы один глаз был направлен на правый круг, а другой — на левый, то получится *стереоскопическое изображение*, показывающее что изображенные рисунки кажутся на разных расстояниях. На этом основано использование *стереофотоснимков*.

Попытки получать рельеф при помощи аэрофотосъемки еще нельзя назвать удачными. По современным понятиям точною съемкою земной поверхности называется совместная (рельефная) съемка крупного масштаба, основанная на тригонометрической сети.

Такая съемка дает полное представление о действительном взаимном расположении многочисленных точек земли. Разработать точную и быструю технику этого дела — задача будущего.

Геодезическая литература.

В настоящем изложении не будет перечня книг по названиям и авторам, а приводится только попытка классифицировать эту литературу по отдельным группам.

Книги геодезического содержания писались и пишутся почти на всех языках.

В настоящее время большее количество книг по Геодезии пишется на немецком и английском языках. Далее, идет французский, итальянский, русский и т. д.

Русская геодезическая литература не богата количеством книг, хотя геодезических работ русскими произведено много. Всю литературу можно подразделить по характеру назначения книг на:

- 1) учебники и курсы,
- 2) справочники,
- 3) отчеты о работах,
- 4) монографии и исследования,
- 5) научно-популярные и
- 6) периодические издания.

По содержанию геодезическая литература необычайно разнообразна:

- 1) Исторические очерки, изыскания, исследования.
- 2) Вспомогательные дисциплины: (математика, астрономия, физика).
- 3) Теория и практика геодезии.
- 4) Родственные дисциплины (география, геофизика, геология, землеведение, океанография и пр.).
- 5) Приложения геодезии.

Учебники и курсы предназначаются для определенного читателя и их содержание обусловливается общей постановкой учебного дела.

Пересматривая учебники Геодезии с XVIII столетия по настоящий день, можно проследить соответствующее развитие практики и теории. Особенное развитие получила высшая геодезия.

Справочники заменяют учебники, выпуская все теоретические выводы и давая только практические указания. Все значительные работы сопровождаются, обыкновенно, печатными отчетами, по которым можно судить о порядке работ, точности их и о некоторых новых достижениях, полученных при этих работах. В монографиях обсуждаются и исследуются определенные практические или теоретические вопросы и делаются соответствующие выводы. Научно-популярная геодезическая литература необычно бедна и настоящая книга представляет из себя чуть ли не первую попытку такого рода на русском языке. Цель научно-популярного издания указать читателю не специалисту на значение геодезии в общем круге человеческих знаний, а специалисту такая книга даст возможность отдохнуть от формул и сухости повседневной практики.

Совершенною необходимостью для дела являются периодические издания, в которых ученый и практик

могут быстро сообщать читателю о своих работах.

Исторические работы по Геодезии имеют необычайно важное значение, показывая читателю на постепенное развитие Геодезии на ряду с другими науками и тем самым выдвигая задачи, подлежащие разрешению в будущем.

Каждый образованный геодезист должен обладать основательным математическим образованием. Книги по математике, астрономии (теоретической и практической) и физике должны быть настольными книгами геодезиста.

Теория и практика геодезии к настоящему времени приняли очень сложный характер.

Большой сложностью отличаются вычислительные работы по уравновешиванию тригонометрических сетей, полигонов, нивелирных ходов, и этим вопросам в геодезической литературе отведено много места. Родственные дисциплины, как география, землеведение и пр., необходимы геодезисту для общего развития и приобщения к разрешению конечных задач по познанию земли.

Геодезия имеет широкое применение к различным работам на поверхности и под поверхностью земли.

Поэтому, многие вопросы переплетаются с геодезическими и требуют специального изложения.

Геодезическое образование.

Для производства землемерных, топографических и геодезических работ требуются специалисты, соответствующим образом подготовленные.

По объему подготовки и приобретаемых знаний эти специалисты могут быть разделены на три категории: лица с низшим образованием, средним и высшим.

Лица с низшим образованием предназначаются для выполнения вспомогательных работ в качестве старших рабочих или десятников, могущих при случае произвести и самостоятельно несложные землемерные

работы по небольшим съемкам в поле, по отводу лесных делянок, по разбивке пикетажа при нивелировке и т. д.

При подлежащей настойчивости, пополняя свое образование самостоятельно, такие люди иногда приобретают большой практический навык и в жизни называются землемерами-практиками.

Далее идет категория лиц со средним специальным образованием. Из них состоит ядро всей массы землемеров-топографов.

Среднее специальное геодезическое образование дает законченного работника с большой теоретической подготовкой в области Низшей Геодезии, способного самостоятельно и сознательно выполнять крупные топографические работы разного вида. Высшее геодезическое образование получается в специальных высших учебных заведениях и на математических факультетах университетов.

В университетах Высшая Геодезия изучается, главным образом, теоретически, с очень малым уклоном в практику, а в специальных ВУЗах главное внимание обращается на практику и теория изучается с меньшим захватом.

На этих лицах и лежит главная тяжесть по организации съемок больших пространств, разрешение научных промлем, участие в специальных экспедициях и, наконец, преподавание в средней и высшей школе.

Для указанных лиц геодезия является основною специальностью, которая и применяется ими в жизни.

Но помимо этих лиц, геодезию в разнообразном объеме изучают еще очень многие.

За последнее время есть стремление ввести практику геодезии при изучении элементарной геометрии в средней общеобразовательной школе. Во многих низших, средних и высших технических учебных заведениях геодезия изучается в том или ином объеме.

В сельскохозяйственных, лесных, военных, морских, путей сообщения, горных и других учебных заведениях геодезия является необходимой частью учебного плана.

Здесь она изучается в качестве вспомогательной учебной дисциплины, на которой основываются специальные.

В общем, трудно найти технически образованного человека незнакомого с геодезией.

Обычно, это знакомство ограничивается только узко-практическую, прикладную частью геодезии. История геодезии как науки,—философская сторона дела всегда остается в стороне, в тени.

ГЛАВА IV.

ПРИЛОЖЕНИЯ ГЕОДЕЗИИ.

Землеустройство.

Землеустройство широко применяется во всех государствах. В задачу землеустройства входит упорядочение уже существующего пользования землей и подготовка новых мест для заселения и пользования. В круг землестроительных действий входят:

а) *Отвод*, формальное установление границ земли, отводимой отдельным лицам или учреждениям;

б) *Образование* земельного фонда для переселения и других государственных целей;

г) *Раздел* земли на частные участки, сообразно желанию и прав общих пользователей землей; сюда входит выдел на хутора, отруба, в групповые участки и пр;

д) *Уничтожение* или ослабление *чрезполосности* и других отрицательных явлений общего пользования землей;

е) *Проведение* местных *dorог*, необходимых для обслуживания вновь образованных участков, устройство водоемов, колодцев на новых участках;

ж) *Распланирование* новых поселков;

з) *Установление* административных земельных границ.

Каждая землестроительная работа состоит из юридической части и технической—землемерной. В юридической части выясняются права, и условия участия лиц в землеуст-

ройстве, а на долю землемерной части ложится определение общей землестраиваемой площади, составление плана, нанесение на нем землестроительного проекта и затем, после надлежащего утверждения, установление новых границ в натуре с закреплением их законными знаками.

Съемка землестраиваемого участка производится по правилам геодезии, применительно к специальной инструкции.

Проект составляется с подробным и точным указанием новых участков земли, соответственно прав лиц участвующих в землеустройстве.

Составленный проект предъявляется на чертеже и в натуре заинтересованным лицам и, после утверждения, осуществляется на месте.

Исполнение землестроительных работ требует от исполнителя знания соответствующих законов, быта населения и точного применения правил геодезии.

Разделение земли на плане и перенесение этого проекта в натуре не может быть уложено в заранее разработанные схемы и поэтому на исполнителя возлагается обязанность в каждом частном случае разрешать эту задачу самостоятельно.

Главная часть работ состоит из вычисления площадей участков самой разнообразной формы.

При вычислении площадей чаще всего пользуются планиметрами, дающими приближенные результаты.

Значительно удобнее и точнее математическое (аналитическое) вычисление, дающее окончательные и несомненные выводы.

Культуртехнические работы и мелиорации.

Под общим названием культуртехнических работ подразумевается техническое обследование, работы и мероприятия, направленные к наивыгоднейшему с.-хозяйственному использованию земли.

При этих работах прежде всего необходим точный учет состава почвы, ее происхождения, рельефа и водного режима. Этот учет требует выяснения распределения на исследуемом участке земли сельскохозяйственных угодий, в связи с природными условиями самого участка.

Часто выводы культуртехнического обследования требуют уничтожение вредного избытка влажности почвы (осушение) или, наоборот, добавочное использование воды в целях удобрения и увлажнения (орошение).

Осушение и орошение, являясь частью культуртехнического воздействия на почву, называются *мелиорацией*.

Под с.-х. мелиорацией следует понимать длительные улучшения естественных природных условий сельского хозяйства путем соответствующих инженерных сооружений (с.-х. гидротехника). К области специальной с.-х. гидротехники относятся:

- 1) Разработка плана водного хозяйства на основе соответствующих исследований;

- 2) Регулирование режима рек, ручьев и озер;

- 3) Проектирование и выполнение работ по осушению и орошению улучшаемых участков;

- 4) Укрепление оврагов и песков;

- 5) Работы по сельскому водоснабжению.

В основу культуртехнических работ вообще и мелиоративных в частности необходимо частью ложатся

геодезические изыскания. Неизбежность в этих случаях геодезических изысканий объясняется тем, что современные карты общегосударственного масштаба не содержат тех деталей, которые необходимы для этих работ. Для культурного воздействия на землю культуртехнику (агроному или инженеру-агроному) нужны планы или карты, на которых точно, ясно и подробно изображен рельеф местности и другие части ситуации. Поэтому, все культуртехнические работы всегда сопровождаются геодезическими съемками в крупном масштабе и с детальным выяснением рельефа. Все виды геодезических совместных съемок, начиная от тригон. сети до фотосъемок, широко применяются при мелиорациях. На основании соответствующих соображений по плану, карте или профилям разрабатываются проекты мелиораций. Эти проекты намечают для осуществления линии каналов, канав или плотин определенных уклонов, профилей, длины и направлений.

Проектирования в мелиорациях носят характер ответственных работ, так как выполнение их в натуре сопровождается дорогими сооружениями, дальнейшая судьба которых всецело зависит от правильности произведенных расчетов.

Полесье, Юго-Восток, далекий Туркестан уже видели начало мелиораций.

Еще огромные площади в России (около 90 миллионов десятин) ждут своей очереди.

Дорожные изыскания.

Чем культурнее страна, тем гуще сеть ее дорог.

Железные дороги, шоссейные, грунтовые, водные— необходимы для каждой страны.

Устройство их требует специальных изысканий, в которых геодезические работы считаются первыми по своей важности.

Проектирование дороги начинается с геодезических изысканий.

Производится съемка и нивелировка оси будущего пути, намечаются варианты, чертятся профиля и на них наносится проект, согласно технических условий.

Основа дорожного проекта — профиль.

Основа профиля — нивелирование.

Главное внимание изыскателя направляется на нивелирование. Здесь применяется, главным образом, геометрическое нивелирование, иногда и прецизионное, тахеометрия и, в последнее время, фотосъемка. Изыскания ведутся от одной начальной точки по направлению к другой, конечной.

Линия идет полями, лесами, в которых прорубаются просека, пересекает реки, обходит заселенные места и все направление и каждый отдельный поворот задаются, сообразуясь с рельефом местности, грунтом и другими техническими выражениями.

Перед начальником изысканий стоит задача, угадывая местность, ее рельеф и другие условия, давать такое направление оси будущей дороги, чтобы последующая съемка и нивелировка подтвердили возможность постройки дороги в заданном направлении.

Неудачное направление изменяется и заменяется другим вариантом.

Сложный, гористый рельеф необычайно усложняет дело.

Реки судоходные и сплавные требуют к себе также внимательного отношения.

Регулирование берегов, шлюзование, соединение каналами рек и озер предваряются соответствующими изысканиями.

Здесь также первое место принадлежит нивелированию. Реки с малыми уклонами особенно капризны в своем течении.

Спрямление русла увеличивает уклон и скорость течения.

На этом, между прочим, основано уменьшение заболоченности поенных лугов.

Проектирование шоссейных и грунтовых дорог, для более простых сооружений, чем железные дороги и реки, требует и более простых изысканий и менее точных нивелирований.

Горные разработки.

При горных разработках на топливо, руду и другие ископаемые важно знать глубину и мощность пласта, его направление, распространение и пр.

Чтобы уловить все эти размеры и связать их с поверхностью земли, при горных разработках представляется необходимым произвести съемки как на поверхности земли, так и под землею.

Съемки надземные и подземные через выходы (шахты) должны быть связаны между собой.

Подземные съемочные и нивелирные работы, вследствие своеобразных условий (отсутствие дневного света, теснота выработок и пр.), отличаются от надземных своими специальными особенностями.

Установка инструментов, освещение нитей в трубах, вешек и реек, все это, до известной степени, обособило технику подземной съемки от техники надземной.

Подземная съемка даже получила особое название — „маркшейдерское искусство“.

Особую важность в маркшейдерском искусстве имеет вопрос о связи надземной съемки с подземной. Эта связь производится через узкие и глубокие шахты и малейшая ошибка в этом месте может сильно отразиться на всей ориентировке подземной части.

Так как по данным маркшейдерской съемки производятся работы по расширению подземной выработки, то эти данные должны быть безупречны.

Здесь ошибки могут быть губительны для жизни многих людей.

Сознавая важность и серьезность маркшейдерских работ, стремятся сделать их возможно точными.

К сходственным работам следует отнести и работы по прорытию тоннелей.

Эти работы должны привести к проведению подземного тоннеля, иногда в несколько верст длиною, по определенному направлению и с определенными уклонами.

Как при макшайдерских съемках, так и при проведении тоннеля очень важно составление точной тригонометрической сети.

Примеры из этой области, когда ось тоннеля выходила через гору в намеченную точку с ничтожными уклонениями, всегда будут служить лучшим вознаграждением за понесенный труд и лишения инженерам, выполнившим эти точные работы.

Военное дело.

Современная военная техника необычайно сложна. Кажется, все завоевания человеческого духа теперь призываются для работ на пользу боя войны.

Для военных карт нужна не менее пороха.

Главнокомандующему нужна *стратегическая карта*, способная дать ответы на общие вопросы о группировке главных масс войск, о расположении крепостей, городов, рек, морей, гор.

Эта карта по преимуществу мелкого масштаба — географического характера.

Чем ниже будем опускаться по командной лестнице, тем большую потребность будем наблюдать в подробной, топографической карте. Начальник участка окопов, сидящий со своей частью в непосредственной близости от неприятеля, все время запрашивается штабами о расположении неприятеля.

Все эти сведения должны быть нанесены на карту.

Непрестанные разведки с фронта дополняются и исправляются аэрофотосъемками с аэропланов.

Прошлая война впервые в мировой истории заставила неприятелей бояться воздушных разведок.

В этом отношении аэрофотосъемка сыграла огромную роль.

В настоящее время вполне выяснилось, что в военном деле совершенно необходима точная, подробная топографическая карта.

Изображение рельефа штрихами, что в XIX столетии вполне удовлетворяло военных, теперь безвозвратно оставлено и заменено менее наглядным, но более точным выражением рельефа через горизонтали.

Во время войны поздно составлять карту, поэтому военным ведомством постоянно ведутся съемочные работы в тех местностях, где возможны военные действия. Во время же войны возможно дополнение карт в тылу или же рекогносцировки и разведки на фронте.

Для таких летучих работ применяется преимущественно *плазомерная съемка*.

В тылу же военным ведомством карты составляются очень высокого качества.

До 1918 г. в России составляло карты только Военно-Топографическое Управление. С 1918 г. эта же работа легла на Высшее Геодезическое Управление.

Различные исследования.

Исследования почвенные, геологические, гидрогеологические, гидрографические, магнитные, минералогические постепенно умножаются и расширяются с каждым годом.

Составляются общие и частные *почвенные* карты при обследовании распространения и границ различных почв; геологические карты еще очень далеки от своего завершения: к составлению гидрогеологических карт только недавно положили начало; магнитные сплошные съемки намечены на ближайшее будущее и теперь имеются результаты только разрозненных наблюдений.

Все эти исследования, производимые по лицу земли, нуждаются в канве, по которой они будут вышивать свои затейливые и подробные узоры.

Для этих исследований нужны топографические карты; если их нет,—исследователям приходится начинать сначала; на примере гидрографических исследований можно отметить составление новых и иногда подробных карт больших рек, берегов морей и океанов с соответствующими измерениями их глубин.

Эти работы производятся с применением многих и точных приемов геодезии.

Для гидрогеологических исследований составлялись карты и точные и подробные.

Почвенные, геологические и другие работы сопровождаются дополнительными геодезическими работами, иногда даже очень несложными, до глазомерных съемок включительно.

В путешествиях в малоисследованных странах редко приходится руководствоваться уже готовыми картами,

Компас, звезды и солнце часто здесь являются единственными путеводителями.

Зато каждый европеец, попадающий в малоизвестную страну старательно зарисовывает свой путь, определяет широты и долготы важных пунктов, замечает рельеф, иногда по барометру, и тем самым делает ценный вклад в географию.

Городские съемки.

Совершенно своеобразными геодезическими работами представляются *городские съемки*.

Высокая стоимость земли и высокое, сравнительно, городское благоустройство, придают городским съемкам своеобразный характер.

На городских планах должны быть точно, со всеми подробностями, показаны улицы и усадебные места.

Улицы, являясь землею общественного пользования, целиком находятся в ведении городских управлений.

Улицами пользуются для ходьбы, езды, для освещения, канализации, водопровода. Улицы, узкие полоски

земли, используются необычайно продуктивно и поэтому они должны отвечать целому ряду требований: они должны быть чистыми и вода не должна на них задерживаться,—для этого улицы мостятся и им придают особый профиль и уклоны.

По улицам прокладывают линии трамваев, устанавливают фонари для освещения; под улицами прокладывают трубы водопровода, канализации и даже подземные железные дороги.

Чтобы все это устроить на улице и под ней,—она должна быть очень точно измерена и пронивелирована.

Поэтому, для каждого культурного города важно иметь точные нивелирные планы улиц.

Съемка и нивелирование городских улиц производится самым точным образом. Здесь, действительно, имеет значение каждый вершок.

Масштабы для планов улиц выбираются очень крупные: одна, две, пять саженей в дюйме. Для составления общего плана города нужно связать съемки отдельных линий в крепкую, точную сетку.

Это возможно исполнить, применивая тригонометрическую сеть и точные продольные, *полигонометрические* хода. Нивелирование в городе особенно важно для замощения и канализации.

Здесь имеют большое значение малые уклоны и за них должно отвечать нивелирование.

При густом городском населении, при тесноте земельной площади, усадебные участки приобретают особенную ценность.

По многим соображениям планы этих усадебных мест совершенно необходимы.

Составляются они также в крупном масштабе, чтобы по этим планам точно можно было судить и о площади, занимаемой усадьбой, и о постройках.

Лесные съемки.

В большом лесу не мудрено заблудиться.

Долго можно блуждать между деревьями и не видеть просвета ни впереди, ни вверху.

Но вот появился просек. По просеку можно выбраться на дорогу. Просек—первый признак культуры в лесу.

Лесоустройство начинается с просеков, которыми лес делят на кварталы.

Кварталы бывают разных размеров, но пронумерованные они как бы освещают лес, придают ему определённость.

Не перекрестках кварталов стоят столбы с номерами. По этим номерам и по плану легко в лесу ориентироваться.

Лесоустройство начинается со съемки вокруг леса, потом выделяются поляны, измеряются реки, дороги и пр.

На лесном плане должны быть показаны породы деревьев, их возраст и густота насаждений.

Для таких съемок применяется и угломерный инструмент и мензула.

С мензулой здесь работать удобнее.

В устроенных, дорогих лесах заботятся о его состоянии, прочищают, подсаживают, охраняют от пожаров.

Есть леса, в которых производятся лесные мелиорации, но это является исключением.

Мелиорации опираются на съемки и нивелирование, которые и производятся обычными способами.

В высококультурных лесах, как напр. в лесу Петровской С. Х. Академии, усиленно следят за движением и влиянием на лес грунтовых вод, горизонты которых связываются нивелированием.

Можно было бы привести еще много примеров приложения геодезии, но и приведенных уже вполне достаточно, чтобы увидеть, какое широкое применение имеет геодезия в различных работах.

Платон, греческий ученый-философ, живший от 428 г. до 347 г. до Р. Хр. на дверях своей школы академии написал:

„Nemo geometriae ignarus ingrediatur.“

(„Да не входит сюда незнающий геометрии“).

Он был горд.

Мы знаем несколько больше Платона, и история кое-чему научила нас. Мы знаем, что сейчас наши знания для нас велики, но пройдут года и новым поколениям они покажутся малыми.

Все течет.

Изучая историю развития наук, мы можем наметить себе путь для дальнейшей работы.

