ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК СССР. 1929.

BULLETIN DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS

Classe des Sciences Physico-Mathématiques

Отделение Физико-Математических Наук

# ВЫСОТА ГОРЫ И ПУНКТА УЭЛЬС ХЭД В ГРАДУСНОМ ИЗМЕРЕНИИ НА ШПИЦБЕРГЕНЕ [1]

А. С. ВАСИЛЬЕВА

*(Представлено академиком* **А. А. Белопольским** *в заседании Отделения Физико-Математических Наук 23 февраля 1927 года)*

## § 1. Материалы для определения высот на Шпицбергене.

В первые же дни по прибытии на Шпицберген в 1899 г. мне стало ясным, что простейшим и наилучшим методом для установления рельефа исследуемых там местностей в условиях нашей организации могут быть только барометрические определения. Этим определениям я уделил много внимания уже на первом своем геодезическом пункте мысе Ли (Lee).[2]

По окончании экспедиции, при построении карты Шпицбергена правильность этого взгляда подтвердилась во всей полноте.[3] Определение высот геометрическим нивеллированием не входило в установленные программы и было выполнено только для восточной оконечности русского базиса; тригонометрические данные оказались мало пригодными по их малочисленности и вследствие громадности сторон треугольников в 60, 90, 110 и 140 километров. Высоты, полученные из кипрегельных засечек в съемках топографов, оказались только в береговой полосе Стурфиорда шириною 5—6 *км*. К тому же сравнение случайно накопившихся моих повторных барометрических определений высот на горе Чебышева, что над нашим зимовьем,

[1] В научных собраниях Пулковской Обсерватории 15 и 21 мая 1926 г. автором были сделаны по существу предлагаемого исследования следующие доклады: 1) «Вероятнейший результат измерений одной и той же величины несколькими приборами»; 2) «Обработка измерений одной и той же величины двумя инструментами в монографии Observations au Whales Head par le Dr. S. Kostinsky, 1925 г.»; 3) «Высота горы и пункта Уэльс Хэд в градусном измерении на Шпицбергене». 21 мая состоялся обмен мнений по всем докладам.

[2] A. S Wassiliew. Observations au cap Lee. St. Pétersb., 1909. Таблицы для вычисления высот на стр. 72—76, определения высот на стр. 119—123.

[3] Целью русской экспедиции на Шпицберген было производство градусного измерения совместно с экспедицией шведской. О составлении карты Шпицбергена и об определении высот так, как это получилось в процессе работы у меня, не было речи ни в протоколах Шпицбергенской Комиссии ни в программах экспедиции. Предполагалось, что геологи экспедиции произведут фотограмметрические съемки местностей, ближайших к геодезическим станциям. См. Протоколы, § 29.

с горизонталями топографической съемки для этой горы показали, что кипрегельные засечки могут сопровождаться большими погрешностями.

И потому с целью построения рельефа местности на своей карте Шпицбергена я с величайшим вниманием обработал накопившиеся у меня при моих маршрутах барометрические определения высот количеством до 2801 в 455 точках. Эти мои определения уже в 1904 г. на предварительном эскизе карты вместе с береговой съемкой топографов послужили И. Бонсдорфу для его монографии о местных притяжениях.[1] Впоследствии мне удалось получить наблюдения над давлением атмосферы А. Д. Педашенко на пунктах Гельвальд и Форвекслинг (мыс Недоразумения), а затем отыскались случайные отсчеты по анероидам и других наблюдателей, оказавшиеся впрочем негодными по отсутствию сравнений анероидов с барометром, обеспечивающих знание постоянных поправок.

Для высоты геодезического пункта Уэльс Хэд я не располагал никакими данными. Можно было расчитывать достаточно полные данные найти в соответственной монографии, которая начала печататься в 1904 г. Однако монография эта[2] вышла в свет в 1925 г., на 16 лет позднее исполнения моей карты Шпицбергена и даже уже после ее напечатания. На карту попали данные, сообщенные мне приватно.

Действительно, в монографии на стр. 101—107 мы находим главу, посвященную специально определению барометрической высоты геодезического пункта. Было выполнено 10 рейсов с карманным анероидом от сигнала к уровню моря и обратно и еще 5 рейсов с двумя анероидами: карманным Ноде и столовым анероидом Рихтера. Кроме этого на стр. 116—123 мы находим таблицу «метеорологических наблюдений» и в ней колонки с «атмосферным давлением» и с «температурою воздуха» для 60 дней. В монографии высота горы и сигнала выведены из 15 рейсов.

## § 2. Метод вычисления барометрических высот, точность их.

Все мои определения высот для карты Шпицбергена построены на сравнении наблюденных атмосферных давлений и температур с одновременными давлениями и температурами на уровне моря, доставленными или метеорологическими станциями русской и шведской, устроенными на Шпицбергене в 1899 и 1900 гг., или — в 1901 г. записями барографов на русском транспорте «Бакан» и на шведском судне «Антарктик».

[1] J. Bonsdorff. Attractions locales. St. Pétersbourg, 1904.

[2] Dr. Kostinsky, membre correspondant de l'Académie des Sciences de Russie. Observations au Whales Head. Leningrad, 1925. (Commencé en 1904, achevé en 1925.)

В результате обработки моих собственных барометрических наблюдений я получил среднюю ошибку одной высоты, т. е. высоты выведенной из одного только отсчитывания анероида для точек

$$(1)\quad \begin{cases} \text{южного листа карты } \mu = \pm 6{,}63^{м} \quad n = 311 \text{ при } 22 \text{ неизвестных,} \\ \text{северного } \text{»} \quad \text{»} \quad \mu = \pm 9{,}21 \quad n = 2192 \quad \text{»} \quad 18 \quad \text{»} \end{cases}$$

где $n$ означает количество определений.

Расстояние точек южного листа от метеорологической станции не превосходит 55 *км*, — северного доходит до 230 *км*. При этом в северный лист вошли определения, основанные в 1901 г. на записях барографов, т. е. менее точные, так как в 1901 г. станций метеорологических на уровне моря на Шпицбергене уже не было.

## § 3. Высота горы Уэльс Хэд на Шпицбергене.

Описанный метод я применил и к геодезическому пункту Уэльс Хэд. Значения давлений атмосферы на горе Уэльс Хэд, опубликованные в монографии на стр. 116—123, я сравнил с одновременными давлениями на метеорологической обсерватории русского зимовья, ввел поправки за температуру наружного воздуха на горе и на станции. Приведение времени отсчетов за разность долгот к станции зимовья я принял для Уэльс Хэда в + 10 минут. Вычисление выполнил по таблицам, составленным мною специально для шпицбергенских условий температуры, влажности воздуха и средних высот и опубликованным еще в 1909 году в моей монографии «Observations au cap Lee», стр. 72—76.

Из 231 значения давления на горе Уэльс Хэд получилось всего 231 значение высоты. В опубликованных моих монографиях[1] для всех собранных наблюдений, так как они были ежечасными, я привел значения высоты распределенными по дням и по часам суток, но здесь делать это нет оснований потому, что на пункте Уэльс Хэд наблюдения производились в сроки случайные, в некоторые дни даже по одному только разу. Нет оснований приводить и самые значения высоты; я сообщаю соответственно по датам только приведения получившихся значений к их среднему. Прибавлением этих приведений с обратным знаком к среднему значению высоты можно восстановить и отдельные значения высоты, получившиеся при вычислении.

[1] A. S. Wassiliew. Observations au cap Lee, 1909, p. 122. — A. S. Wassiliew. Observations au mont Hedgehog, 1911, p. 70. — A. S. Wassiliew. Observations au mont Tschernyschew, 1912, p. 74. — A. S. Wassiliew. Observations au mont Backlund, 1919, p. 120. Остальные пять монографий еще не опубликованы, но мною обработаны.

*Таблица 1.*

ПРИВЕДЕНИЯ К СРЕДНЕМУ ЗНАЧЕНИЙ ВЫСОТЫ ГОРЫ УЭЛЬС ХЭДА НА ШПИЦБЕРГЕНЕ.

Среднее = 332,17 м ± 0,85 м.

| 1900 г. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VI. 18 | — 1,9 м | 1 | Период наблюдений А. С. Васильева на горе Геджехог | VII. 4 | — 4,4 м | 2 | VII. 17 | + 1,5 м | 2 | VII. 26 | + 8,0 м | 1 | VIII. 4 | + 30,9 м | 1 | VIII. 12 | — 16,5 м | 2 |
| | — 12,9 | 1 | | 5 | — 4,8 | 2 | | — 0,4 | 2 | | + 4,7 | 0 | | + 30,3 | 1 | | — 13,5 | 2 |
| 19 | — 7,7 | 0 | | | — 9,4 | 2 | | — 11,2 | 2 | | + 3,9 | 2 | | + 22,2 | 2 | | — 16,8 | 2 |
| | — 5,6 | 0 | | | — 13,2 | 0 | | — 11,7 | 2 | | — 1,2 | 2 | 5 | + 28,1 | 2 | | — 20,0 | 2 |
| | — 2,9 | 1 | | | — 0,7 | 2 | | — 6,6 | 2 | 27 | — 5,5 | 2 | | + 43,7 | 2 | | — 15,0 | 2 |
| 20 | — 12,5 | 2 | | 6 | — 4,0 | 2 | | — 6,8 | 2 | | — 5,6 | 1 | | + 46,2 | 2 | | — 16,1 | 2 |
| | — 26,9 | 1 | | | — 8,1 | 2 | | — 3,7 | 2 | | — 5,6 | 0 | | + 37,3 | 2 | | — 15,6 | 2 |
| | — 24,8 | 1 | | | — 7,8 | 2 | | — 4,9 | 2 | | — 4,8 | 0 | 6 | + 37,6 | 2 | | — 10,3 | 2 |
| 21 | — 49,2 | 2 | | 7 | + 0,5 | 2 | 18 | — 12,5 | 2 | | — 6,6 | 0 | | + 27,5 | 2 | | — 12,7 | 2 |
| | — 10,5 | 1 | | | + 0,5 | 2 | | — 5,7 | 2 | 28 | + 1,2 | 0 | | + 31,6 | 2 | | — 13,5 | 1 |
| 22 | — 12,5 | 1 | | | — 7,5 | 2 | | — 1,3 | 1 | | — 1,1 | 0 | | + 36,7 | 2 | 13 | — 16,8 | 1 |
| | — 22,4 | 1 | | | — 0,6 | 1 | | + 5,4 | 1 | | — 0,4 | 0 | 7 | + 35,5 | 2 | | — 18,5 | 1 |
| | — 20,4 | 1 | | 8 | + 0,9 | 1 | 19 | + 1,7 | 1 | | — 0,9 | 1 | | + 26,3 | 2 | | — 16,8 | 1 |
| 23 | — 20,3 | 1 | | | + 0,5 | 1 | | + 5,5 | 0 | | — 7,1 | 1 | | + 41,3 | 2 | | — 17,5 | 1 |
| | — 24,2 | 1 | | | — 1,6 | 1 | | + 1,0 | 0 | 29 | — 2,0 | 2 | | — 1,3 | 1 | | — 13,8 | 0 |
| 24 | + 1,7 | 1 | | | — 4,4 | 1 | | + 8,8 | 1 | | — 4,0 | 2 | 8 | + 0,1 | 2 | | — 18,1 | 1 |
| | — 6,4 | 1 | | | — 3,1 | 1 | 20 | + 0,8 | 1 | | — 0,7 | 2 | | — 4,2 | 1 | 14 | — 16,2 | 2 |
| | — 6,5 | 1 | | | + 0,7 | 1 | | — 3,3 | 2 | | — 5,7 | 2 | | — 4,1 | 1 | | — 13,6 | 2 |
| 25 | — 20,1 | 1 | | | — 5,1 | 1 | | + 0,9 | 2 | | — 6,9 | 2 | | — 4,1 | 1 | | — 6,0 | 1 |
| | — 17,0 | 1 | | | — 4,0 | 1 | | + 1,8 | 0 | | — 13,6 | 2 | | + 2,2 | 1 | | — 5,7 | 2 |

| | | |
|---|---|---|
| | — 23,9 | 1 |
| 26 | — 7,1 | 1 |
| | + 2,9 | 2 |
| 27 | — 3,8 | 1 |
| 28 | — 13,3 | 0 |
| | — 4,8 | 0 |
| | — 3,2 | 1 |
| | — 3,9 | 0 |
| 29 | — 8,9 | 0 |
| 30 | — 20,3 | 1 |
| VII. 1 | — 17,3 | 1 |
| | — 37,3 | 1 |
| 2 | + 7,9 | 0 |
| | + 3,0 | 2 |
| 3 | + 5,2 | 2 |
| | + 3,8 | 2 |
| | + 2,7 | 2 |
| | — 1,1 | 2 |
| | — 7,0 | 2 |
| 4 | — 1,0 | 2 |
| 9 | + 8,6 | 2 |
| | + 10,4 | 0 |
| | + 9,6 | 2 |
| 10 | + 18,3 | 2 |
| | + 27,1 | 2 |
| | + 17,0 | 2 |
| 11 | + 20,3 | 2 |
| 12 | + 7,9 | 1 |
| | + 3,6 | 0 |
| 13 | — 3,8 | 1 |
| | — 7,3 | 1 |
| | — 4,6 | 0 |
| | + 1,7 | 0 |
| 14 | + 0,1 | 0 |
| | + 5,4 | 0 |
| | + 9,3 | 0 |
| 15 | + 13,6 | 0 |
| | + 16,5 | 0 |
| | + 3,2 | 0 |
| 16 | — 3,9 | 1 |
| 21 | — 0,1 | 0 |
| | + 1,2 | 0 |
| | + 0,4 | 2 |
| | — 2,6 | 2 |
| 22 | — 5,2 | 2 |
| | — 6,3 | 2 |
| | — 6,4 | 2 |
| 23 | — 5,6 | 2 |
| | — 4,7 | 2 |
| | — 2,0 | 2 |
| | + 12,7 | 1 |
| 24 | + 11,0 | 2 |
| | + 7,7 | 2 |
| | + 8,1 | 2 |
| | + 3,7 | 0 |
| 25 | — 1,1 | 0 |
| | + 1,6 | 1 |
| | — 0,1 | 2 |
| | — 0,4 | 1 |
| | + 9,2 | 1 |
| | — 10,1 | 2 |
| | — 1,6 | 2 |
| 30 | — 9,9 | 2 |
| | + 4,2 | 2 |
| | + 4,1 | 2 |
| | + 6,5 | 2 |
| 31 | + 3,1 | 2 |
| | + 11,3 | 2 |
| | + 10,6 | 2 |
| VIII. 1 | + 0,5 | 2 |
| | + 4,2 | 2 |
| | + 12,0 | 2 |
| 2 | + 10,3 | 2 |
| | + 13,7 | 2 |
| | + 24,1 | 2 |
| 3 | + 23,0 | 2 |
| | + 20,2 | 2 |
| | + 10,5 | 2 |
| | + 10,9 | 2 |
| 4 | + 22,1 | 2 |
| | + 2,2 | 1 |
| | + 2,8 | 1 |
| 9 | — 2,0 | 0 |
| | + 2,5 | 0 |
| | + 9,4 | 0 |
| | + 5,9 | 1 |
| | + 12,9 | 1 |
| | + 11,5 | 1 |
| | + 12,0 | 1 |
| | + 11,8 | 1 |
| | + 15,2 | 1 |
| | + 14,8 | 1 |
| 10 | + 23,3 | 2 |
| | + 18,0 | 2 |
| | + 13,1 | 0 |
| 11 | + 19,8 | 1 |
| | + 25,0 | 1 |
| | + 21,4 | 1 |
| | — 12,0 | 1 |
| 12 | — 14,8 | 2 |
| | + 9,2 | 1 |
| 15 | + 2,6 | 1 |
| | — 1,7 | 1 |
| | — 5,7 | 1 |
| | — 12,3 | 1 |
| | — 20,5 | 1 |
| | — 21,7 | 1 |
| 16 | — 18,4 | 0 |
| | — 15,6 | 1 |
| | — 22,6 | 1 |
| | + 6,9 | 0 |

+ 1195,7

— 1195,8

± 2391,5 : 230,5 =

= ± 10,37 = ϑ.

$\mu = \pm 1{,}25\ \vartheta = \pm 12{,}96^{м}$

$\rho = \pm 0{,}85\ \vartheta = \pm 8{,}84$

0 = 38; тихо, ветра нет

1 = 85; слабый ветер

2 = 108 { или шторм, или сильный ветер, или ветер.

Значение среднего относится к уровню палатки, которая в 1900 г. стояла, как пояснено в тексте монографии, ниже горизонтальной оси угломерного инструмента Траутона на $5{,}9^{м}$, а ось была ниже вершины сигнала на 3,57 *м* (стр. 106). Высота сигнала над почвой у его основания в монографии не показана, но над центром, закопанным в почву, она сообщена равной + 6,52 *м*.

Приведения к среднему, показанные в таблице 1, с полной ясностью выявляют систематические колебания и размер их в значениях высоты, возникшие из нарушений равновесия в атмосфере. Выделить эти систематичности мы не имеем возможности. Но, принимая во внимание, что наблюдения на Уэльс Хэде растянулись на 60 дней, мы можем действительные колебания атмосферы считать за явления случайные.

В этом предположении по формуле Петерса мы имеем

$$\vartheta = \frac{\pm [\lambda]}{\sqrt{n(n-1)}} = \frac{2391{,}5}{230{,}5} = \pm 10{,}37 \text{ метров.}$$

Отсюда средняя ошибка одного определения высоты

$$\mu = 1{,}25\,\vartheta = \pm 12{,}96 \text{ метров.} \tag{2}$$

Для уровня палатки на Уэльс Хэде в 1900 г. получается:

| | |
|---|---|
| Высота (среднее из 231 значений) . . . . . | $= 332{,}17^{м} \pm 0{,}85^{м}$ |
| Поправка за высоту над уровнем моря нуля барометра метеорологической станции . | $= + 4{,}5$ |
| Высота палатки над уровнем моря . . . . . | $= 336{,}67^{м} \pm 0{,}85^{м}$. |

В монографии «Observations au Whales Head» показаны в результате выводов из 15 рейсов с анероидами:

| | |
|---|---|
| Высота палатки над уровнем моря . . . . . | $= 340{,}98^{м} \pm 0{,}76^{м}$ |
| Средняя ошибка одного определения высоты . | $= \pm 7{,}14$. |

## § 4. Результаты исследования барометрического материала, собранного на пункте Уэльс Хэд на Шпицбергене.

В предыдущем моем выводе высоты Уэльс Хэда особенно выступает большой размер средней ошибки $\mu = \pm 12{,}96$ *м* одного определения высоты. Ведь пункт Уэльс Хэд от метеорологической станции отстоит всего на 90 *км* и потому на основании моего опыта (1) (см. § 2) определения

высот даже для точек северного листа карты можно было бы ожидать среднюю ошибку одного определения высоты не большей $\pm 6$ или $\pm 7$ *м* и для рейсов не $\pm 7{,}14$ *м*, а всего $\pm 4$ *м*.

Это обстоятельство вместе с отступлением получившегося у меня значения высоты от данного в монографии на

$$\overset{м}{340{,}98} \pm \overset{м}{0{,}76} - \overset{м}{336{,}67} \pm \overset{м}{0{,}85} = \overset{м}{4{,}31} \pm \overset{м}{1{,}14}$$

побудило меня подвергнуть особо внимательному изучению самые барометрические материалы, опубликованные в монографии. Я не ожидал, что примененный мною метод барометрического нивеллирования, давший в худших, иногда тяжелых походных условиях хорошие результаты, может дать худшую сходимость в обстановке спокойного пребывания на горе, правда, в течении 60 дней. Это исследование привело к неожиданным выводам и его пришлось ради ясности изложения выделить особо.[1] Оказалось, что показания карманного анероида Ноде имеют вес в 16,3 раз меньший, чем другого анероида столового Рихтера и что сообщенные в монографии в таблице метеорологических наблюдений давления атмосферы «в большей части средние из двух анероидов Ноде и Рихтера, приведенные к 0° и исправленные всеми их поправками», не соответствуют правильному выводу значений постоянных поправок анероидов $\Delta N$ и $\Delta R$. Это доказывают выражения (54), (55), (58), (59), (62) и таблица 7 моего упомянутого исследования.

### § 5. Высота горы Уэльс Хэд из пяти рейсов с двумя анероидами.

В результате исследования оказалось наиболее надежным отказаться совсем от выводов монографии «Observations au Whales Head» и для определения высоты использовать только отсчеты приборов, подлинно там сообщенные. Из 15 рейсов спуск к морю — подъем на гору, приведенных в подлиннике материалов на стр. 105 монографии, я предпочел вследствие малого веса показаний анероида Ноде использовать только те 5, в которых участвовал анероид Рихтера, лучший. Уравнительное вычисление для получения вероятнейших значений давления атмосферы, отсчитанного по двум анероидам, приведено в упомянутом моем исследовании, в таблице 6, § 10. Вычисляя высоту по этим значениям с моими же вспомогательными таблицами высот, опубликованными в 1909 г.,[2] имеем:

[1] А. С. Васильев. Вероятнейший результат измерения одной и той же величины несколькими инструментами. Часть первая, см. ИАН, 1927, № 5—6, часть вторая—ИАН, 1927, № 7—8.

[2] A. S. Wassiliew. Observations au cap Lee, 1909, p. 72—76.

*Таблица 2.*

ВЫСОТА ГОРЫ УЭЛЬС ХЭД НА ШПИЦБЕРГЕНЕ ИЗ РЕЙСОВ С ДВУМЯ АНЕРОИДАМИ.

| Дата | Час | Рихтер | Ноде | $P-H$ | Вероятнейшее значение | $H_1-H_0$ | $(H_1-H_0)\alpha t$ | Высота горы | Приведения к среднему $v$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | мм | мм | мм | мм | м | м | м | м |
| VII. 14 | 0ч49м | 732,49 | 733,06 | — 0,57 | 732,52 | 336,90 | + 2,47 | 339,37 | — 1,32 |
| | 1 37 | 763,96 | 765,39 | — 1,43 | 764,05 | | | | |
| | 2 12 | 764,03 | 765,29 | — 1,25 | 764,12 | 335,15 | + 2,21 | 337,36 | + 0,69 |
| | 3 57 | 732,70 | 733,59 | — 0,89 | 732,75 | | | | |
| VII. 15 | 0 50 | 731,24 | 732,10 | — 0,86 | 731,29 | 334,30 | + 1,17 | 335,47 | + 2,58 |
| | 1 32 | 762,48 | 763,20 | — 0,72 | 762,52 | | | | |
| | 4 37 | 762,78 | 763,63 | — 0,85 | 762,83 | 336,73 | + 1,17 | 337,90 | + 0,15 |
| | 6 4 | 731,34 | 731,78 | — 0,44 | 731,37 | | | | |
| VII. 19 | 7 57 | 719,34 | 719,65 | — 0,31 | 719,36 | 330,04 | + 1,21 | 331,25 | + 6,80 |
| | 8 50 | 749,61 | 750,76 | — 1,15 | 749,68 | | | | |
| | 9 57 | 749,93 | 750,75 | — 0,82 | 749,98 | 333,98 | + 1,35 | 335,33 | + 2,72 |
| | 11 49 | 719,20 | 719,13 | + 0,07 | 719,20 | | | | |
| VII. 26 | 5 57 | 731,12 | 731,29 | — 0,17 | 731,13 | 337,57 | + 2,41 | 339,98 | — 1,93 |
| | 6 42 | 762,65 | 763,04 | — 0,39 | 762,67 | | | | |
| | 8 51 | 762,81 | 763,66 | — 0,85 | 762,86 | 339,57 | + 1,49 | 341,06 | — 3,01 |
| | 11 12 | 731,15 | 730,84 | + 0,31 | 731,13 | | | | |
| VIII. 5 | 0 47 | 732,28 | 732,33 | — 0,05 | 732,28 | 332,92 | + 9,99 | 342,91 | — 4,86 |
| | 1 35 | 763,50 | 762,22 | + 1,28 | 763,42 | | | | |
| | 4 42 | 763,40 | 764,74 | — 1,34 | 763,48 | 332,31 | + 7,59 | 339,90 | — 1,85 |
| | 6 4 | 732,37 | 732,65 | — 0,28 | 732,39 | | | | |

Среднее: $h = 338{,}053 \begin{matrix} +12{,}94 \\ -12{,}97 \end{matrix}$

$$[vv] = 82{,}3629$$

$$\mu^2 = \frac{[vv]}{n-1} = 9{,}151433$$

$$\mu = \pm 3{,}03^{м}; \quad \mu_h = \frac{\pm 3{,}03^{м}}{\sqrt{10}} = \pm 1{,}00^{м}$$

Следовательно в 1900 г. на горе Уэльс Хэд:

| | | |
|---|---|---|
| Высота палатки над уровнем моря ..... | 338,05 м | ± 1,00 м |
| Средняя ошибка одного определения..... | | ± 3,03 |
| Отдельных определений всего ..... | 10 | |

## § 6. Превышение геодезического пункта Геджехог над пунктом Уэльс Хэд.

Для бо́льшей надежности выводов воспользуемся еще тем обстоятельством, что наблюдатели[1] в 1900 году на геодезический пункт Уэльс Хэд вступили почти в то самое время 17 июня в 10 ч. в., как и я на гору Геджехог 18 июня в 4 ч. 52 м. д. Я прошел с инструментами и провиантом пешком с нашего зимовья по ледникам поперек Шпицбергена, они высадились с ледокола из Стурфиорда. Через 8 дней, 26 июня я уже покинул сигнал Геджехог, закончивши там все астрономические, геодезические работы даже по расширенной вдвое, чем требовалось, программе. Так как у меня на горе метеорологические наблюдения производились ежечасно, то с 18 по 26 июня все определения давления атмосферы на Уэльс Хэде находят почти одновременные соответственные отсчеты у меня на Геджехоге. Монография моя «Observations au mont Hedgehog» опубликована в 1911 г.

Выписываем из моих метеорологических наблюдений, стр. 76—81, давления и температуру воздуха, соответствующие моментам наблюдения на Уэльс Хэде. Выписываем и из монографии «Observations au Whales Head», 1925 г., стр. 116, соответственные данные. Уэльс Хэд восточнее Геджехога только на 4 минуты времени. Для иллюстрации состояния атмосферы и самих наблюдений я привожу кроме температур воздуха на этих пунктах, еще температуру воздуха на метеорологической станции нашего зимовья, расположенного в 32 *км* к западу от Геджехога, в 90 *км* от Уэльс Хэда к юго-западу и в 4 *м* над средним уровнем моря. По соответственным па̀рам данных давлений и температур воздуха вычисляем значения разности высот сигналов Геджехог и Уэльс Хэд. Пользуемся и здесь моими вышеупомянутыми вспомогательными таблицами для вычисления высот.

[1] С. К. Костинский и А. Д. Педашенко, астрономы.

*Таблица 3.*

## ПРЕВЫШЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ПУНКТА ГЕДЖЕХОГ НАД ПУНКТОМ УЭЛЬС ХЭД В ГРАДУСНОМ ИЗМЕРЕНИИ НА ШПИЦБЕРГЕНЕ.

| Дата | Час | Давления атмосферы | | Температура воздуха | | | Превышение Геджехог — Уэльс Хэд | | Приведение к среднему сост. атм. | | Превышение приведенное Геджехог — Уэльс Хэд | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Геджехог | Уэльс Хэд | Геджехог | Уэльс Хэд | Горнзунд | $(H_1-H_0)$ $\alpha t$ | $v$ | Геджехог | Уэльс Хэд | $(H_1-H_0)$ $\alpha t$ | $v$ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 1900 VI | | мм | мм | | | | м | м | м | м | м | м |
| 18 ♋ | 2ч 12м | 694,6 | 718,2 | — 1°,6 | + 2°,0 | + 2°,5 | 267,4 | —10,6 | 0,0 | + 1,9 | 269,3 | + 2,1 |
| | 9 12 | 697,8 | 720,6 | — 1,6 | + 0,5 | + 2,6 | 257,5 | — 0,7 | + 1,4 | + 12,9 | 271,8 | — 0,4 |
| 19 ♂ | 1 12 | 705,1 | 728,0 | + 1,5 | + 3,9 | + 3,4 | 258,0 | — 1,2 | + 5,4 | + 7,7 | 271,1 | + 0,3 |
| | 9 12 | 707,0 | 730,0 | — 1,3 | + 2,6 | 0,0 | 256,4 | + 0,4 | + 6,2 | + 5,6 | 268,2 | + 3,2 |
| 20 ☿ | 6 12 у. | 708,1 | 731,2 | + 0,8 | — 1,4 | — 0,1 | 256,5 | + 0,3 | + 3,6 | + 2,9 | 263,0 | + 8,4 |
| | 0 12 в. | 708,3 | 731,0 | + 3,0 | — 0,4 | + 4,1 | 253,4 | + 3,4 | + 0,8 | + 12,5 | 266,7 | + 4,7 |
| | 9 52 | 707,3 | 729,8 | — 2,2 | + 2,6 | + 2,8 | 250,6 | + 6,2 | — 4,2 | + 26,9 | 273,3 | — 1,9 |
| 21 ♃ | 7 12 у. | 705,9 | 728,6 | — 0,2 | + 7,5 | + 3,5 | 256,4 | + 0,4 | — 5,0 | + 24,8 | 276,2 | — 4,8 |
| | 8 12 в. | 701,5 | 724,2 | — 0,6 | + 7,0 | + 6,8 | 257,5 | — 0,7 | —24,8 | + 49,2 | 281,9 | —10,5 |
| 22 ♀ | 9 12 у. | 703,0 | 725,6 | + 0,5 | + 2,0 | + 2,9 | 254,0 | + 2,8 | + 5,0 | + 10,5 | 269,5 | + 1,9 |
| | 2 12 в. | 703,1 | 725,6 | + 1,6 | + 4,0 | + 2,0 | 254,6 | + 2,2 | + 4,6 | + 12,5 | 271,7 | — 0,3 |
| | 8 12 | 702,8 | 724,7 | + 1,6 | + 1,7 | + 1,1 | 246,9 | + 9,9 | + 0,9 | + 22,4 | 270,2 | + 1,2 |
| 23 ♄ | 8 42 у. | 700,2 | 723,2 | — 2,3 | + 2,9 | + 2,4 | 258,6 | — 1,8 | — 6,0 | + 20,4 | 273,0 | — 1,6 |
| | 1 22 в. | 700,4 | 723,6 | — 1,7 | + 4,7 | + 2,2 | 262,0 | — 5,2 | — 7,8 | + 20,3 | 274,5 | — 3,1 |
| | 9 12 | 701,6 | 724,6 | — 1,6 | + 2,4 | + 0,9 | 258,3 | — 1,5 | + 0,7 | + 24,2 | 283,2 | —11,8 |
| 24 ☉ | 0 12 в. | 705,6 | 729,4 | — 2,2 | 0,0 | + 5,2 | 264,3 | — 7,5 | + 3,8 | — 1,7 | 266,4 | + 5,0 |
| | 10 12 | 707,9 | 731,1 | — 3,4 | — 1,4 | + 2,0 | 255,6 | + 1,2 | + 7,5 | + 6,4 | 269,5 | + 1,9 |
| 25 ♋ | 9 12 у. | 709,3 | 732,8 | — 3,4 | + 1,5 | + 2,1 | 259,6 | — 2,8 | + 8,0 | + 6,5 | 274,1 | — 2,7 |
| | 5 29 в. | 708,3 | 731,3 | — 3,6 | + 2,5 | + 3,0 | 254,8 | + 2,0 | — 3,4 | + 20,1 | 271,5 | — 0,1 |
| | 8 30 | 707,9 | 731,0 | — 3,6 | + 1,9 | + 2,0 | 257,0 | — 0,2 | — 4,8 | + 17,0 | 269,2 | + 2,2 |
| 26 ♂ | 8 12 у. | 704,4 | 726,4 | — 2,2 | — 0,4 | + 1,8 | 244,7 | +12,1 | + 3,0 | + 23,9 | 271,6 | — 0,2 |
| | 2 12 в. | 702,2 | 725,2 | — 0,6 | — 0,5 | + 1,1 | 257,1 | — 0,3 | + 5,4 | + 7,1 | 269,6 | + 1,8 |
| | 8 42 | 701,2 | 725,0 | — 2,4 | — | + 2,4 | 264,6 | — 7,8 | + 5,4 | — 2,9 | 267,1 | + 4,3 |
| | | | | — 1,11 | + 2,06 | + 2,48 | 256,77 | +40,7 | | | 271,42 | +37,0 |
| | | | | | | | | —40,3 | | | | —37,0 |
| | | | | | | | $[vv] = 585,32$ | | | | 463,52 | |
| | | | | | | | $\mu^2 = 26,6054$ | | | | 21,0691 | |
| | | | | | | | $\mu = \pm 5,16$ м | | | | $\pm 4,59$ м | |
| | | | | | | | $\mu_м = \frac{\mu}{\sqrt{23}} = \pm 1,08$ | | | | $\pm 0,96$ | |

Если только температуры воздуха на Уэльс Хэде отсчитывались правильно и палатка наблюдателей или солнце не нагревали термометра, то оказывается, что на Уэльс Хэде на высоте 337 *м* было так же тепло, как и на уровне моря, временами много даже теплее. Это был самый теплый горный пункт градусного измерения.

Рассмотрение же таблицы 1 убеждает нас в том, что в течении 60 дней наблюдений на Уэльс Хэде атмосфера редко находилась в уравновешенном состоянии и что именно в те 8 дней, в которые, достигши пункта Геджехог, я совершенно закончил на нем все наблюдения, состояние атмосферы сильно отличалось от среднего состояния. Вследствие этого в столбцах 10 и 11 таблицы 3 мною даны приведения к среднему состоянию атмосферы для требуемых дат и часов, полученные для Уэльс Хэда из таблицы 1, а для горы Геджехог из таблицы на стр. 70 моей монографии «Observations au mont Hedgehog», опубликованной в 1911 году. В столбце 12 таблицы 3 даны окончательные значения высоты.

Заслуживает внимания факт, что приведение значений высоты к среднему состоянию атмосферы уменьшило среднюю ошибку вывода. Средняя ошибка одного определения высоты получилась $\pm 4{,}59^{м}$ вместо $\pm 5{,}16^{м}$. Это свидетельствует о реальности явления.

На основании данных таблицы 3 и выводов моей монографии «Observations au mont Hedgehog», 1911, стр. 71 мы имеем:

| | |
|---|---|
| Высота палатки на горе Геджехог ..... | $606{,}26^{м} \pm 0{,}38^{м}$ |
| Уэльс Хэд ниже горы Геджехог на..... | $271{,}42 \pm 0{,}96$ |
| Высота палатки на горе Уэльс Хэд..... | $334{,}84^{м} \pm 1{,}03^{м}$ |
| Приведение к вершине сигнала на Геджехоге.... | 18,6 метров |
| » » » » » Уэльс Хэде ... | 9,47 » |

## § 7. Высота Уэльс Хэда по данным анероида Ноде.

На пункте Уэльс Хэд барометрические наблюдения производились больше по анероиду Ноде; для учета рефракции в зенитных расстояниях при определениях астрономических широты, времени, отсчеты атмосферного давления производились только по анероиду Ноде. Эти обстоятельства не позволяют оставлять неизученной никакую часть подлинных материалов. Поэтому я вычислил высоту и по отсчетам только анероида Ноде, хотя,

как показано выше, вес его показаний и оказался в 16,3 раз ниже, чем анероида Рихтера и в 17,3 раза ниже веса значений, получившихся из моего уравнительного вычисления, уже использованного в § 5.

Я исходил из подлинных показаний анероида Ноде, данных на стр. 105 в монографии «Observations au Whales Head». Исправивши их за температурный коэффициент и за деления шкалы, я внес те значения постоянной поправки, которые при интерполировании вытекают из значений ее для 13 июня и 27 августа, т. е. по (32) моего предыдущего исследования, отказываясь, следовательно, от искаженных значений ($\Delta N$), выведенных в монографии на стр. 103. Так как значения $B$ высоты, получившиеся в результате этого, отступили больше, чем можно было ожидать от соответственных значений $K$ той же высоты, сообщенных в монографии (см. столбец 11 в таблице на стр. 105), то пришлось вычислить еще и значения $B'$, исходя прямо из значений давления атмосферы, напечатанных в монографии (в столбце 8, на стр. 105). Эти два вывода привожу здесь, как они получились. Согласно примечаниям в монографии значение высоты июня 25 исправлено приведением в $-5{,}9$ *м* к уровню палатки от оси угломерного инструмента, а для августа 1—2 введено приведение к уровню палатки от подошвы сигнала, т. е. $-5{,}30$ *м* $= -(5^{м}{,}9 + 3^{м}{,}57 - 4^{м}{,}17)$. Для сопоставлений присоединены и значения $K$ высоты, напечатанные в монографии (столбец 11 на стр. 105).

Таблица 4 (стр. 19) приводит к таким выводам:

1. Средняя ошибка $\mu = \pm 7{,}7$ *м* одного определения высоты по рейсам с помощью только анероида Ноде возникла почти исключительно из несовершенств самого анероида, так как в методе рейсов при спуске к морю и при подъеме от моря в тихую погоду влияние неуравновешенности атмосферы ничтожно.

2. Анероид Ноде дает значения высот преувеличенными, в данном случае получилось $h = 341^{м}{,}96$ вместо 337 *м*. Это свойство анероида Ноде установлено нами уже выше сопоставлением его показаний с показаниями анероида Рихтера и анероида № 1786 при случаях одновременных отсчитываний (см. таблицы 4 и 7 в моем предыдущем исследовании).

3. Так как в кратковременных рейсах постоянные поправки и $\Delta N$ и $(\Delta N)$ не играют никакой роли, то малое отличие разностей $B' - B$ от нуля свидетельствует о близком совпадении с моими вычислениями приведений показаний анероида за температурный коэффициент и за ошибки шкалы (но не за постоянную поправку),—показаний, сообщенных в столбце 8 на стр. 105 монографии,

*Таблица 4.*

ВЫСОТА ГОРЫ УЭЛЬС ХЭД ПО ПОКАЗАНИЯМ АНЕРОИДА НОДЕ.

| Дата | Вычисление А. С. Васильева | | | | | | Сообщено в монографии | | | Разности | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | По подлинным отсчетам | | | По выводу монографии | | | | | | | |
| | $B$ | | $v$ | $B'$ | | $v$ | $K$ | | $v$ | $B'-B$ | $K-B'$ |
| 1900 | м | м | м | м | м | м | м | м | м | м | м |
| VI. 25 | 342,8 | (348,7) | — 0,8 | 344,2 | (350,1) | — 2,7 | 345,0 | (350,9) | — 3,6 | + 1,4 | + 0,8 |
| | 342,3 | (348,2) | — 0,3 | 343,9 | (349,8) | — 2,4 | 342,7 | (348,6) | — 1,3 | + 1,6 | — 1,2 |
| 28 | 327,7 | | + 14,3 | 328,3 | | + 13,2 | 328,4 | | + 13,0 | + 0,6 | + 0,1 |
| VII. 5—6 | 362,5 | | — 20,5 | 362,3 | | — 20,8 | 356,8 | | — 15,4 | — 0,2 | — 5,5* |
| | 344,9 | | — 2,9 | 344,6 | | — 3,1 | 348,3 | | — 6,9 | — 0,3 | + 3,7* |
| 6 | 339,0 | | + 3,0 | 338,4 | | + 3,1 | 337,5 | | + 3,9 | — 0,6 | — 0,9 |
| | 337,7 | | + 4,3 | 338,4 | | + 3,1 | 338,7 | | + 2,7 | + 0,7 | + 0,3 |
| 8 | 345,6 | | — 3,6 | 350.3 | | — 8,8 | 350,2 | | — 8,8 | + 4,7 | — 0,1 |
| 14 | 347,6 | | — 5,6 | 347,3 | | — 5,8 | 345,7 | | — 4,3 | — 0,3 | — 1,6* |
| | 340,4 | | + 1,6 | 341,5 | | 0,0 | 344,9 | | — 3,5 | + 1,1 | + 3,4* |
| 15 | 333,8 | | + 8,2 | 333,9 | | + 7,6 | 333,9 | | + 7,5 | + 0.1 | 0,0 |
| | 341,7 | | + 0,3 | 341,4 | | + 0,1 | 341,4 | | 0,0 | — 0,3 | 0,0 |
| 19 | 339,6 | | + 2,4 | 339,5 | | + 2,0 | 339,7 | | + 1,7 | — 0,1 | + 0,2* |
| | 341,6 | | — 3,5 | 341,8 | | — 0,3 | 340,6 | | + 0,8 | + 0,2 | — 1,2* |
| 26 | 342,2 | | — 0,2 | 342,7 | | — 1,2 | 342,7 | | — 1,3 | + 0,5 | 0,0 |
| | 349,6 | | — 10,4 | 350,0 | | — 8,5 | 350.1 | | — 8,7 | + 0,4 | — 0,1 |
| 29 | 341,3 | | + 0,7 | 339,6 | | + 1,9 | 341,9 | | — 0,5 | — 1,7 | + 2,3* |
| | 339,8 | | + 2,2 | 339,1 | | + 2,4 | 338,0 | | + 3,4 | — 0,7 | — 1,1* |
| VIII. 1—2 | 350,7 | (356,0) | — 8,7 | 349,9 | (355,2) | — 8,4 | 349,9 | (355,2) | — 8,5 | — 0,8 | 0,0 |
| | 343,3 | (349,1) | — 1,8 | 334,1 | (339,4) | + 7,4 | 334,1 | (339,4) | + 7,3 | + 0,3 | 0,0 |
| 5 | 329,4 | | + 12,6 | 329,5 | | + 12,0 | 329,3 | | + 12,1 | + 0,1 | — 0,2 |
| | 350,6 | | — 8,6 | 350,7 | | — 9,2 | 351,1 | | — 9,7 | + 0,1 | + 0,4 |
| 7 | 329,7 | | + 12,3 | 330,4 | | + 11,1 | 336,1 | | + 5,3 | + 0,7 | + 5,7* |
| | 348,5 | | — 6,5 | 349,2 | | — 7,7 | 339,5 | | + 1,9 | + 0,7 | — 9,7* |
| 8 | 327,8 | | + 14,2 | 327,7 | | + 13,8 | 326,9 | | + 14,5 | — 0,1 | — 0,8* |
| | 334,1 | | + 7,9 | 334,0 | | + 7,5 | 336,2 | | + 5,2 | — 0,1 | + 2,2* |
| 9 | 344,0 | | — 2,0 | 342,3 | | — 0,8 | 341,7 | | — 0,3 | — 1,7 | — 0,6 |
| | 339,9 | | + 2,1 | 340,1 | | + 1,4 | 341,4 | | 0,0 | + 1,2 | + 1,3 |
| 14 | 348,4 | | — 6,4 | 347,1 | | — 5,6 | 352,5 | | — 11,1 | — 1,3 | + 5,4* |
| | 345,1 | | — 3,1 | 343,9 | | — 2,4 | 336,6 | | + 4,8 | — 1,2 | — 7,3* |
| Среднее: | 341,96 | | + 86,1 | 341,54 | | + 86,6 | 341,39 | | + 83,3 | | |
| | | | — 84,9 | | | — 87,7 | | | — 83,9 | | |
| $[vv]$ | | | 1735,34 | | | 1727,63 | | | 1529,34 | | |
| $\mu^2$ | | | 59,8394 | | | 59,5734 | | | 52,7359 | | |
| $\mu$ | | | ± 7,74 | | | ± 7,72 | | | ± 7,27 | | |

за исключением 8 VII, где в монографии просчет: вместо 765",1 показано 765",5.

4. Возникновение разностей $K-B'$, которые от разностей $B-B'$ отличаться не должны, может быть объяснено только несовершенством вычисления высот в столбце 10 стр. 105 монографии «Observations au Whales Head».

При этом примечательно то, что знаки получившихся уклонений $K-B'$ для спуска и для соответствующего подъема во всех случаях несовершенства оказались противуположными: произошло как бы приуменьшение в большинстве случаев разностей $d=$ «спуск — подъем» в таких рейсах. От этого выводы монографии дают сумму квадратов меньшую и для остаточных ошибок $v$ и для разностей $d$, именно:

$$[vv]=1529{,}34 \text{ вместо } 1727{,}63$$
$$[dd]=\ \ 439{,}77 \quad \text{»} \quad 755{,}84.$$

В таблице 4 несовершенства вычисления отмечены звездочкой в столбце уклонений $K-B'$.

## § 8. Оценка достоинства выводов, полученных методом рейсов.

Из всех точек русской триангуляции на Шпицбергене пункт Уэльс Хэд имеет наиболее легкий доступ. Легкий подъем от моря к геодезическому знаку (сигналу) и достаточное количество досуга, оказавшегося у наблюдателей во время пребывания на горе в течении 60 дней, дали возможность применить для определения высоты станции метод получасовых спусков и полутора или двух-часовых подъемов. Отсчитывания анероидов на горе и на уровне моря оказались близкими и во времени и в пространстве. Благодаря этому влияние перемен в равновесии атмосферы не сказалось на определении высот ни в таблице 2 ни в таблице 4.

Сочетание спуска к морю всякий раз с подъемом от него в 14 случаях из 16 дает нам возможность определить ошибку одной высоты.

В самом деле, получившиеся в таблицах 2 и 4 значения $h$ высоты должны удовлетворять условию

$$h_{\text{при спуске}}+\varepsilon_c-h_{\text{при подъеме}}-\varepsilon_n=0, \tag{3}$$

где $\varepsilon_c$ и $\varepsilon_n$ истинные ошибки.

Так как в действительности

$$h_c - h_n = \Delta,$$

то имеем для истинных ошибок

$$\varepsilon_c - \varepsilon_n = \Delta.$$

Отсюда квадрат средней ошибки одного отдельного определения высоты

$$\mu^2 = \frac{[\Delta^2]}{2n}. \tag{4}$$

Из таблиц 2 и 4 (по вычислению $B$ из подлинных показаний анероида) мы имеем:

*Таблица 5.*

РАЗНОСТИ ЗНАЧЕНИЙ ВЫСОТЫ «СПУСК-ПОДЪЕМ».

| Дата | Анероид Ноде | Уравненное вычисление по двум анероидам |
|---|---|---|
| | м | |
| 1900. VI. 25 | + 0,5 | |
| VII. 5—6 | + 17,6 | |
| 6 | + 1,3 | |
| | м | м |
| 14 | + 7,2 | + 2,01 |
| 15 | — 7,9 | — 2,43 |
| 19 | — 2,0 | — 4,08 |
| 26 | — 7,4 | — 1,08 |
| 29 | + 1,5 | |
| VIII. 1—2 | + 6,9 | |
| 5 | — 21,2 | + 3,01 |
| 7 | — 18,8 | |
| 8 | — 6,3 | |
| 9 | + 4,1 | |
| 14 | + 3,3 | |
| Среднее: | — 1,51 | — 0,51 |
| | $[\Delta\Delta] = 1404{,}09$ | 36,82 |
| | $\mu^2 = 50{,}1729$ | 3,6818 |
| | м<br>$\mu = \pm 7{,}28$ | м<br>$\pm 1{,}92$ |

Из этих чисел вытекает, что стрелки анероидов в методе рейсов испытывали как бы задержку своему движению,—последействие трения с неустойчивым знаком, но в среднем, бо́льшее в сторону возрастающих давлений и меньшее в сторону обратную. Этим отрицательным свойством в большей степени искажены показания анероида Ноде и в меньшей степени показания, получившиеся из моего уравнительного вычисления, т. е. в сущности показания анероида Рихтера.

Если разности «спуск-подъем» значений высоты понимать как явление случайное, то значения высот в таблице 2 и в таблице 4 (вычисление $B$ из подлинных показаний анероида Ноде) получают такие относительные веса:

$$g' : g'' = 50{,}1729 : 3{,}68 = 13{,}6 : 1, \tag{5}$$

что опять-таки близко к оценке достоинства приборов, выведенной мною в самом начале в предыдущем исследовании, § 7, из опубликованного в монографии «Observations au Whales Head» материала сравнений анероидов с ртутным барометром:

$$g' : g'' = 16{,}3 : 1. \tag{6}$$

Так как по (33) в § 11 моего предыдущего исследования все особенности анероида Ноде вошли в уравнительное мое вычисление с коэффициентом 0,06, то в выводах этого вычисления мы должны были бы ожидать систематичность «спуск-подъем» в размерах

$$-1{,}51^{м} \times 0{,}06 = -0{,}03^{м},$$

в действительности же имеем $-0{,}51^{м}$; и потому заключаем, что анероиду Рихтера свойственна систематичность «спуск-подъем» равная

$$-0{,}51^{м} + 0{,}03^{м} = -0{,}48^{м},$$

т. е. во много меньшей степени, чем анероиду Ноде.

## § 9. Оценка достоинства полученных выводов.

В результате определения различными путями высоты уровня палатки на горе Уэльс Хэд мы имеем шесть и даже восемь близко между собою сходящихся значений:

| Выводы | | | Ср. ошибка одного значения | Количество наблюдений | Пояснения |
|---|---|---|---|---|---|
| | м | м | м | | |
| 1 | 336,67 | ± 0,85 | ± 12,96 | 231×2 | 1900. VI. 18—VIII. 16 Уэльс Хэд — Горнзунд. |
| 2 | 338,05 | ± 1,00 | ± 3,03 | 10×2 | Рейсы VII. 14, 15, 19, 26 и VIII. 5. 1900. |
| 3 | 334,84 | ± 1,03 | ± 4,59 | 23×2 | 1900. VI. 18—VI. 26 Уэльс Хэд — Геджехог. |
| *B* | 341,96 | ± 1,41 | ± 7,74 | 30 | Рейсы Ноде. VI 25—VIII. 14. 1900. |
| *B'* | 341,54 | ± 1,40 | ± 7,72 | 30 | То же. Поправки анероида по методу монографии. Поверка вычислений. |
| *K'* | 341,39 | ± 1,32 | ± 7,27 | 30 | |
| *K''* | 341,02 | ± 1,13 | ± 7,09 | 40 | То же. Поправки анероидов Ноде и Рихтера по методу монографии. Поверка вычислений. |
| *K* | 340,98 | ± 1,13 | ± 7,14 | 40 | |

Выводы 1 и 3 построены на большом количестве наблюдений по двум анероидам на горе Уэльс Хэд, а на уровне моря по данным метеорологической станции. В оба вывода через исходные данные вошли искажения от метода, несоответствующего правильной обработке показаний анероидов. Размеры искажений выявлены в предыдущем исследовании. В этих выводах могли оказать свое влияние и нарушения равновесия атмосферы.

Выводы 2 и *B* формально построены одинаково: на подлинных отсчетах, — вывод *B* исключительно на показаниях анероида Ноде, вывод 2 в 0,96 доле на показаниях анероида Рихтера. Хотя вывод *B* построен даже на большем, чем вывод 2, количестве наблюдений, он должен быть отброшен потому, что вес показаний анероида Ноде слишком мал, постоянная поправка его недостаточно устойчива, а, главное, поправки шкалы его возбуждают сомнение, так как его миллиметры выходят слишком мелкими, а значения высот слишком большими.

На этом же основании должны быть исключены и выводы *B'*, *K'*, *K''*, *K*. Они построены на показаниях анероида Ноде или полностью или в большей доле. Выводы *B'* и *K'* пришлось построить только ради выявления особенностей вычислений, выполненных в монографии. Подробности сообщены в § 7. Вывод *K''* есть перевычисление того, что в монографии сделано для вывода *K*, показанного там на стр. 106. Оба вывода *K''* и *K* содержат в себе все, что выявлено выше (в § 7) в выводе *K'*, и еще по 10 наблюдений высококачественного анероида Рихтера.

## § 10. Вероятнейшее значение высоты горы и сигнала Уэльс Хэд в градусном измерении на Шпицбергене.

Из трех остающихся в конце концов приемлемыми вышевыведенных значений 1, 2, 3 высоты Уэльс Хэда можно было бы избрать только одно второе: $h = 338{,}05^{м} \pm 1{,}00^{м}$. Оно получено из вероятнейших значений давления атмосферы, наблюденных при 5 специальных рейсах «спуск-подъем» одновременно двумя анероидами. Показания анероидов подвергнуты мною исследованию и уравнены сообразно их относительному достоинству.

Так как по методу получения основных для значений высоты данных — разностей давления атмосферы на уровне моря и на горе — это второе значение наиболее свободно от нарушений равновесия в атмосфере, то и средняя ошибка одного определения высоты в этом выводе получилась небольшой: $\mu = \pm 3{,}03^{м}$. Такое уменьшение ошибки произошло, конечно, не от использования двух анероидов, а от присутствия в работе высококачественного анероида Рихтера. И потому, сожалея, что подлинных отсчетов этого анероида в монографии «Observations au Whales Head» из 202 приведено только 20 (см. таблицу 2), из них, из 20, согласно второму выводу мы имели бы:

| | | |
|---|---|---|
| Высота уровня палатки на Уэльс Хэде . . | $h = 338{,}05^{м} \pm 1{,}00^{м}$ | |
| » горизонтальной оси инструмента . | $I = 338{,}05 + 5{,}9$ | $= 343{,}95^{м}$ |
| » вершины сигнала . . . . . | $S = 343{,}95 + 3{,}57$ | $= 347{,}52.$ |

Но основательно ли ради немногих рейсов оставить без дальнейшего рассмотрения для целей определения высоты пункта весь барометрический материал монографии, как это сделано в самой монографии? Ведь и анероиду Рихтера вместе с систематичностью «спуск-подъем» $= -0{,}48^{м}$, выше в § 8 выявленной, свойственны при рейсах в некоторой доле и неточности в показаниях температуры прибора.

В предыдущем исследовании в (63), § 16, я показал, что для искаженных неправильной обработкой значений давления атмосферы, напечатанных в монографии на стр. 116—123,

$$\text{средняя ошибка } \mu_M = \pm 2{,}4\,\rho = \pm 0{,}59\,\nu = \pm 0{,}48^{мм},$$

где по (37) того же исследования

$$\left.\begin{array}{ll} \rho = \pm 0{,}20 & \text{для анероида Рихтера} \\ \nu = \pm 0{,}80 & \text{» \quad » \quad Ноде} \end{array}\right\} \text{в полевой обстановке.}$$

Зная эти пределы достоинства данных монографии «Observations au Whales Head», используем для отыскания вероятнейшего значения высоты этого пункта мои выводы 1, 2, 3 и вывод для высоты горы Геджехог, опубликованный мною в 1911 г.

Обозначая через $x$ высоту над уровнем моря палатки на горе Уэльс Хэд, через $y$ высоту уровня палатки на горе Геджехог, имеем:

Уравнения ошибок.

$$\begin{aligned} x \quad\quad &- 336{,}67^{\text{м}} = \lambda_1 \\ x \quad\quad &- 338{,}05 = \lambda_2 \\ -x + y &- 271{,}42 = \lambda_3 \\ y &- 606{,}26 = \lambda_4 \end{aligned}$$

Вес.

$$\left.\begin{aligned} g' &= \frac{1}{(0{,}85)^2} = 1{,}38 \text{ по § 3} \\ g'' &= \frac{1}{(1{,}00)^2} = 1{,}00 \text{ по § 5} \\ g''' &= \frac{1}{(0{,}96)^2} = 1{,}09 \text{ по § 6} \end{aligned}\right\} \text{настоящего исследования}$$

$$g^{\text{IV}} = \frac{1}{(0{,}38)^2} = 6{,}93 \text{ по стр. 70 моей монографии «Observations au mont Hedgehog».}$$

Веса уравнений приняты обратно пропорциональными квадратам средних ошибок выводов.

Связавши новые неизвестные $x'$ и $y'$ с предыдущими посредством уравнений

$$\begin{aligned} x &= 336{,}67 + x' \\ y &= 606{,}26 + y', \end{aligned}$$

имеем

Уравнения ошибок.

$$\begin{aligned} x' \quad\quad &- 0{,}00 = \lambda_1 \\ x' \quad\quad &- 1{,}38 = \lambda_2 \\ -x' + y' &- 1{,}83 = \lambda_3 \\ y' &- 0{,}00 = \lambda_4 \end{aligned}$$

Нормальные уравнения.

$$3{,}47\,x' - 1{,}09\,y' + 0{,}61 = 0 \quad [ags] = +2{,}99$$
$$-1{,}09\,x' + 8{,}02\,y' - 1{,}99 = 0 \quad [bgs] = +4{,}94.$$

Решение уравнений дает:

$$x' = -0{,}102^{м}, \quad x = \mathbf{336{,}57^{м} \pm 0{,}72^{м}}$$
$$y' = +0{,}235, \quad y = \mathbf{606{,}50 \pm 0{,}57}$$
$$\frac{1}{P_x} = Q_x = 0{,}3011, \quad \mu_x = \mu\sqrt{Q_x} \quad P_x = 3{,}62$$
$$\frac{1}{P_y} = Q_y = 0{,}1302, \quad \mu_y = \mu\sqrt{Q_y} \quad P_y = 7{,}69$$

Остаточные ошибки.

| $\lambda$ | $\lambda g$ | $\lambda\lambda g$ |
|---|---|---|
| $-0{,}10^{м}$ | $-0{,}138^{м}$ | 0,0138 |
| $-1{,}48$ | $-1{,}480$ | 2,1904 |
| $-1{,}49$ | $-1{,}624$ | 2,4199 |
| $+0{,}24$ | $+1{,}663$ | 0,3992 |
| | | $5{,}0233 = [\lambda\lambda g]$. |

Средняя ошибка единицы веса.

$$\mu^2 = \frac{5{,}0233}{4-2} = 2{,}5116$$
$$\mu = \pm \mathbf{1{,}59^{м}}.$$

Получившаяся из уравнительного вычисления средняя ошибка одного уравнения с весом 1

$$\mu = \pm 1{,}59^{м}$$

свидетельствует об отсутствии противоречий между моими выводами 1, 2, 3 для пункта Уэльс Хэд и значением высоты пункта Геджехог, опубликованным мною еще в 1911 г., несмотря на то, что по примененным методам вывод 2 отличается от других.

Это дает основание установить, что на горе Уэльс Хэд над уровнем моря:

Вероятнейшая высота

$h = 336{,}57^{м} \pm 0{,}72^{м}$ палатки наблюдателей

$I = 336{,}57 + 5{,}9 = 342{,}47^{м}$ горизонтальной оси инструмента,

$S = 342{,}47 + 3{,}57 = 346{,}04$ вершины сигнала.

В монографии «Observations au Whales Head» показано для точки $I$:

$I' = 346{,}88^{м} \pm 0{,}76^{м}$, на стр. 106 из барометрических определений,

$I'' = 345{,}95 \pm 0{,}20$, на стр. 99 из зенитных расстояний,

выступавших над водою моря точек, $G$, $H$, $M$.

Достоверность значения $I'$ та же, что и значения $K$, приведенного выше в § 9, стр. 23. Она выяснена всем предыдущим, значение $K$ нами совсем исключено.

Точность значения $I''$ мы могли бы исследовать по формуле

$$\mu^2_{I''} = \mu_b^2 \tan^2 z' + b^2 \sec^4 z\, \mu_z^2, \tag{7}$$

где $\mu$ средние ошибки, $b$ — расстояния до точек $G$, $H$, $M$, а зенитное расстояние $z = 90 + z'$.

Хотя на Уэльс Хэде зенитные расстояния $z$ измерялись и до десятых долей секунды дуги, но трудно допустить полное отсутствие явлений земной рефракции для точек под горизонтом и удаленных, влияющей на второй член в (7), при $z'$, которое составляло 8—9° для точек $G$ и $H$ и около 3—4° для точки $M$. Что касается первого члена, то для суждения о размерах средней ошибки $\mu_b$ расстояний в монографии нет никаких данных. Там показано, что точки $G$ и $H$ отстояли от $I$ в 2,24 и 2,36 *км*, а точка $M$ — в 5,58 *км*.

## § 11. Заключение. Мотивы исследования.

В вопросах геофизического знания, в вопросах подъемов, опусканий и изменений поверхности Земли каждый метр и даже сантиметр точности в высотах над уровнем моря вообще имеет громадное значение. Полная надежность измерений особенно важна в полярных странах с их льдами и снеговыми отложениями, так как туда частые экспедиции для поверки измерений не возможны. Это соображение главным образом руководило мною при вышеизложенной разработке барометрических измерений на геодезическом пункте Уэльс Хэд. С этой точки зрения недопустимы никакие

несовершенства в методах обработки измерений и никакие перемены в уже собранных материалах.

Одновременно на материалах пункта Уэльс Хэд мне представился случай еще раз, например, в средней ошибке одного уравнения $\mu = \pm 1,6$ *м* проверить надежность методов, примененных мною при обработке моих собственных определений высот, которые уже в 1904 г. стали основою при построении мною карты Шпицбергена и при учете влияния поверхностных масс на направление отвесной линии.

Среди всех других станций Шпицбергенского градусного измерения на геодезическом пункте Уэльс Хэд создалась обстановка наиболее благоприятная для точного измерения высоты. Легкий и короткий подъем от уровня моря на гору к геодезической станции допускал даже геометрическое нивеллирование и тем более экскурсии с анероидами к морю и обратно для накопления рейсов высоты. Пребывание наблюдателей на пункте в течении 60 дней открывало широкую возможность для производства метеорологических наблюдений и в частности наблюдений над давлением атмосферы и над температурой воздуха. Ценность случая увеличивалась одновременным существованием двух метеорологических станций на уровне моря. Такая обстановка вполне подходила для создания из геодезической точки Уэльс Хэд основного в градусном измерении пункта по высоте, необходимого для дальнейших исследований и окончательных выводов.

Настоящим исследованием я и пытался эту необходимость заполнить, исходя из опубликования, недавно, в 1925 г., закончившегося.

Пулково.
20 февраля 1927 г.