06
Т78

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

ПРОВЕРЕНО
19 0 г.

# ТРУДЫ
# ГЛАВНОЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ
## имени А. И. Воейкова

ВЫПУСК 96

## ВОПРОСЫ МЕТОДИКИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ И НАБЛЮДЕНИЯ В АНТАРКТИДЕ

IV52233

Под редакцией
канд. географ. наук
З. И. ПИВОВАРОВОЙ

Б[illegible]ЕКА
[illegible]ГО
[illegible]ИЧЕСКОГО
[illegible]ТУТА

ГИМИЗ

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕНИНГРАД • 1959

551.510

## *АННОТАЦИЯ*

Сборник содержит статьи по методике метеорологических и актинометрических наблюдений и их обработке, а также обобщению материалов наблюдений.

Значительная часть статей посвящена описанию особенностей распределения метеорологических элементов и характеристик радиационного режима как на территории СССР, так и в Антарктиде.

Сборник предназначен для специалистов метеорологов, работающих в управлениях Гидрометслужбы и на сети гидрометеорологических станций.

*Н. П. РУСИН*

# РАДИАЦИОННЫЙ БАЛАНС СНЕЖНОЙ ПОВЕРХНОСТИ АНТАРКТИДЫ[1]

Климат Антарктиды, как сейчас уже установлено, является самым суровым климатом на земле. Сочетание низких, доходящих до — 85° температур с ветром и атмосферным давлением в 1,5—2 раза ниже нормального создает такую суровость климата, для оценки которой не подобрана еще ни одна формула.

Одним из факторов, формирующих столь суровый климат Антарктиды, является радиационный баланс снежной поверхности.

Особенность радиационного баланса поверхности Антарктиды связана прежде всего с особенностью ее местоположения по отношению к полюсу. Находясь за пределами Полярного круга, Антарктида в календарные месяцы зимы практически совсем не получает солнечного тепла, а то время как в летние месяцы получает его в огромном количестве.

Можно легко рассчитать для различных широт Антарктиды величины прямой радиации, если не учитывать ее ослабление атмосферой. Что касается остальных составляющих радиационного баланса, то расчет их из-за отсутствия даже общеметеорологических данных можно выполнить лишь весьма приближенно. Каковы же действительные величины составляющих радиационного баланса в Антарктиде, до самого последнего времени не было известно.

Впервые измерения суммарной радиации и составляющих радиационного баланса были проведены Г. Лиликвистом (G. H. Lilyeqvist) во время Шведско-норвежско-британской экспедиции 1949—1952 гг., базировавшейся в Модхейме ($\varphi = 71°03'$Ю, $\lambda = 10°56'$З). Используя пиргелиометр и пиргеометр Ангстрема и пиранометр Моля — Горчинского, он произвел детальные измерения составляющих радиационного баланса при различных характеристиках неба, а затем с помощью расчетных формул и радиационных номограмм получил месячные и годовые суммы баланса [5].

Вслед за Лиликвистом произвел расчеты радиационного баланса для противоположной части побережья Антарктиды [порта Мартин на Земле Адели ($\varphi = 66°49'$Ю и $\lambda = 141°21'$В)] Лёве [6], использовав для этого материалы метеорологических наблюдений за период с 9/I 1951 по 23/I 1952 г.

Для прямых измерений Лёве использовал только балансомер Альбрехта, которым в течение 50 дней в разные сроки наблюдений произвел около 270 измерений.

Для получения суммарной радиации Лёве применил известную формулу Альбрехта [3], несколько изменив эмпирические коэффициенты.

---

[1] По наблюдениям Первой антарктической экспедиции.

Для вычисления эффективного излучения им использовалась формула Лёнгвиста [7], а для расчета радиационного баланса — формула Больца и Фалькенберга [4]. Приняв альбедо равным 0,64 (0,45 летом и 0,80 весной и осенью), с помощью расчетных методов Лёве получил радиационный баланс снежной поверхности при различных температурах для ясного неба. Сравнив эти данные со своими наблюдениями, он установил удовлетворительное их согласование. Затем, введя поправку на облачность и на влияние метели, которая в порту Мартин наблюдалась 4740 часов в году, он получил месячные величины радиационного баланса для побережья Земли Адели.

Данные Лиликвиста и Лёве для сравнения с нашими данными приведены в табл. 7.

Во время Первой антарктической экспедиции наблюдения за составляющими радиационного баланса велись систематически. В Мирном была налажена их непрерывная регистрация. На станции Пионерская начальником станции проф. А. М. Гусевым велись наблюдения за суммарной отраженной радиацией и радиационным балансом зимой в 4 основных срока, а весной и летом 1956-57 г. — автором в 8 сроков в сутки, причем суммарная радиация регистрировалась непрерывно. На станции Оазис П. Д. Целищевым наблюдалась только суммарная радиация (6—10 раз в сутки).

Для измерения и регистрации составляющих радиационного баланса нами использовались стандартные, принятые в системе Гидрометеорологической службы СССР, актинометрические приборы: термоэлектрический актинометр, термоэлектрический пиранометр и альбедометр и термоэлектрический балансомер конструкции Ю. Д. Янишевского, отградуированные в Центральном бюро поверки (ЦБП) со стандартными актинометрическими гальванометрами (ГСА-1).

Таблица 1

**Характеристика переводных множителей рабочих актинометрических приборов на клеммах + и *C* при температуре —10°, приведенных к единой международной шкале**

| Наименование прибора | № прибора | № гальванометра | Переводные множители (а) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | ЦБП X 1955 г. | Мирный 19/III 1956 г. | Мирный 18/X или 8/XI 1956 г. | принятые при обработке |
| На станции Мирный | | | | | | |
| Актинометр | 742 | 1829 | 0,0195 | 0,0198 | — | 0,0195 |
| Актинометр | 742 | 1688 | 0,0192 | — | 0,0195 | 0,0195 |
| Пиранометр | 1434 | 1686 | 0,0161 | — | — | 0,0161 |
| Пиранометр | 1434 | 1688 | 0,0167 | 0,0180 | 0,0172 | 0,0169 |
| Альбедометр | 1495 | 1686 | 0,0153 | — | — | 0,0153 |
| Альбедометр | 1495 | 1688 | 0,0151 | — | 0,0160 | 0,0153 |
| Балансомер | 3118 | 1686 | — | — | — | 0,0211 |
| Балансомер | 3118 | 1688 | 0,0207 | — | 0,0207 | 0,0207 |
| Пиранометр на станции Пионерская[1] | 1531 | 1764 | 0,0143 | — | — | 0,0143 |
| Альбедометр на станции Пионерская (он же пиранометр до 26/XI) | 1560 | 1764 | 0,0145 | 0,0147 | — | 0,0147 |
| Балансомер на станции Пионерская | 3031 | 1764 | 0,0245 | — | — | 0,0245 |
| Пиранометр на станции Оазис | 1513 | 1738 | 0,0148 | — | 0,0149 | 0,0149 |

[1] Использовался с 26/XI.

Регистрация составляющих радиационного баланса в Мирном производилась с помощью милливольтметра пирометрического типа МСЩПр-654, а регистрация суммарной радиации на станции Пионерская — с помощью механического гальванографа типа Ришара.

Поверка всех приборов, помимо первоначальной поверки в ЦБП, производилась на месте 1—2 раза в течение зимы путем сличения с вторичным эталоном.

Результаты поверок приведены в табл. 1.

При обработке материалов наблюдений были приняты переводные множители, приведенные в табл. 1 [с учетом температурной поправки, выведенной Центральным бюро поверки и прилагаемой к каждому прибору (табл. 2)].

Таблица 2

**Изменение переводных множителей к актинометрическим приборам, установленным на станции Мирный, в зависимости от температуры** (приборы и гальванометры находились в одних температурных условиях; данные ЦБП)

| Температура гальванометра | | Переводные множители (а) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| от | до | актинометр 742 с гальванометром 1688 | пиранометр 1434 с гальванометром 1688 | альбедометр 1495 с гальванометром 1688 | балансомер 3118 с гальванометром 1688 |
| 7,3 | 2,6 | 0,0197 | 0,0171 | 0,0155 | 0,0209 |
| —2,7 | —7,6 | 0,0196 | 0,0170 | 0,0154 | 0,0208 |
| —7,7 | —12,6 | 0,0195 | 0,0169 | 0,0153 | 0,0207 |
| —12,7 | —17,6 | 0,0194 | 0,0168 | 0,0152 | 0,0206 |
| —17,7 | —22,5 | 0,0193 | 0,0167 | 0,0151 | 0,0205 |
| —22,6 | —27,5 | 0,0192 | 0,0166 | 0,0150 | 0,0204 |
| —27,6 | —32,5 | 0,0191 | 0,0165 | 0,0149 | 0,0203 |
| —32,6 | —40,0 | 0,0190 | 0,0164 | 0,0147 | 0,0201 |

На станциях Пионерская и Оазис, где гальванометры находились в жилом помещении и разница между температурами актинометрических приборов и гальванометра достигала 30—60°, температурную поправку пришлось вычислять раздельно. Вычисление поправок было произведено на основании методики, рекомендованной И. А. Покровской [2]. После этого переводные множители ЦБП были пересчитаны с учетом разностей температур между гальванометром и пиранометром (альбедометром), причем при разности температур между приборами на каждые 10° вводилась поправка, равная $+ 0{,}00017\ \Delta t$.

На станции Оазис, где разности температур пиранометра и гальванометра в летние месяцы обычно не превышали 20—25°, т. е. температурная поправка не превосходила 1—1,5%, использовался переводный множитель, вычисленный только с учетом изменения температуры гальванометра, который равнялся 0,0155 при температуре 20° и 0,0153 при температуре 0°.

Не вводилась поправка на разность температур между прибором и гальванометром и для балансомера, установленного на станции Пионерская, так как ее влияние при малых абсолютных значениях самого баланса все равно нельзя было учесть.

## Методика наблюдений и обработки

Актинометрические наблюдения проводились в соответствии с действующим в системе Гидрометслужбы СССР Руководством по производству актинометрических наблюдений с той лишь разницей, что по балансомеру

## Интенсивность радиации на станции Мирный

| Месяц | 0—1 | 1—2 | 2—3 | 3—4 | 4—5 | 5—6 | 6—7 | 7—8 | 8—9 | 9—10 | 10—11 | 11—12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Суммарная** | | | | | | | | | | | | |
| IV | | | | | | | | 0,00 | 0,02 | 0,07 | 0,12 | 0,18 |
| V | | | | | | | | | | 0,01 | 0,03 | 0,05 |
| VI | | | | | | | | | | | 0,00 | 0,01 |
| VII | | | | | | | | | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,03 |
| VIII | | | | | | | | 0,00 | 0,03 | 0,08 | 0,13 | 0,15 |
| IX | | | | | | 0,00 | 0,02 | 0,07 | 0,16 | 0,28 | 0,37 | 0,43 |
| X | | | | 0,00 | 0,01 | 0,07 | 0,18 | 0,32 | 0,47 | 0,61 | 0,74 | 0,76 |
| XI | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,05 | 0,13 | 0,24 | 0,39 | 0,55 | 0,70 | 0,81 | 0,92 | 0,92 |
| XII | | 0,02 | 0,07 | 0,13 | 0,24 | 0,34 | 0,47 | 0,61 | 0,76 | 0,87 | 0,95 | 0,97 |
| I | | | 0,05 | *0,11* | 0,17 | 0,32 | 0,36 | 0,49 | 0,58 | 0,71 | 0,72 | 0,77 |
| **Отраженная** | | | | | | | | | | | | |
| IV | | | | | | | | 0,00 | 0,02 | 0,06 | 0,10 | 0,15 |
| V | | | | | | | | | | 0,00 | 0,02 | 0,05 |
| VI | | | | | | | | | | | 0,00 | 0,01 |
| VII | | | | | | | | | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 |
| VIII | | | | | | | | 0,00 | 0,03 | 0,07 | 0,11 | 0,15 |
| IX | | | | | | 0,00 | 0,02 | 0,07 | 0,16 | 0,24 | 0,31 | 0,35 |
| X | | | | 0,00 | 0,01 | 0,05 | 0,13 | 0,24 | 0,32 | 0,45 | 0,53 | 0,56 |
| XI | | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,08 | 0,16 | 0,26 | 0,35 | 0,47 | 0,56 | 0,65 | 0,66 |
| XII | | 0,00 | 0,03 | 0,08 | 0,15 | 0,25 | 0,36 | 0,48 | 0,61 | 0,72 | 0,77 | 0,82 |
| I | | 0,00 | 0,01 | 0,04 | 0,10 | 0,16 | 0,25 | 0,33 | 0,39 | 0,47 | 0,52 | 0,58 |
| **Аль** | | | | | | | | | | | | |
| IV | | | | | | | | | — | 86 | 83 | 83 |
| V | | | | | | | | | | | 67 | — |
| VI | | | | | | | | | | | | — |
| VII | | | | | | | | | | | 50 | 67 |
| VIII | | | | | | | | | — | 88 | 85 | — |
| IX | | | | | | | — | — | — | 86 | 84 | 81 |
| X | | | | | | 71 | 72 | 75 | 68 | 74 | 72 | 74 |
| XI | | | — | 60 | 62 | 67 | 67 | 64 | 67 | 69 | 71 | 72 |
| XII | | | 43 | 62 | 63 | 73 | 77 | 79 | 80 | 83 | 81 | 85 |
| I | | | | | | | | | | | | |
| **Рассеянная** | | | | | | | | | | | | |
| IV | | | | | | | | 0,00 | 0,02 | 0,05 | 0,08 | 0,11 |
| V | | | | | | | | | | 0,01 | 0,03 | 0,05 |
| VI | | | | | | | | | | | 0,00 | 0,01 |
| VII | | | | | | | | | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,03 |
| VIII | | | | | | | | 0,00 | 0,02 | 0,06 | 0,09 | 0,10 |
| IX | | | | | | 0,00 | 0,02 | 0,05 | 0,11 | 0,16 | 0,20 | 0,21 |
| X | | | | 0,00 | 0,01 | 0,04 | 0,10 | 0,16 | 0,21 | 0,26 | 0,32 | 0,36 |
| XI | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,07 | 0,13 | 0,19 | 0,27 | 0,33 | 0,37 | 0,39 | 0,41 |
| XII | | 0,00 | 0,03 | 0,06 | 0,11 | 0,17 | 0,24 | 0,26 | 0,29 | 0,30 | 0,33 | 0,35 |
| I | | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,08 | 0,14 | 0,21 | 0,26 | 0,29 | 0,38 | 0,40 | 0,45 |

[1] В апреле интенсивность радиации вычислена за 22 дня, так как наблюдения

Таблица 3

с января 1956 г. по январь 1957 г. (кал/см$^2$ мин.) [1]

| 12—13 | 13—14 | 14—15 | 15—16 | 16—17 | 17—18 | 18—19 | 19—20 | 20—21 | 21—22 | 22—23 | 23—24 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| радиация ($Q$) | | | | | | | | | | | |
| 0,19 | 0,18 | 0,14 | 0,08 | 0,02 | 0,00 | | | | | | |
| 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,00 | | | | | | | | |
| 0,02 | 0,01 | 0,00 | | | | | | | | | |
| 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | | | | | | | | |
| 0,15 | 0,13 | 0,08 | 0,03 | 0,01 | | | | | | | |
| 0,43 | 0,39 | 0,29 | 0,18 | 0,08 | 0,04 | 0,00 | | | | | |
| 0,77 | 0,73 | 0,63 | 0,48 | 0,34 | 0,18 | 0,08 | 1,01 | 0,00 | | | |
| 0,94 | 0,92 | 0,83 | 0,71 | 0,56 | 0,41 | 0,27 | 0,14 | 0,05 | 0,01 | 0,00 | |
| 0,96 | 0,96 | 0,87 | 0,74 | 0,63 | 0,48 | 0,35 | 0,22 | 0,12 | 0,06 | 0,02 | 0,00 |
| 0,75 | 0,72 | 0,67 | 0,59 | 0,48 | 0,32 | 0,22 | 0,14 | 0,06 | 0,03 | 0,01 | 0,01 |
| радиация ($R_к$) | | | | | | | | | | | |
| 0,17 | 0,15 | 0,12 | 0,07 | 0,02 | 0,00 | | | | | | |
| 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,00 | | | | | | | | |
| 0,01 | 0,01 | 0,00 | | | | | | | | | |
| 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | | | | | | | | |
| 0,15 | 0,12 | 0,06 | 0,02 | 0,00 | | | | | | | |
| 0,37 | 0,35 | 0,28 | 0,18 | 0,07 | 0,02 | 0,00 | | | | | |
| 0,59 | 0,57 | 0,49 | 0,37 | 0,27 | 0,14 | 0,06 | 0,01 | 0,00 | | | |
| 0,69 | 0,66 | 0,58 | 0,49 | 0,38 | 0,27 | 0,17 | 0,09 | 0,04 | 0,01 | 0,00 | |
| 0,84 | 0,82 | 0,75 | 0,65 | 0,53 | 0,40 | 0,28 | 0,16 | 0,08 | 0,03 | 0,01 | 0,00 |
| 0,58 | 0,56 | 0,50 | 0,43 | 0,35 | 0,26 | 0,18 | 0,10 | 0,05 | 0,02 | 0,00 | |
| бедо ($A_к$) | | | | | | | | | | | |
| 90 | 83 | 86 | 88 | — | | | | | | | |
| — | — | — | | | | | | | | | |
| 50 | — | | | | | | | | | | |
| 67 | 50 | | | | | | | | | | |
| — | 85 | 75 | 67 | | | | | | | | |
| 86 | 90 | 97 | — | 88 | 50 | | | | | | |
| 77 | 78 | 78 | 77 | 79 | 78 | 75 | — | | | | |
| 73 | 72 | 70 | 69 | 68 | 66 | 63 | 64 | 80 | — | | |
| 88 | 85 | 86 | 88 | 84 | 84 | 80 | 73 | 67 | 50 | 50 | |
| радиация ($D$) | | | | | | | | | | | |
| 0,11 | 0,10 | 0,08 | 0,05 | 0,02 | 0,00 | | | | | | |
| 0,05 | 0,05 | 0,08 | 0,00 | | | | | | | | |
| 0,02 | 0,01 | 0,00 | | | | | | | | | |
| 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | | | | | | | | |
| 0,10 | 0,08 | 0,05 | 0,02 | 0,00 | | | | | | | |
| 0,21 | 0,20 | 0,17 | 0,12 | 0,07 | 0,01 | 0,00 | | | | | |
| 0,38 | 0,37 | 0,32 | 0,25 | 0,18 | 0,10 | 0,05 | 0,01 | 0,00 | | | |
| 0,38 | 0,36 | 0,34 | 0,28 | 0,24 | 0,20 | 0,14 | 0,07 | 0,04 | 0,01 | 0,00 | |
| 0,29 | 0,30 | 0,31 | 0,25 | 0,22 | 0,19 | 0,14 | 0,10 | 0,07 | 0,03 | 0,01 | 0,00 |
| 0,44 | 0,44 | 0,31 | 0,33 | 0,26 | 0,21 | 0,12 | 0,07 | 0,04 | 0,01 | 0,00 | |

производились с 9/IV 1956 г.

| Месяц | 0—1 | 1—2 | 2—3 | 3—4 | 4—5 | 5—6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Радиационный |
| IV | —0,05 | —0,05 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 |
| V | —0,04 | —0,05 | —0,05 | —0,05 | —0,04 | —0,04 |
| VI | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 |
| VII | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 |
| VIII | —0,05 | —0,05 | —0,05 | —0,05 | —0,06 | —0,05 |
| IX | —0,05 | —0,05 | —0,05 | —0,04 | —0,05 | —0,05 |
| X | —0,05 | —0,05 | —0,05 | —0,05 | —0,04 | —0,03 |
| XI | —0,05 | —0,05 | —0,04 | —0,03 | —0,02 | 0,0 |
| XII | —0,06 | —0,05 | —0,04 | —0,03 | —0,01 | 0,04 |
| I | —0,05 | —0,05 | —0,04 | —0,02 | —0,01 | 0,05 |

| Месяц | 13—14 | 14—15 | 15—16 | 16—17 | 17—18 | 18—19 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Радиационный |
| IV | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 |
| V | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 |
| VI | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 |
| VII | —0,05 | —0,04 | —0,04 | —0,05 | —0,05 | —0,05 |
| VIII | —0,06 | —0,05 | —0,06 | —0,06 | —0,06 | —0,06 |
| IX | —0,01 | —0,03 | —0,04 | —0,05 | —0,05 | —0,05 |
| X | 0,01 | —0,01 | —0,03 | —0,04 | —0,03 | —0,04 |
| XI | 0,10 | 0,08 | 0,07 | 0,02 | 0,0 | —0,03 |
| XII | (0,28) | (0,24) | (0,17) | 0,11 | 0,06 | 0,00 |
| I | (0,34) | (0,29) | (0,22) | (0,15) | 0,08 | 0,03 |

| Месяц | 0—1 | 1—2 | 2—3 | 3—4 | 4—5 | 5—6 | 6—7 | 7—8 | 8—9 | 9—10 | 10—11 | 11—12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | Прямая радиация на гори |
| IV | | | | | | | | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,04 | 0,07 |
| V | | | | | | | | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| VI | | | | | | | | | | | 0,00 | 0,00 |
| VII | | | | | | | | | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0.00 |
| VIII | | | | | | | | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,05 |
| IX | | | | | | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,05 | 0,12 | 0,17 | 0,22 |
| X | | | | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,08 | 0,16 | 0,26 | 0,35 | 0,42 | 0,40 |
| XI | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,06 | 0,11 | 0,20 | 0,28 | 0,37 | 0,44 | 0,53 | 0,51 |
| XII | | 0,02 | 0,04 | 0,07 | 0,13 | 0,17 | 0,23 | 0,35 | 0,47 | 0,57 | 0,62 | 0,62 |
| I | | | | | | | | | | | | |

| Месяц | 0—1 | 1—2 | 2—3 | 3—4 | 4—5 | 5—6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Эффективное |
| IV | —0,05 | —0,05 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 |
| V | —0,04 | —0,05 | —0,05 | —0,05 | —0,04 | —0,04 |
| VI | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 |
| VII | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 |
| VIII | —0,05 | —0,05 | —0,05 | —0,05 | —0,06 | —0,05 |
| IX | —0,05 | —0,05 | —0,05 | —0,04 | —0,05 | —0,05 |
| X | —0,05 | —0,05 | —0,05 | —0,05 | —0,04 | —0,05 |
| XI | —0,05 | —0,05 | —0,04 | —0,05 | —0,07 | —0,08 |
| XII | —0,06 | —0,07 | —0,08 | —0,08 | —0,10 | —0,05 |
| I | | | | | | |

| 6—7 | 7—8 | 8—9 | 9—10 | 10—11 | 11—12 | 12—13 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| баланс ($B$) | | | | | | |
| —0,04 | —0,04 | —0,03 | —0,03 | —0,02 | —0,01 | —0,02 |
| —0,05 | —0,05 | —0,04 | —0,05 | —0,04 | —0,04 | —0,04 |
| —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 |
| —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,05 | —0,05 |
| —0,06 | —0,06 | —0,05 | —0,04 | —0,05 | —0,05 | —0,05 |
| —0,04 | —0,03 | —0,02 | —0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| —0,01 | —0,02 | —0,05 | —0,08 | 0,06 | 0,03 | 0,02 |
| 0,04 | 0,07 | 0,10 | 0,12 | 0,14 | 0,14 | 0,12 |
| 0,09 | (0,14) | (0,19) | (0,24) | (0,26) | (0,29) | (0,29) |
| 0,10 | (0,17) | (0,22) | (0,27) | (0,32) | (0,34) | (0,36) |

| 19—20 | 20—21 | 21—22 | 22—23 | 23—24 | Сумма за месяц | Сумма в калориях за месяц |
|---|---|---|---|---|---|---|
| баланс ($B$) | | | | | | |
| —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,89 | —1602 |
| —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —1,02 | —1897 |
| —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,96 | —1728 |
| —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —1,02 | —1897 |
| —0,05 | —0,06 | —0,06 | —0,06 | —0,06 | —1,31 | —2437 |
| —0,06 | —0,05 | —0,05 | —0,05 | —0,05 | —0,85 | —1530 |
| —0,05 | —0,05 | —0,05 | —0,04 | —0,04 | —0,39 | —725 |
| —0,04 | —0,05 | —0,05 | —0,05 | —0,05 | 0,54 | 972 |
| —0,02 | —0,04 | —0,06 | —0,06 | —0,06 | 1,97 | 3665 |
| —0,02 | —0,04 | —0,06 | —0,06 | —0,05 | 25,6 | 4762 |

| 12—13 | 13—14 | 14—15 | 15—16 | 16—17 | 17—18 | 18—19 | 19—20 | 20—21 | 21—22 | 22—23 | 23—24 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| зонтальную поверхность ($S'$) | | | | | | | | | | | |
| 0,08 | 0,08 | 0,06 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | | | | | | |
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | | | | | |
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | | | | | | |
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | | | | | |
| 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | | | | | | | |
| 0,22 | 0,19 | 0,12 | 0,06 | 0,01 | 0,03 | 0,00 | | | | | |
| 0,39 | 0,36 | 0,31 | 0,23 | 0,16 | 0,08 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | | | |
| 0,56 | 0,56 | 0,49 | 0,43 | 0,32 | 0,21 | 0,13 | 0,07 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | |
| 0,67 | 0,66 | 0,56 | 0,49 | 0,41 | 0,29 | 0,21 | 0,12 | 0,05 | 0,03 | 0,01 | 0,00 |

| 6—7 | 7—8 | 8—9 | 9—10 | 10—11 | 11—12 | 12—13 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| излучение ($E_{эф}$) | | | | | | |
| —0,04 | —0,04 | —0,03 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 |
| —0,05 | —0,05 | —0,04 | —0,06 | —0,05 | —0,04 | —0,04 |
| —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,05 |
| —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,05 | —0,05 | —0,06 | —0,06 |
| —0,06 | —0,06 | —0,05 | —0,05 | —0,07 | —0,05 | —0,05 |
| —0,04 | —0,03 | —0,02 | —0,05 | —0,05 | —0,07 | —0,05 |
| —0,06 | —0,06 | —0,10 | —0,08 | —0,15 | —0,17 | —0,16 |
| —0,09 | —0,13 | —0,13 | —0,13 | —0,13 | —0,12 | —0,13 |
| —0,02 | (0,01) | (0,04) | (0,09) | (0,08) | (0,14) | (0,17) |

| Месяц | 13—14 | 14—15 | 15—16 | 16—17 | 17—18 | 18—19 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Эффективное |
| IV | —0,07 | —0,06 | —0,05 | —0,04 | —0,04 | —0,04 |
| V | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 |
| VI | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 |
| VII | —0,06 | —0,05 | —0,04 | —0,05 | —0,05 | —0,05 |
| VIII | —0,07 | —0,07 | —0,07 | —0,07 | —0,06 | —0,06 |
| IX | —0,05 | —0,04 | —0,04 | —0,06 | —0,07 | —0,05 |
| X | —0,15 | —0,15 | —0,14 | —0,11 | —0,07 | —0,06 |
| XI | —0,16 | —0,17 | —0,15 | —0,16 | —0,14 | —0,13 |
| XII | (0,14) | (0,12) | (0,08) | (0,01) | —0,14 | —0,07 |
| I | | | | | | |

| Месяц | 0—1 | 1—2 | 2—3 | 3—4 | 4—5 | 5—6 | 6—7 | 7—8 | 8—9 | 9—10 | 10—11 | 11—12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | Поглощенная |
| IV | | | | | | | | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,03 |
| V | | | | | | | | | | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| VI | | | | | | | | | | | 0,00 | 0,00 |
| VII | | | | | | | | | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| VIII | | | | | | | | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,00 |
| IX | | | | | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,06 | 0,08 |
| X | | | | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,05 | 0,08 | 0,15 | 0,16 | 0,21 | 0,20 |
| XI | | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,05 | 0,08 | 0,13 | 0,20 | 0,23 | 0,25 | 0,27 | 0,26 |
| XII | | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,09 | 0,09 | 0,11 | 0,13 | 0,15 | 0,15 | 0,18 | 0,15 |
| I | | | | | | | | | | | | |

производились не 3 отсчета, как рекомендовано в Руководстве, а 5—10 в зависимости от изменчивости баланса в срок наблюдений. При значительных колебаниях стрелки гальванометра (более $\pm$ 3 делений) производилось 10 отсчетов, а при малых колебаниях — 5 отсчетов.

Обработка актинометрических наблюдений производилась также в соответствии с требованиями Руководства. Первичная обработка наблюдений включала осреднение показаний гальванометра, нахождение исправленного отсчета путем введения шкаловой поправки и вычитание места нуля, получение интенсивности потока радиации путем умножения исправленного отсчета на переводный множитель, принятый для данного прибора с учетом температурной поправки.

При обработке наблюдений по балансомеру исправленный отсчет гальванометра приводился к штилевым условиям (путем введения поправки на среднюю скорость ветра на высоте 2 м), а затем уже вычислялась интенсивность баланса. Поправка на высоту солнца при обработке суммарной радиации не вводилась.

Полученные таким образом интенсивности потоков радиации в сроки наблюдений переносились в установленные Руководством формы таблиц, которые помещены в сборнике метеорологических и актинометрических наблюдений Первой антарктической экспедиции [8].

Таблицы актинометрических наблюдений в основные и дополнительные сроки содержат данные измерений интенсивности следующих потоков радиации (в кал/см$^2$ мин.):

| 19—20 | 20—21 | 21—22 | 22—23 | 23—24 | Сумма за месяц | Сумма в калориях за месяц |
|---|---|---|---|---|---|---|
| излучение ($E_{эф}$) | | | | | | |
| —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —1,03 | —1854 |
| —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —1,04 | —1934 |
| —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,97 | —1746 |
| —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —0,04 | —1,08 | —2009 |
| —0,05 | —0,06 | —0,06 | —0,06 | —0,06 | —1,39 | —2585 |
| —0,06 | —0,05 | —0,05 | —0,05 | —0,05 | —1,17 | —2106 |
| —0,05 | —0,05 | —0,05 | —0,04 | —0,04 | —1,98 | —3683 |
| —0,09 | —0,06 | —0,05 | —0,05 | —0,05 | —2,41 | —4338 |
| —0,08 | —0,08 | —0,09 | —0,07 | —0,06 | —0,17 | —316 |

| 12—13 | 13—14 | 14—15 | 15—16 | 16—17 | 17—18 | 18—19 | 19—20 | 20—21 | 21—22 | 22—23 | 23—24 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| радиация ($Q_п$) | | | | | | | | | | | |
| 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | | | | | | |
| 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | | | | | | |
| 0,01 | 0,00 | 0,00 | | | | | | | | | |
| 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | | | | | | | | |
| 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | | | | | | | |
| 0,06 | 0,04 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | | | | | | |
| 0,18 | 0,16 | 0,14 | 0,11 | 0,07 | 0,04 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | | | |
| 0,25 | 0,26 | 0,25 | 0,22 | 0,18 | 0,14 | 0,10 | 0,05 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | |
| 0,12 | 0,14 | 0,12 | 0,09 | 0,10 | 0,08 | 0,07 | 0,06 | 0,04 | 0,03 | 0,01 | 0,00 |

а) суммарной радиации ($Q$),
б) рассеянной радиации ($D$),
в) прямой радиации на перпендикулярную поверхность ($S$),
г) прямой радиации на горизонтальную поверхность ($S'$),
д) отраженной коротковолновой радиации ($R_к$),
е) альбедо подстилающей поверхности ($A_к$),
ж) радиационный баланс подстилающей поверхности ($B$).

Кроме того, в таблицах помещены: высота солнца ($h_\odot$), характеристики облачности, атмосферных явлений и состояния диска солнца, при которых производились наблюдения. Некоторая скачкообразность хода вычисленных высот солнца объясняется несинхронностью сроков. Истинное время в таблицах не помещено, так как его можно определить, исходя из высоты солнца.

Суммарная радиация ($Q$) в марте и апреле для светлого периода суток приведена в таблицах через каждые 3 часа (7, 10, 13, 16 и 19 часов). С мая суммарная радиация измерялась только в основные сроки наблюдений.

Рассеянная радиация ($D$) приведена для тех же сроков, что и суммарная радиация. Рассеянная радиация не измерялась и приравнивалась к суммарной радиации в случаях сплошной нижней или средней облачности, когда солнце было совсем закрыто облаками или, если и просвечивало через них, то не давало тени (при сиянии солнца 0°).

Таблицы суточных сумм составляю

1. Станция

| Число | Суммарная радиация | | | | | | | | Отраженная | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | IV | V | VI | VII | VIII | IX |
| 1 | 28 | 5 | 3 | 16 | 44 | 198 | 384 | 701 | | 28 | 5 | 3 | — | 40 |
| 2 | 29 | 5 | 2 | 24 | 109 | 178 | 409 | 760 | | 28 | 5 | 2 | — | 109 |
| 3 | 18 | 4 | 4 | 23 | 112 | 153 | 440 | 777 | | 20 | 4 | 2 | 20 | 109 |
| 4 | 20 | 6 | 3 | 19 | 56 | 257 | *593* | 795 | | 18 | 6 | 3 | — | 55 |
| 5 | 23 | 3 | 4 | 19 | 68 | 227 | 369 | — | | *21* | 1 | 5 | — | 65 |
| 6 | 19 | 4 | 1 | 18 | — | 359 | 368 | 745 | | 19 | 4 | 1 | 18 | — |
| 7 | 18 | 1 | 1 | 26 | — | 284 | 604 | 792 | | — | 1 | 1 | 23 | — |
| 8 | 11 | 2 | 4 | 14 | 85 | 339 | 627 | 803 | | 10 | 2 | 4 | 13 | 72 |
| 9 | 15 | 4 | 3 | 22 | 147 | 370 | 629 | 781 | | 15 | 3 | 3 | 19 | 138 |
| 10 | 14 | 2 | — | 31 | 150 | 434 | 650 | 620 | | 14 | 2 | 5 | 28 | 137 |
| 11 | 16 | 1 | 8 | 34 | 176 | 422 | 656 | 673 | | 15 | 1 | 8 | 33 | 163 |
| 12 | 14 | 1 | 5 | 44 | 181 | 251 | 623 | 629 | | 11 | 1 | 6 | 42 | 167 |
| 13 | 15 | 2 | 4 | 47 | 203 | 439 | 606 | 797 | | 12 | 2 | 5 | 45 | 181 |
| 14 | 17 | 1 | 4 | 32 | 173 | 472 | 679 | 722 | | 16 | 1 | — | 32 | 154 |
| 15 | 16 | 1 | 4 | 37 | 137 | 342 | 471 | 802 | | 16 | 1 | — | 32 | 118 |
| 16 | 16 | — | 6 | 40 | 185 | 258 | 441 | 635 | | 16 | 1 | — | 37 | 168 |
| 17 | 13 | — | 4 | 59 | 117 | 458 | 557 | 806 | | 11 | — | — | 51 | 108 |
| 18 | 13 | 2 | 6 | 44 | 122 | *448* | 540 | 440 | | 10 | 2 | — | 40 | 113 |
| 19 | 12 | 2 | — | 66 | 152 | 446 | 685 | 339 | | 12 | 2 | — | 64 | 138 |
| 20 | 10 | 2 | 8 | 57 | 233 | 340 | 642 | 733 | | 10 | 2 | — | 57 | 207 |
| 21 | 11 | 1 | — | 64 | 240 | 405 | 728 | 719 | | 11 | 1 | — | 64 | 209 |
| 22 | 12 | 1 | 15 | 37 | 236 | 386 | 722 | 439 | | 12 | 1 | — | 36 | 210 |
| 23 | 11 | 2 | — | 70 | 232 | 461 | 481 | 608 | | — | 2 | — | 70 | 199 |
| 24 | 6 | — | 8 | 53 | 264 | 479 | 616 | 344 | | 5 | — | 17 | 52 | 230 |
| 25 | 7 | — | — | 53 | 251 | 479 | 604 | 672 | | 7 | 1 | — | 50 | 217 |
| 26 | 4 | 1 | 12 | 58 | 208 | 422 | 734 | *589* | | 4 | 1 | 15 | 54 | 190 |
| 27 | 3 | 3 | — | 91 | 169 | 476 | — | 704 | | 3 | 3 | — | 91 | 137 |
| 28 | 6 | 2 | 9 | 73 | 117 | 544 | 492 | 481 | | 6 | 2 | 9 | 70 | 99 |
| 29 | 6 | 2 | 16 | 104 | 201 | 556 | 506 | 284 | | 6 | 2 | 15 | 100 | 174 |
| 30 | 5 | 2 | 18 | 103 | 314 | 557 | 600 | 809 | | 5 | 2 | 17 | 100 | 259 |
| 31 | 5 | | 22 | 103 | | 417 | | 708 | | 5 | | | 96 | |

[1] Пропуски в записи величин радиационного баланса вызваны закрытием прием

Таблица 4

щих радиационного баланса (кал/см²)

Мирный

| радиация | | | | Радиационный баланс[1] | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| X | XI | XII | I | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | I |
| 175 | 227 | 589 | 559 | | — | — | —91 | — | — | — | — | 64 | 202 |
| 156 | 252 | — | 421 | | —46 | — | —69 | — | —116 | 0 | 38 | 73 | 111 |
| 145 | 266 | 607 | — | | —27 | — | — | —125 | —108 | — | — | 62 | 154 |
| 215 | — | — | 431 | | —13 | —78 | —86 | — | —11 | — | — | 90 | 176 |
| 178 | 223 | 640 | 453 | | — | — | —91 | — | — | +23 | 37 | 106 | 198 |
| 301 | 214 | 632 | — | | — | — | — | —61 | — | —61 | — | 95 | 74 |
| 232 | 340 | — | 252 | | — | — | — | —45 | — | —12 | 13 | 98 | 70 |
| 275 | 347 | 603 | 250 | | — | — | — | — | —2 | —17 | 46 | 71 | 43 |
| 302 | — | — | 368 | — | — | — | — | — | —55 | —41 | 10 | 121 | 170 |
| 337 | 361 | 606 | 378 | —78 | — | — | — | —25 | —79 | —76 | 13 | 110 | 177 |
| 327 | 367 | 541 | — | —69 | — | — | —104 | —53 | —100 | —35 | —12 | 101 | 119 |
| 223 | 350 | 503 | 437 | —29 | — | —76 | —78 | —104 | —107 | 13 | — | 139 | 193 |
| 345 | 344 | 575 | 453 | — | — | —75 | — | — | —112 | — | 55 | 207 | 188 |
| 363 | 380 | 506 | 396 | — | —130 | — | — | — | —42 | — | 32 | 164 | 155 |
| 285 | 281 | 589 | 306 | — | — | — | — | — | — | — | 41 | 166 | 200 |
| 238 | 363 | 527 | 256 | —80 | — | — | — | —29 | —49 | — | — | 131 | — |
| 363 | — | 606 | 490 | —35 | — | — | — | —134 | — | — | 23 | 182 | 209 |
| — | 408 | 390 | 368 | — | — | —46 | —58 | —99 | +8 | —90 | 8 | 23 | 142 |
| — | 553 | 309 | 358 | — | — | — | —42 | — | —26 | —82 | —16 | (—8) | 75 |
| 257 | 490 | 555 | — | — | — | —79 | — | —92 | —88 | —58 | 66 | 163 | 127 |
| — | 558 | 442 | 352 | —99 | — | — | — | —27 | —85 | —20 | 18 | 102 | 255 |
| 319 | 566 | — | 332 | —96 | — | —46 | — | — | —46 | — | 30 | 185 | 192 |
| 368 | 388 | 476 | 331 | —104 | — | — | — | — | —63 | —21 | 34 | 150 | 237 |
| 388 | 467 | 597 | 392 | —64 | — | — | — | —47 | —62 | 0 | 37 | 188 | 154 |
| 373 | 523 | 448 | 399 | — | — | — | — | — | —54 | — | 38 | 133 | 127 |
| 337 | 587 | — | — | —86 | — | — | — | — | —43 | +3 | 38 | 9 | 107 |
| — | 575 | 410 | 291 | — | — | — | — | —141 | —11 | +19 | 56 | 66 | 95 |
| 307 | 404 | 451 | 360 | — | — | — | — | —124 | — | —46 | 40 | 128 | 234 |
| 314 | 429 | 574 | 239 | —72 | —136 | — | — | —112 | —20 | —20 | 90 | 183 | 202 |
| 316 | 467 | 429 | 158 | | —146 | | —73 | —114 | —36 | +55 | 89 | 115 | 107 |
| 244 | | 623 | 177 | | | | —121 | —131 | | +22 | | 201 | 168 |

ника баланса при сильных метелях.

## 2. Станция Пионерская

| Число | Суммарная радиация | | | Рассеянная радиация[2] | | Отраженная радиация[2] | | Радиационный баланс[2] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | XI | XII | I | XII | I | XII | I | XI | XII | I |
| 1 | — | 913[2] | 680[2] | 141 | 410 | 491 | 579 | 00 | 16 | 66 |
| 2 | — | 955[2] | 721 | 240 | 523 | 592 | 623 | —29 | 38 | 104 |
| 3 | — | 828[2] | 802 | 141 | 225 | 576 | 748 | —46 | 4 | 20 |
| 4 | — | 818[2] | 740 | 212 | 606 | 621 | 692 | 00 | 30 | 60 |
| 5 | — | 583 | 725 | 583 | 621 | 536 | 594 | 12 | 59 | 109 |
| 6 | — | 815[2] | 807 | 214 | 466 | 735 | 665 | —12 | 4 | 71 |
| 7 | — | 861[2] | 698 | 155 | 698 | 663 | 551 | —60 | 38 | 20 |
| 8 | — | 876[2] | 607[2] | 112 | 578 | 677 | 537 | —22 | 22 | 75 |
| 9 | — | 790[2] | 750 | 282 | 577 | 634 | 665 | —40 | 28 | 60 |
| 10 | — | 857[2] | 891 | 423 | 339 | 661 | 678 | —58 | 52 | 20 |
| 11 | — | 801[2] | 734[2] | 394 | 366 | 648 | 664 | —55 | 108 | 56 |
| 12 | — | 593[2] | 788[2] | 437 | 113 | 593 | 683 | —40 | 59 | 35 |
| 13 | — | 778[2] | 854 | 282 | 183 | 629 | 649 | —55 | 88 | —20 |
| 14 | — | 761[2] | 663 | 410 | 578 | 621 | 550 | —84 | 59 | 69 |
| 15 | — | 841[2] | 748 | 183 | 338 | 661 | 635 | —3 | 42 | 12 |
| 16 | — | 750[2] | 776[2] | 381 | 338 | 609 | 664 | —7 | 116 | 43 |
| 17 | — | 650[2] | 760[2] | 650 | 225 | 551 | 604 | —79 | 58 | 22 |
| 18 | — | 730[2] | 718[2] | 509 | 366 | 537 | 607 | —60 | 101 | 35 |
| 19 | — | 722[2] | 704[2] | 510 | 352 | 650 | 605 | 00 | 52 | 75 |
| 20 | — | 847[2] | 750 | 127 | 254 | 679 | 606 | 32 | —6 | 32 |
| 21 | 818[2] | 633[2] | 698 | 633 | 435 | 567 | 548 | 17 | 76 | 36 |
| 22 | 816 | 738[2] | 660[2] | 650 | 660 | 596 | 576 | 46 | 88 | —9 |
| 23 | 822 | 637[2] | 605[2] | 637 | 465 | 611 | 522 | 43 | 63 | 58 |
| 24 | 815 | 762[2] | 529 | 466 | 529 | 636 | 507 | 12 | 34 | 3 |
| 25 | 860[2] | 610[2] | 673 | 610 | 211 | 524 | 578 | 65 | 50 | 13 |
| 26 | 872[2] | 596[2] | 576[2] | 526 | 506 | 510 | 593 | 43 | 79 | 13 |
| 27 | 829[2] | 897[2] | 683 | 508 | 127 | 665 | 564 | 86 | 63 | —25 |
| 28 | 650 | 930[2] | 724 | 113 | 100 | 722 | 576 | 75 | 00 | —23 |
| 29 | 575 | 763[2] | 688[2] | 536 | 365 | 609 | 505 | 72 | 36 | 32 |
| 30 | 786 | 778[2] | 455[2] | 269 | 455 | 636 | 424 | 29 | 61 | 69 |
| 31 | | 803[2] | 718[2] | 465 | 466 | 692 | 606 | | 72 | 48 |

[2] Суммы вычислены графически по 8 срокам наблюдений.

## 3. Станция Оазис

| Число | Суммарная радиация[3] | | |
|---|---|---|---|
| | XI | XII | 1 |
| 1 | 335 | 572 | 432 |
| 2 | 193 | 459 | — |
| 3 | — | 600 | 345 |
| 4 | — | 677 | 202 |
| 5 | 245 | 292 | 740 |
| 6 | 331 | 672 | 372 |
| 7 | 384 | 655 | 456 |
| 8 | — | 655 | 164 |
| 9 | 547 | 648 | 251 |
| 10 | 542 | 613 | 207 |
| 11 | 527 | 642 | 200 |
| 12 | 523 | 596 | 638 |
| 13 | 127 | 353 | 680 |
| 14 | — | 697 | 809 |
| 15 | 288 | 511 | 269 |
| 16 | 436 | 576 | 448 |
| 17 | 447 | 385 | 333 |
| 18 | 524 | 293 | 535 |
| 19 | 537 | 680 | 305 |
| 20 | 358 | 646 | 219 |
| 21 | 446 | 720 | 268 |
| 22 | 479 | 410 | 374 |
| 23 | 365 | 370 | 533 |
| 24 | 588 | 289 | 603 |
| 25 | 411 | 432 | 418 |
| 26 | 530 | 309 | 638 |
| 27 | 530 | 340 | 496 |
| 28 | 251 | 605 | 592 |
| 29 | 225 | 387 | 542 |
| 30 | 374 | 311 | 526 |
| 31 | | 325 | 422 |

[3] Суммарная радиация на станции Оазис получена графически по 6—10 срокам наблюдений.

Таблица 5

**Месячные суммы составляющих радиационного баланса на различных станциях Антарктиды (ккал/см²)**

| Станция | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Год |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Суммарная радиация ($Q$)** | | | | | | | | | | | | | |
| Мирный | 18,4[1] | 12,8 | 5,6 | 1,8 | 0,4 | 0,1 | 0,2 | 1,5 | 4,9 | 11,9 | 17,2 | 20,0 | 94,8 |
| Пионерская[1] | 21,9[2] | — | — | — | — | 0,0 | 0,0 | 0,9 | 4,7 | 10,4 | 20,0 | 23,9[2] | — |
| Оазис | 13,4 | — | — | — | — | — | — | — | — | (8,5) | 12,0 | 15,7 | — |
| Модхейм[3] | 18,1 | 11,5 | 6,3 | 1,6 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,7 | 4,2 | 11,0 | 18,4 | 21,8 | 93,7 |
| Порт Мартин[3] | 16,6 | 9,5 | 5,6 | 2,0 | 0,2 | 0,0 | 0,1 | 1,0 | 3,6 | 9,4 | 14,0 | 16,8 | 78,4 |
| **Рассеянная радиация ($D$)** | | | | | | | | | | | | | |
| Мирный[1] | 8,3 | 5,7[1] | 2,8 | 1,1 | 0,4 | 0,1 | 0,2 | 1,0 | 2,7 | 5,8 | 7,7 | 7,5 | 43,3 |
| Пионерская | 12,6 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 11,8 | — |
| **Прямая радиация на горизонтальную поверхность ($S'$)** | | | | | | | | | | | | | |
| Мирный | 10,1 | 7,1[1] | 2,8 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,5 | 2,2 | 6,1 | 9,5 | 12,5 | — |
| Пионерская | 9,3 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 12,1 | — |
| **Отраженная радиация $R_к$** | | | | | | | | | | | | | |
| Мирный | 19,9 | — | 4,7 | 1,5 | 0,4 | 0,1 | 0,1 | 1,3 | 4,4 | 8,9 | 11,9 | (16,4) | — |
| Пионерская | 19,1 | — | — | — | — | 0,0 | 0,0 | 0,8 | 4,0 | 8,5 | 15,8 | 18,6 | — |
| **Радиационный баланс ($B$)** | | | | | | | | | | | | | |
| Мирный | (+4,8) | (+1,0) | −0,9 | −1,6 | −1,9 | −1,7 | −1,9 | −2,4 | −1,5 | −0,7 | +1,0 | +3,7 | (−2,1) |
| Пионерская | +1,2 | — | — | — | — | −1,3 | −1,2 | −1,5 | −0,8 | −0,6 | −0,1 | +1,6 | — |
| Модхейм[3] | +0,3 | −0,5 | −0,8 | −1,3 | −1,5 | −1,4 | −1,4 | −1,4 | −1,0 | −0,6 | −0,1 | +0,7 | −9,0 |
| Порт Мартин | +1,8 | +0,7 | +0,2 | −0,8 | −0,9 | −1,0 | −1,0 | −0,7 | −1,5 | −0,4 | +0,1 | +1,4 | −5,3 |
| **Поглощенная радиация $Q_п$** | | | | | | | | | | | | | |
| Мирный | 4,5 | — | 0,9 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 3,0 | 5,3 | 3,8 | — |
| Пионерская | 2,8 | — | — | — | — | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,7 | 1,9 | 4,2 | 5,3 | — |
| **Эффективное излучение ($E_{эф}$)** | | | | | | | | | | | | | |
| Мирный | −0,3 | — | −1,8 | −1,9 | −1,9 | −1,7 | −2,0 | −2,6 | −2,0 | −3,7 | −4,3 | (−0,1) | |
| Пионерская | −1,6 | — | — | — | — | −1,3 | −1,2 | −1,6 | −1,5 | −2,5 | −4,3 | −3,7 | |

[1] Суммарная радиация определена по срочным наблюдениям 1957 г.
[2] По данным самописцев суммарная радиация в декабре равна 25,0 ккал/см², а в январе — 22,9 ккал/см².
[3] Данные заимствованы из работ [5] и [6] и приведены к единой международной шкале.

На станции Пионерская благодаря ее большой высоте при 10 баллах Cs, находящихся на уровне станции, диск солнца часто просвечивал через облака при метели или тумане. Поэтому, в отличие от принятых правил, значения $Q$ и $D$ в таблицах приведены с отметкой диска солнца. По этой же причине при общей облачности 10 баллов и $\odot^{\circ}$ наблюдались большие величины $D$, равные $Q$.

Прямая радиация на перпендикулярную поверхность ($S$) измерялась эпизодически, преимущественно в сроки с ясной погодой и без метели.

Прямая радиация на горизонтальную поверхность ($S'$) вычислена как разность между суммарной и рассеянной радиацией ($Q-D$). Для случаев сплошной облачности и слабого сияния солнца, когда $D=Q$, прямая радиация не вычислялась.

Отраженная радиация ($R_к$) приведена в таблицах для всех сроков наблюдений, когда измерялась суммарная радиация.

В некоторых случаях имеет место неравномерность в ходе альбедо, что, по-видимому, объясняется изменением характера подстилающей поверхности или дефектами измерений, о чем не было сделано замечаний в книжках наблюдений.

Радиационный баланс ($B$) приведен в таблицах для основных сроков, а в феврале и марте — также и для дополнительных сроков наблюдений. Пропущены только те сроки наблюдений, когда из-за урагана и пурги наблюдатель не мог дойти до площадки, а датчик балансографа был закрыт. Радиационный баланс измерялся и записывался без затенения прибора.

В настоящей статье дается обобщенная характеристика радиационного баланса и его составляющих в районе работ первой Советской антарктической экспедиции за различные периоды времени.

В табл. 3—5 приведены часовые, суточные и месячные суммы всех составляющих радиационного баланса.

Суммарная ($Q$), рассеянная ($D$), отраженная радиация ($R_к$) и радиационный баланс ($B$) получены из непосредственных измерений, а остальные составляющие баланса получены расчетным путем. Прямая радиация на горизонтальную поверхность ($S'$) вычислена как разность $Q-D$; альбедо поверхности вычислено как отношение $\frac{R_к}{Q}$, поглощенная радиация $Q_п$ вычислена как разность $Q-R_к$. Эффективное излучение ($E_{эф}$) найдено как остаточный член радиационного баланса по формуле $E_{эф}=B-(Q-R_к)$.

В связи с таким порядком обработки, вопреки установившимся в актинометрии правилам, анализа элементов радиационного баланса начат не с анализа прямой радиации, как обычно, а с анализа непосредственно измеряемых величин.

## Суммарная радиация ($Q$)

При анализе таблиц суммарной радиации обращают на себя внимание необычайно большие величины $Q$.

В середине лета $Q$ достигает 800 кал/см² и более в сутки в Мирном и 900—930 кал/см² на станции Пионерская. Что же касается месячных сумм $Q$, то они оказываются несравнимыми с данными других пунктов земного шара.

Даже годовая сумма $Q$ в Мирном может быть сравнимой с суммами $Q$ для средней полосы Европейской территории СССР. Суммарная радиация в ясные летние дни в Антарктиде оказывается настолько велика, что составляет от 80 до 85% от максимально возможной инсоляции, рассчитанной для этих широт. По мере удаления в глубь материка суммарная радиа-



Б[illegible]А
[illegible]ческого



145233

ция не убывает, а растет. На станции Пионерская, например, за лето она оказалась на 15—25% больше, чем в Мирном и даже в Модхейме. Более того, сумма $Q$ за лето оказалась едва ли не самой большой из всех известных сумм, полученных на земном шаре, и сравнима лишь с данными высокогорных американских станций (Альбукерке, $H = 1630$ м и Эль-Пасо $H = 1205$ м), расположенными в американских субтропиках. Осенью и весной столь сильного различия не наблюдается и суммы $Q$ в Антарктиде оказываются более близкими к суммам радиации в Арктике.

Большие суммы $Q$ в Антарктиде летом, помимо значительных высот солнца и большой продолжительности дня, объясняются следующими причинами:

1) большой прозрачностью атмосферы,

2) большим числом ясных дней,

3) большой высотой над уровнем моря,

4) большой величиной многократного отражения $R_к$, связанной с преобладанием здесь „светлых" облаков высокого и среднего яруса и снежного тумана,

5) повышенной радиацией солнца за счет нахождения Земли в перигелии.

Чтобы оценить значение перечисленных факторов, рассмотрим сначала максимальные величины интенсивностей суммарной радиации при ясном небе для каждого из месяцев (табл. 6).

Таблица 6

**Максимальная интенсивность $Q$ на различных станциях при ясном небе**

| Станция | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Мирный . . . | 1,18 | — | 0,59 | 0,42 | 0,10 | 0,02 | 0,04 | 0,35 | 0,67 | 0,95 | 1,17 | 1,23 |
| Пионерская . . . | 1,13 | — | — | — | — | 0,00 | 0,00 | 0,23 | 0,51 | 0,75 | 1,10 | 1,21 |
| Оазис . . . . . | 1,15 | — | — | — | — | 0,00 | 0,00 | — | — | 0,77 | 1,01 | 1,00 |
| Модхейм . . . . | 1,14 | 0,93 | 0,61 | 0,23 | 0,02 | 0,00 | 0,0 | 0,10 | 0,41 | 0,80 | 1,06 | 1,20 |

Примечание. В Модхейме максимальные величины $Q$ определены интерполяцией для середины каждого месяца. На всех остальных станциях данные получены из непосредственных измерений.

Сопоставляя приведенные в табл. 8 величины со значениями $Q$, полученными примерно для тех же широт Арктики, мы не находим между ними очень существенного различия. Интенсивности $Q$ в Антарктиде отличаются от интенсивности в Арктике не более чем на 4—6%.

Основное различие в месячных суммах $Q$ связано, по-видимому, с более ясной погодой, иным характером облачности и большим вторичным отражением от облаков.

Преобладание ясной погоды в Антарктиде по сравнению с теми же широтами северного полушария является одной из основных причин различия в суммах $Q$. Даже наличие сплошной нижней облачности, по наблюдениям автора в Мирном, снижает величину $Q$ лишь на 30—40, а иногда и на 50%, в то время как для тех же широт в Арктике значения $Q$ при облачности 10/10 для этого же периода года составляют всего лишь 23—25% от $Q$ при ясном небе.

Если учесть, что дней со сплошной низкой облачностью даже на побережье наблюдается не так уж много (в Мирном за год было отмечено всего лишь 33 дня со сплошной низкой облачностью), то ее влияние существенно не сказывается на уменьшении месячных сумм $Q$. Сплошная же облачность

среднего яруса, хотя и уменьшает напряжение суммарной радиации, но незначительно, так как белые облака способствуют обратному отражению $R_к$.

В Мирном на долю суммарной радиации, измеренной при ясном небе (облачность 0—2 балла), приходилось в среднем 32%, а в летние месяцы даже 40—50% от месячной суммы $Q$. На станции Пионерская доля суммарной радиации, измеренной при ясном небе, в среднем составляет 35% от месячной величины, а в летние месяцы 25—30%. Сплошной облачности нижнего яруса на станции Пионерская обычно не наблюдается.

Повышение суммарной радиации за счет увеличения высоты места над уровнем моря в условиях Антарктиды оказалось возможным установить, сопоставив наблюдения за суммарной радиацией в ясные дни на станциях Пионерская и Модхейм. Обе эти станции расположены на близких широтах (табл. 5), но станция Пионерская находится на высоте 2800 м, а станция Модхейм — на высоте 30 м.

Суточные суммы радиации в ясные дни для этих станций приведены в табл. 7.

Таблица 7

**Суточные суммы $Q$ в ясные дни на станциях Пионерская и Модхейм**

| Дата | Пионерская | Модхейм | Процент |
|---|---|---|---|
| 7/XI | 696 | 630 | 109 |
| 13/XI | 769 | 714 | 108 |
| 2/XII | 955 | 835 | 114 |
| 27/XII | 930 | 889 | 105 |
| 13/I | 854 | 820 | 104 |
| 31/I | 718 | 683 | 105 |

Из таблицы видно, что среднее превышение радиации на станции Пионерская по сравнению с Модхеймом составляет около 7%. Эта величина оказывается близкой к тому значению, которое получено для горных районов в северном полушарии (10%).

Влияние вторичного отражения на увеличение суммарной радиации для снежных поверхностей в летнее время года было установлено давно. Еще Альбрехт [3] ввел в формулу для расчетов $Q$ специальный коэффициент $\gamma$, меняющийся при большом альбедо в зависимости от облачности от 0,143 до 0,370. Величина суммарной радиации при разных $\gamma$ может возрастать на 10—20% и более. Ангстрем на основании наблюдений в Арктике считает, что при облачности над снежной поверхностью суммарная радиация может увеличиваться до 65% по сравнению с ясным небом.

В Антарктиде роль вторичного отражения от облаков возрастает особенно вдали от берегов, где не сказывается влияние „водяного неба“ и наблюдается большой процент облаков высокого и среднего ярусов, т. е. светлых облаков.

Подтверждением этому могут служить два доказательства:

1) повышенные значения $Q$ при наличии ярких белых облаков в течение всего года,

2) большая разница в суммах $Q$ на станциях, имеющих большое различие в альбедо.

В табл. 8 приведены максимальные значения $Q$ при полной облачности высокого и среднего ярусов на станциях Мирный и Пионерская.

Сопоставляя табл. 8 и 10, видим, что максимальное напряжение суммарной радиации в Антарктиде при наличии облаков всегда больше, чем при ясном небе, причем эта разница в весенне-летний период достигает в отдельные месяцы 10—20%.

Таблица 8

**Максимальные интенсивности $Q$ при наличии облачности высокого и среднего ярусов (10/0)** (кал/см² мин.) **и отношение их к $Q_0$ при ясном небе** (%)

| Станция | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Мирный | 1,30 | — | 0,70 | 0,46 | 0,10 | 0,02 | 0,06 | 0,35 | 0,65 | 1,00 | 1,22 | 1,24 |
| $Q/Q_0$ (%) | 110 | — | 119 | 109 | — | — | — | 100 | 98 | 106 | 104 | 101 |
| Пионерская | 1,14 | — | — | — | — | — | — | 0,24 | 0,51 | 0,92 | 1,15 | 1,26 |
| $Q/Q_0$ (%) | 101 | — | | | | | | 105 | 100 | 122 | 105 | 104 |

Чтобы выяснить влияние альбедо поверхности на увеличение вторичного отражения от облаков в условиях Антарктиды, мы сравнили наблюдения за $Q$ на двух соседних станциях: Мирный, где альбедо менялось от 85% в октябре до 60% в январе, и Оазис, где альбедо оставалось около 15%. Средняя месячная облачность для обоих пунктов была примерно одинаковой. Суммы $Q$ за месяц на этих станциях приведены в табл. 9.

Таблица 9

**Суммарная радиация с ноября по январь на станциях Мирный и Пионерская** (ккал/см²)

| | X | XI | XII |
|---|---|---|---|
| Мирный | 11,9 | 17,2 | 20,2 |
| Оазис | 10,0 | 12,0 | 15,7 |
| Процент | 72 | 70 | 78 |

Как видно из таблицы, разница в месячных суммах $Q$ между этими пунктами за счет уменьшения вторичного отражения на станции Оазис достигла весной 30, а летом 20%.

Что касается последнего фактора — повышения интенсивности солнечной радиации в летнее время за счет увеличения солнечной постоянной при нахождении Земли в перигелии, то для южного полушария оно, как известно из работы [1], составляет для декабря около 7%.

В заключение остановимся кратко на изменении суммарной радиации в течение года.

Как видно из табл. 7, от 50 до 60% годовой величины суммарной радиации в Антарктиде приходится на период с ноября по январь.

Таблица 10

**Месячные суммы $Q$ за последний месяц весны и два месяца лета по станциям, где отмечены наибольшие величины суммарной радиации** (ккал/см²)

| Станция | Координаты | | Высота над уровнем моря (м) | XI | XII | I |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | φ | λ | | | | |
| Мирный . . . . . | 66°33′ Ю | 93°00′ В | 36 | 17,2 | 20,2 | 18,4 |
| Пионерская . . . | 69 44 Ю | 95 30 В | 2700 | 20,0 | 23,9 | 21,9 |
| Модхейм . . . | 71 03 Ю | 10 56 В | 30 | 18,4 | 21,8 | 18,1 |
| Лиссабон . . . | 38 43 С | 9 08 З | 95 | 17,8 | 21,3 | 19,1 |
| Альбукерке . . . | 35 03 С | 106 37 З | 1630 | 20,8 | 22,2 | 20,4 |
| Эль-Пасо . . . . | 31 48 С | 106 24 З | 1205 | 22,0 | 22,1 | 19,6 |

В декабре побережье Антарктиды по месячным суммам радиации сравнимо лишь с такими пунктами, как Лиссабон и приводимыми выше горными американскими субтропическими станциями Альбукерке и Эль-Пасо. Месячная же сумма радиации, равная 23,9 ккал/см² в декабре на станции Пионерская, была отмечена впервые в истории актинометрических наблюдений. Для сравнения в табл. 12 приведены месячные суммы $Q$ для антарктических и субтропических станций Европы и Америки.

## Рассеянная радиация ($D$)

Систематических наблюдений за рассеянной радиацией в Антарктиде до нашей экспедиции не было. Исследования Лиликвиста для Модхейма касались, главным образом, выявления зависимости $D$ от высоты солнца и содержания в воздухе водяного пара. Им было найдено, что с увеличением высоты солнца $D$ увеличивается от 0,01 кал/см² мин. при $h_{\odot} = 0°$ до 0,12 (при $\beta = 0$) — 0,15 (при $\beta = 0{,}25$) при $h_{\odot} = 40°$, т. е. составляет в среднем 10—20% от суммарной радиации. Доля рассеянной радиации в сутсчных суммах составляет от 80% зимой, 20—23% весной до 16—17% в летний период времени.

Непрерывные наблюдения над рассеянной радиацией в Мирном и на станции Пионерская позволили выяснить роль этой составляющей в радиационном балансе снежной поверхности Антарктиды.

Сгруппировав наблюдения $D$ за 10, 13 и 16 часов по различным группам облачности, мы нашли, что напряжение $D$ в околополуденные часы при совершенно ясном небе на станции Мирный составляло 0,16—0,18 кал/см²мин., т. е. 12—15% от $Q$.

На станции Пионерская величина $D$ в летние месяцы при ясном небе сильно колеблется в зависимости от высоты и интенсивности снежного тумана или метели. При совершенно чистом воздухе интенсивность $D$ в околополуденные часы составляла 0,08—0,12 кал/см²мин., т. е. всего лишь 7—10% по отношению к $Q$. При наличии же метели или снежного тумана интенсивность $D$ повышалась до 0,30 кал/см²мин., т. е. составляла 25—30% от $Q$.

Таким образом, несмотря на большую повторяемость ясного неба, вклад рассеянной радиации в суммарную в Антарктиде остается весьма значительным в течение всего года.

В зимнее время, когда солнце низко над горизонтом, доля рассеянной радиации составляет от 90 до 100% от суммарной. Весной и летом в Мирном $D$ составляет 40—50, а на станции Пионерская 60% от $Q$.

При полной нижней облачности в Мирном интенсивность $D$ в летний полдень достигает 0,50—0,55 кал/см²мин., т. е. составляет 35—45% от действительных величин $Q_0$ при ясном небе.

Таблица 11

**Максимальные величины рассеянной радиации в Мирном и на станции Пионерская**

| Станция | Облачность в баллах | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Мирный | 0—3 ⊙² | 0,12 | — | 0,08 | 0,06 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,10 | 0,11 | 0,13 | 0,15 |
| | 4—7 ⊙ и П | 0,39 | — | 0,16 | 0,10 | — | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,13 | 0,17 | 0,26 | 0,48 |
| | 8—10 П | 0,89 | — | 0,33 | 0,17 | 0,08 | 0,01 | 0,03 | 0,26 | 0,48 | 0,96 | 0,92 | 1,04 |
| Пионерская | 0—3 ⊙² | 0,08 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,12 | 0,12 |
| | 8—10 П | 0,90 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,86 | 0,99 | 1,04 |

Максимальные величины $D$ наблюдались при высоких белых облаках. В этих случаях интенсивность $D$ лишь немногим отличалась от $Q$ при ясном небе (на 15—30%).

В табл. 11 приведены максимальные величины $D$, измеренные на станциях Мирный и Пионерская в разные периоды года при различном состоянии неба.

Наблюдения за рассеянной радиацией, проведенные на ст. Пионерская, привели нас к совершенно неожиданным результатам. Доля $D$ в суммарной радиации оказалась здесь гораздо больше, чем прямой (около 60% от $Q$), несмотря на то что Пионерская расположена выше зоны облаков среднего яруса и находится уже в зоне ледяных облаков. Увеличение рассеянной радиации на станции Пионерская вызвано наличием приземного слоя снеж-

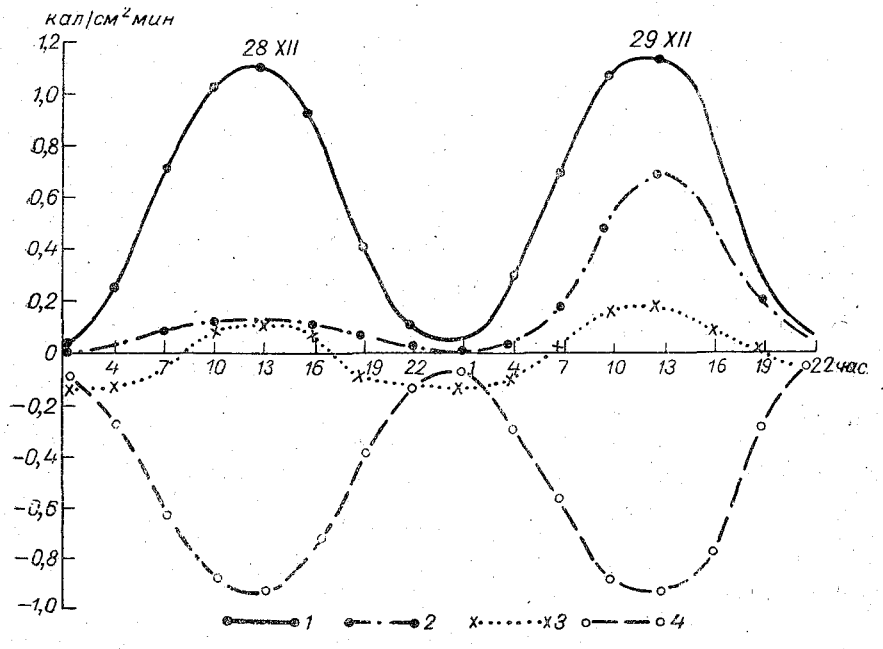



Рис. 1. Ход составляющих радиационного баланса на станции Пионерская.
*1* — суммарная радиация, *2* — рассеянная радиация, *3* — радиационный баланс, *4* — отраженная радиация.

ных и ледяных облаков или тумана. Этот слой тумана является не только сильно рассеивающей средой, но и важнейшим теплопоглощающим слоем атмосферы, оказывающим влияние на радиационный баланс снежной поверхности в глубине материка в целом.

На рис. 1 приведены результаты наблюдений над составляющими радиационного баланса на станции Пионерская за смежные сутки, из которых в одни сутки наблюдался приземный снежный туман (облака снежной пыли), а другие характеризовались совершенно ясной погодой. Радиационный баланс каждых суток оказался совершенно различным. В день со снежным туманом суточная сумма рассеянной радиации оказалась равной 508 кал/см², или 57% от $Q$, а суточный баланс $B = 63$ кал/см².

В смежные ясные сутки доля $D$ оказалась равной всего лишь 12% от $Q$, а радиационный баланс за сутки оказался несколько ниже нуля. Таким образом, эти наблюдения показали, что даже в разгар лета при ясной погоде всего лишь в 400 км от побережья радиационный баланс снежной поверхности, лежащей на уровне ледяных облаков, может быть отрицательным.

Только наличие приземного слоя снежных и ледяных облаков или тумана предохраняет поверхность от выхолаживания, поглощая и излучая обратно вместе с коротковолновой также и длинноволновую радиацию. Снежный туман здесь действует наподобие искусственного тумана, который часто используется в практике сельского хозяйства для защиты растений от ночного выхолаживания при радиационных заморозках.

## Прямая радиация ($S$ и $S'$)

Наблюдения над прямой радиацией на перпендикулярную поверхность ($S$) в Антарктиде впервые были проведены Лиликвистом [1]. На основании эпизодических наблюдений автор построил изолинии интенсивности прямой радиации на перпендикулярную поверхность ($S$) для Модхейма за год. Наши наблюдения за $S$ в течение всего года велись также эпизодически.

Помимо этих наблюдений, в Мирном и на Пионерской [1] велись систематические наблюдения за прямой радиацией на горизонтальную поверхность ($S'$), которая вычислялась как разность $Q-D$. Часовые суммы $S'$ для Мирного приведены в табл. 3.

Имея эти данные и зная высоту солнца, мы могли вычислить величину радиации на перпендикулярную поверхность по формуле

$$S = \frac{S'}{\sin h_{\odot}}.$$

Максимальные значения $S$ в полдень, полученные путем измерения и расчета в ясные дни по месяцам, приведены в табл. 12. Для сравнения приведены данные $S$ для двух арктических станций.

Таблица 12

**Максимальные величины $S$ на станциях Антарктиды и Арктики**

| Месяцы | | Антарктида | | | | | Арктика |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Мирный | | | Пионерская | | о. Мостах $\varphi = 71°33'$ |
| | | $S_{изм}$ | $S_{расч}$ | число наблюдений | $S_{расч}$ | число наблюдений | $S_{изм}$ |
| IX | III | 1,31 | 1,29 | 3 | — | — | 1,34 |
| X | IV | 1,13 | 1,07 | 4 | — | — | 1,02 |
| XI | V | 0,66 | — | 2 | — | — | — |
| XII | VI | 0,22 | — | 1 | — | — | — |
| I | VII | 0,46 | — | 3 | — | — | — |
| II | VIII | 1,07 | 1,02 | 2 | — | — | 0,96 |
| III | IX | 1,22 | 1,19 | 1 | — | — | 1,19 |
| IV | X | 1,43 | 1,38 | 4 | — | — | 1,36 |
| V | XI | 1,45 | 1,49 | 4 | 1,50 | 1 | 1,36 |
| VI | XII | 1,49 | 1,51 | 11 | 1,52 | 5 | 1,39 |
| VII | I | 1,48 | 1,45 | 7 | 1,49 | 2 | 1,42 |

Из приведенной таблицы видно, что величины $S$, измеренные актинометром и пиранометром, довольно близки между собой, что указывает на хорошее качество наблюдений вообще и характеризует надежность полученных величин. Максимальные значения $S$ наблюдаются в декабре и составляют около 1,50, кал/см$^2$мин. для обеих станций.

[1] Наблюдения за $S'$ на станции Пионерская велись только с ноября 1956 г. по январь 1957 г.

По абсолютным значениям они оказываются в среднем на 6—7% больше, чем максимальные значения $S$ для тех же широт в Арктике.

Благодаря меньшей облачности по сравнению с Арктикой и преобладанием высоких форм облаков в Антарктиде доля $S'$ от $Q$, как это видно из табл. 5, составляет в среднем 40—50% весной и 50—60% летом. В среднем за год доля прямой радиации падает до 40%, что объясняется повышением роли рассеянной радиации при низких высотах солнца.

Если сравнивать полученные нами месячные суммы $S'$ в Антарктиде и в Арктике для одного и того же времени года и одинаковых широт, то они оказываются в Антарктиде значительно больше, чем в Арктике, где основная часть суммарной радиации, как известно, поступает в виде рассеянной.

## Отраженная радиация и альбедо ($R_к$ и $A_к$)

Данных по характеристике отраженной радиации и альбедо в Антарктиде, кроме наблюдений Лиликвиста в Модхейме, еще нет. Тем не менее обе эти величины представляют исключительный интерес, так как объясняют причину отрицательного радиационного баланса в глубине Антарктиды в течение года. Во время Первой антарктической экспедиции в Мирном отраженная радиация не только измерялась, но и непрерывно регистрировалась. На станции Пионерская производились непрерывные измерения $R_к$ в течение 10 месяцев. Таким образом, нами был получен уникальный в своем роде материал не только для побережья, но и для внутренних районов Антарктиды. В табл.6 и 7 даны суточные и месячные суммы отраженной радиации, полученные из этих наблюдений для станций Мирный и Пионерская.

При анализе таблиц обращают на себя внимание очень большие величины отраженной радиации не только зимой, но и в летнее время, связанные с наличием снежной поверхности. Отношение месячных сумм $R_к$ к месячным суммам $Q$ дает средние характеристики коротковолнового альбедо ($A_к$) для обоих пунктов (табл. 13).

Таблица 13

**Средние месячные величины альбедо поверхности для Мирного и Пионерской**

| Станция | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Мирный . . | 61 | (68) | 84 | 95 | — | — | 98 | 95 | 90 | 80 | (69) | — |
| Пионерская | 85 | — | — | — | — | — | — | (90) | 86 | 82 | 80 | 82 |

Эта таблица характеризует очень осредненные величины $A_к$ без учета влияния высоты солнца. Однако даже из нее можно сделать ряд важных выводов.

1) Даже для сравнительно однородной поверхности величина альбедо имеет годовой ход, который, как и суточный ход, связан с изменением высоты солнца. Естественно, что наименьшее альбедо наблюдается в летнее время.

2) Величины альбедо летом на побережье и в глубине материка существенно различаются. В Мирном альбедо оказывается значительно ниже, чем на Пионерской. Это явление объясняется тем, что характер подстилающей поверхности на побережье летом сильно меняется. Чистая снежная поверхность зимой и в начале весны переходит затем в фирн в конце ноября и декабре, а затем в лед в январе.

Летом поверхность снега даже на станции Пионерская, как глазурью, покрывается тончайшим слоем льда, так как в каком-то микрослое температура снега днем, видимо, становится близкой к 0°. Это подтверждают наблюдения за изморозью, которая, осев на белом фанерном круге ледоскопа, в полдень тает, образуя на нем мокрое пятно.

Однако на станции Пионерская и летом поверхность остается сравнительно однородной, поэтому средняя величина альбедо весной и летом меняется лишь в пределах 85—80%.

Для того чтобы получить наиболее правильные представления о годовом ходе альбедо, мы обработали данные наблюдений в ясные и пасмурные дни только в околополуденные часы (с 10 до 16), использовав для этого срочные наблюдения (табл. 14).

Таблица 14

**Альбедо поверхности в ясные и пасмурные дни в околополуденные часы**

| Станция | Облачность | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Мирный | 0/0 | 61 | — | 84 | 88 | — | — | — | 87 | 84 | 84 | 81 | 76 |
| | 10/10 | 78 | — | 86 | 90 | — | — | — | 89 | 90 | 89 | 86 | 80 |
| | 10/0 | 74 | — | 86 | 86 | — | — | — | 87 | 86 | 85 | 88 | 79 |
| Пионерская | 0/0 | 80 | — | — | — | — | — | — | 86 | 83 | 82 | 81 | 78 |
| | 10/0 | 85 | — | — | — | — | — | — | 88 | 87 | 86 | 85 | 85 |

Полученные данные существенно уточняют среднемесячные величины альбедо, так как позволяют выяснить зависимость $A_к$ от высоты солнца и облачности.

Для установления наиболее полной зависимости $A_к$ от высоты солнца нами были использованы измерения альбедо при разных высотах солнца на станции Пионерская в период с ноября по январь (табл. 15).

Таблица 15

**Изменение альбедо от высоты солнца на станции Пионерская за период ноября по январь**

| Высота солнца (град.) | <10 | 10—25 | 25—35 | >35 |
|---|---|---|---|---|
| XI | 87 | 83 | 82 | 81 |
| XII—I | (88) | 81 | 80 | 79 |

Из табл. 17 видно, что при увеличении высоты солнца от 10 до 35—40° величина альбедо уменьшается примерно на 1% на каждые 10°. При уменьшении высоты солнца ниже 10° альбедо начинает быстро расти.

Существенное влияние на величину альбедо оказывает облачность. На станции Пионерская весной и осенью при полной низкой облачности средняя величина альбедо составляет 88—90%, при полной средней облачности — 85—88%, тогда как при ясном небе — 78—81%.

Минимальное альбедо в обоих пунктах наблюдается в декабре, что, как уже указывалось, объясняется еще и изменением характера подстилающей поверхности.

## Поглощенная радиация ($Q_п$)

Систематические данные суммарной и отраженной радиаций позволили вычислить и следующую весьма важную величину — поглощенную радиацию, которая была получена как разность $Q - R_к$ (табл. 5). Естественно, что вследствие больших значений альбедо величина поглощенной радиации в Антарктиде остается сравнительно небольшой. Годовая сумма поглощенной радиации равна примерно 25 ккал в Мирном и 20 ккал на станции Пионерская, т. е. составляет 25% от годовой суммы $Q$ на побережье до 20% в глубине материка.

Приведенные значения годовых сумм поглощенной радиации примерно в 2 раза меньше сумм поглощенной радиации для станций, расположенных на тех же широтах в Арктике Сезонные характеристики поглощенной радиации в Мирном и на станции Пионерская существенно различаются. На побережье наибольшие месячные суммы $Q_п$ наблюдаются в конце лета, когда поверхность становится ледяной, а в глубине материка — в разгар лета, когда на поверхность поступает наибольшее количество солнечных лучей.

## Радиационный баланс ($B$)

Приводимые данные по радиационному балансу снежной поверхности в Антарктиде впервые получены не на основании эпизодических наблюдений или расчетов, а путем систематических измерений в течение длительного времени. Поэтому они характеризуют не только средние значения радиационного баланса, но его суточный и годовой ход, а также часовые, суточные, месячные и даже годовые суммы.

Из анализа приведенных в табл. 3—5 данных видно, что в Мирном уже в сентябре с 10 до 13 часов баланс становится положительным; в октябре положительный баланс наблюдается уже в течение 6 часов. Переход же суточной величины баланса через нуль происходит в середине октября, а месячной величины — лишь в ноябре.

Второй переход через нуль месячной величины баланса происходит в феврале. Таким образом, период с положительным радиационным балансом в Мирном составляет около 5 месяцев.

На станции Пионерская переход суточных величин баланса через нуль происходит в ноябре, а месячный — только в декабре. Таким образом, на станции Пионерская отрицательный радиационный баланс наблюдается 10 месяцев в году.

В зимний период (с апреля по сентябрь) радиационный баланс составляет в Мирном в среднем около —1,6 ккал/см² в месяц (—53 кал/см² в сутки или около —0,05 кал/см² мин.), а на Пионерской —1,2 ккал/см² в месяц (—40 кал/см² в сутки или около —0,03 кал/см²мин.). Столь значительная разница в месячных величинах радиационного баланса между Мирным и Пионерской объясняется влиянием в глубине материка мощных приземных инверсий, достигающих зимой над Пионерской нескольких сотен метров со средним повышением температуры 7—9° на 100 м. Благодаря наличию инверсий противоизлучение атмосферы увеличивается и радиационный баланс становится меньше.

В отдельные месяцы величины радиационного баланса как на побережье, так и в глубине материка могут существенно отличаться друг от друга. Так, например, радиационный баланс в августе в Мирном отличался от соседних месяцев более чем в 1,5 раза. Примерно во столько же раз отличался радиационный баланс в августе и сентябре на станции Пионерская.

Такие различия в месячных суммах баланса зимой связаны с влиянием облачности и будут рассмотрены ниже. В Мирном с октября, а на станции Пионерская с ноября месячный баланс начинает быстро расти.

Максимальные месячные величины баланса в Мирном наблюдались в январе, а на станции Пионерская в декабре. Такое несоответствие в годовом ходе баланса на станции Мирный объясняется резким изменением от декабря к январю характера подстилающей поверхности. Снежный покров, покрывавший ранее ледяную поверхность, к январю полностью стаял, а на поверхности льда в дневные часы образовался слой талой воды. Величина альбедо в связи с этим значительно уменьшилась, что и привело к увеличению радиационного баланса в январе. Может вызвать некоторое сомнение месячная величина баланса в Мирном за январь (4,8 ккал/см$^2$) и на первый взгляд показаться несколько преувеличенной. Однако такая величина вполне объяснима. Январь на побережье отличался пасмурной погодой. Ясных дней было всего 4 по сравнению с декабрем, когда отмечалось 9 ясных дней, а средняя облачность равнялась почти 8 баллам против 4 в декабре. Увеличение облачности, помимо уменьшения альбедо поверхности, и явилось второй причиной повышения величины баланса в январе.

Следует также отметить, что на дрейфующих станциях, расположенных в Центральной Арктике, где наблюдения над радиационным балансом в летние месяцы, как и в Мирном, велись над льдом или талым снегом, месячные суммы радиационного баланса также оказались равными 4—5 ккал/см$^2$ в месяц. Некоторая неточность в определении величин баланса на наш взгляд могла иметь место лишь при наличии прямой радиации, так как наблюдения по балансомеру проводились без тени, поэтому негоризонтальность прибора могла дать случайную ошибку. Исходя из этого, данные измерения баланса в январе (табл. 5) взяты в скобки. Однако, судя по наблюдениям в январе 1957 г., когда случаев ясного неба было мало, а баланс оказался больше, чем в декабре, можно предполагать, что месячная величина баланса 4—5 ккал/см$^2$ летом на побережье Антарктиды вполне реальна.

Что же касается месячных величин радиационного баланса в декабре и январе на станции Пионерская, которые оказались не только положительными, но и довольно большими (значительно превышающими данные, полученные в Модхейме), то, на наш взгляд, они вполне объяснимы и связаны, как уже указывалось, с большим тепловым влиянием приземного слоя снежного тумана и низких ледяных облаков.

Анализ месячных величин радиационного баланса и их годовой ход позволяют сделать заключение о том, что любой район Антарктиды, если он покрыт ледником, имеет в течение года отрицательный радиационный баланс.

По абсолютным значениям годовой баланс составляет от —2, —3 ккал/см$^2$ на побережье, находящемся на широте полярного круга, до —7, —8 ккал/см$^2$ на станции Пионерская.

Остановимся кратко на непериодических изменениях величин радиационного баланса, происходящих под влиянием облачности. Это влияние может сказаться не только на отдельных измерениях, но вызвать существенные различия в месячных суммах баланса.

Для оценки влияния облачности на радиационный баланс в Антарктиде в табл. 16 приведены средние суточные величины радиационного баланса на станциях Мирный и Пионерская при облачности 0—3 и 8—10 баллов.

Как видно из таблицы, средняя месячная величина $B$ при ясной погоде в Мирном колеблется от —0,06, —0,07 зимой до 0.06, 0.09 кал/см$^2$мин. летом, а на станции Пионерская — от —0,04, —0,05 зимой до 0,01, +0,03 кал/см$^2$мин. летом. При наличии облачности таких амплитуд в балансе не наблюдается.

Для характеристики радиационного баланса при различных состояниях неба в табл. 17 приведены средние максимальные и минимальные величины

Таблица 16

**Суточные суммы и среднесуточные величины радиационного баланса ($B$) на станциях Мирный и Пионерская при разной облачности (кал/см²)**

| Месяцы | Мирный | | | | | | Пионерская | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | облачность (баллы) | | | | | | | | | | | |
| | 0—3 | | | 8—10 | | | 0—3 | | | 8—10 | | |
| | $B$ | среднее | число дней | $B$ | среднее | число дней | $B$ | среднее | число дней | $B$ | среднее | число дней |
| III 1956 г. | —74 | —0,05 | 5 | +23 | +0,003 | 11 | | | | | | |
| IV | —104 | —0,07 | 9 | —23 | —0,02 | 11 | | | | | | |
| V | —90 | —0,06 | 8 | —36 | —0,03 | 10 | | | | | | |
| VI | —86 | —0,06 | 8 | —36 | —0,03 | 15 | —68 | —0,05 | 14 | —18 | —0,01 | 9 |
| VII | —90 | —0,06 | 8 | —43 | —0,03 | 10 | —58 | —0,04 | 16 | —14 | —0,01 | 13 |
| VIII | —86 | —0,06 | 12 | —29 | —0,02 | 13 | —61 | —0,04 | 22 | —7 | —0,005 | 8 |
| IX | —60 | —0,04 | 10 | —24 | —0,04 | 16 | —54 | —0,04 | 14 | —5 | —0,003 | 14 |
| X | —43 | —0,03 | 9 | —11 | —0,01 | 17 | —47 | —0,03 | 7 | —7 | —0,005 | 23 |
| XI | +34 | +0,02 | 10 | +62 | +0,04 | 17 | —25 | —0,02 | 14 | +14 | +0,01 | 13 |
| XII | +88 | +0,06 | 15 | +95 | +0,07 | 12 | +40 | +0,03 | 10 | +60 | +0,04 | 19 |
| I 1957 г. | +124 | +0,09 | 8 | +97 | +0,07 | 20 | +9 | +0,01 | 6 | +49 | +0,03 | 22 |

радиационного баланса на станциях Мирный и Пионерская при трех состояниях неба: ясно, 10/10 и 10/0.

Из таблицы следует, что при ясном небе в Мирном с апреля по август радиационный баланс в течение суток остается приблизительно одинаковым (—0,6, —0,8 кал/см² мин.). Лишь в отдельных случаях крайние величины могут колебаться от —0,03, —0,04 до —0,10, 0,13 кал/см² мин.

С наступлением весны суточные амплитуды баланса от месяца к месяцу начинают увеличиваться. В то время как в околополуночные часы радиационный баланс остается таким же, как и зимой, днем он может достигать 0,30, 0,40 кал/см² мин. Столь большие величины $B$ наблюдаются в Мирном лишь в январе, когда подстилающая поверхность под балансомером представляет собой лед, часто покрытый слоем талой воды.

На станции Пионерская различие в суточном ходе баланса начинает сказываться также с сентября. К лету суточные амплитуды начинают увеличиваться но значительно меньше, чем в Мирном.

Максимальные значения баланса при ясном небе наблюдаются в период наивысшего солнцестояния (в декабре), но даже в это время радиационный баланс в полуденные часы составляет лишь 0,18 и только в отдельных случаях достигает 0,23 кал/см² мин.

В летние месяцы на станции Пионерская наблюдается пониженный радиационный баланс в ночные часы по сравнению с зимним периодом и наиболее низкие его значения в течение года. Такое явление, по-видимому, связано с разрушением здесь приземных инверсий в летние месяцы.

Зимой при сплошной облачности радиационный баланс как в Мирном, так и на станции Пионерская колеблется от 0,00, —0,03 при низких облаках до —0,02, —0,05 при средних и высоких облаках. В отдельных случаях баланс может быть даже положительным и достигать 0,02, 0,03 кал/см² мин.

В летний период при наличии облаков суточный ход радиационного баланса хорошо выражен, хотя и имеет меньшую амплитуду по сравнению с ходом его при ясном небе. В полдень средние величины баланса в Мирном достигают 0,15, 0,18 и лишь в отдельных случаях 0,30—0,34 кал/см² мин. На станции Пионерская эти амплитуды еще меньше, величины баланса более 0,25 кал/см² мин. ни разу не наблюдались.

Таблица 17

**Средние и предельные величины $B$ при различных состояниях неба (кал/см² мин.)**

| Месяцы | Ясно | | | | | | Облачность 10/10 | | | | | | Облачность 10/0 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 7 | 13 | 19 | макс. | мин. | 1 | 7 | 13 | 19 | макс. | мин. | 1 | 7 | 13 | 19 | макс. | мин. |
| **Мирный** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| III/1956 г. | −0,08 | −0,07 | +0,05 | −0,06 | +0,05 | −0,12 | −0,01 | −0,01 | +0,05 | −0,01 | +0,08 | −0,02 | −0,02 | −0,03 | +0,04 | −0,03 | +0,04 | −0,10 |
| IV | −0,08 | −0,07 | −0,06 | −0,08 | −0,03 | −0,13 | −0,03 | −0,02 | +0,02 | −0,02 | +0,02 | −0,04 | −0,03 | −0,05 | +0,03 | −0,02 | +0,07 | −0,05 |
| V | −0,07 | −0,07 | −0,06 | −0,07 | −0,04 | −0,10 | −0,01 | −0,02 | −0,00 | −0,02 | +0,02 | −0,06 | −0,05 | −0,04 | −0,03 | −0,03 | +0,02 | −0,12 |
| VI | −0,08 | −0,07 | −0,08 | −0,08 | −0,06 | −0,10 | −0,02 | −0,02 | −0,01 | −0,02 | −0,00 | −0,03 | −0,05 | −0,02 | −0,02 | −0,03 | +0,01 | −0,07 |
| VII | −0,07 | −0,06 | −0,06 | −0,06 | −0,05 | −0,08 | −0,03 | −0,03 | −0,02 | −0,02 | +0,01 | −0,05 | −0,04 | −0,03 | −0,04 | −0,04 | −0,01 | −0,07 |
| VIII | −0,06 | −0,07 | −0,05 | −0,06 | −0,03 | −0,09 | −0,02 | −0,01 | +0,00 | −0,02 | +0,03 | −0,05 | −0,04 | −0,04 | −0,02 | −0,04 | +0,03 | −0,07 |
| IX | −0,07 | −0,06 | +0,00 | −0,07 | +0,04 | −0,11 | −0,03 | +0,00 | +0,02 | −0,00 | +0,06 | −0,03 | −0,02 | −0,04 | +0,02 | −0,05 | +0,05 | −0,08 |
| X | −0,06 | −0,01 | +0,05 | −0,08 | +0,12 | −0,09 | −0,02 | +0,00 | +0,04 | −0,02 | +0,06 | −0,03 | −0,03 | −0,02 | +0,02 | −0,03 | +0,07 | −0,08 |
| XI | −0,07 | +0,04 | +0,16 | −0,08 | +0,23 | −0,10 | −0,02 | +0,05 | +0,12 | 0,00 | +0,24 | −0,03 | −0,04 | +0,10 | +0,10 | −0,03 | +0,28 | −0,06 |
| XII | −0,08 | +0,11 | +0,18 | −0,03 | +0,28 | −0,10 | +0,01 | +0,07 | +0,11 | +0,03 | +0,20 | −0,01 | −0,05 | +0,11 | +0,14 | +0,04 | +0,17 | −0,07 |
| I 1957 г. | −0,08 | +0,11 | +0,35 | −0,01 | +0,41 | −0,09 | −0,02 | +0,05 | +0,18 | +0,04 | +0,34 | −0,05 | −0,05 | +0,10 | +0,18 | +0,03 | +0,32 | −0,06 |
| **Пионерская** | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VI | −0,05 | −0,06 | −0,05 | −0,05 | −0,03 | −0,07 | | | | | | | −0,00 | −0,01 | −0,00 | −0,02 | +0,02 | −0,05 |
| VII | −0,05 | −0,05 | −0,05 | −0,05 | −0,03 | −0,07 | | | | | | | −0,01 | −0,01 | −0,01 | −0,01 | +0,03 | −0,04 |
| VIII | −0,05 | −0,05 | −0,05 | −0,04 | −0,03 | −0,07 | | | | | | | −0,01 | +0,00 | +0,00 | +0,00 | +0,04 | −0,05 |
| IX | −0,05 | −0,02 | −0,01 | −0,06 | +0,01 | −0,06 | | | | | | | −0,02 | +0,01 | +0,02 | −0,02 | +0,08 | −0,05 |
| X | −0,06 | −0,03 | +0,02 | −0,06 | +0,07 | −0,07 | | | | | | | −0,04 | −0,00 | +0,05 | −0,03 | +0,09 | −0,06 |
| XI | −0,08 | +0,03 | +0,12 | −0,08 | +0,21 | −0,12 | | | | | | | −0,04 | +0,00 | +0,07 | −0,05 | +0,20 | −0,08 |
| XII | −0,07 | +0,03 | +0,18 | −0,06 | +0,23 | −0,10 | | | | | | | −0,05 | +0,05 | +0,17 | +0,00 | +0,24 | −0,09 |
| I | −0,10 | 0,00 | +0,12 | −0,07 | +0,17 | −0,12 | | | | | | | −0,05 | +0,05 | +0,15 | −0,02 | +0,23 | −0,09 |

## Эффективное излучение ($E_{эф}$)

Величины эффективного излучения, приведенные в табл. 3 и 5, получены как остаточный член уравнения радиационного баланса, поэтому содержат все ошибки, возникающие при измерении отдельных его элементов. Однако даже такие данные, на наш взгляд, являются вполне реальными и представляют несомненный интерес.

Из анализа суточного хода эффективного излучения в Мирном видно, что в середине зимы (июнь и июль), когда $E_{эф} = B$, оно имеет приблизительно одинаковый суточный ход и мало меняется в течение суток. С наступлением весны (октябрь—ноябрь), когда солнце начинает нагревать снежную поверхность, с 4 часов эффективное излучение начинает быстро расти, достигает максимума в околополуденные часы, затем начинает убывать и к 19—20 часам достигает обычных значений, характерных для ночного периода (—2, —3 кал/см$^2$ в час).

В летние месяцы, когда температура поверхности в Мирном не может подниматься выше 0°, а температура воздуха может быть положительной до больших высот, противоизлучение атмосферы может оказаться больше излучения снега и эффективное излучение днем часто оказывается даже положительным.

На станции Пионерская суточный ход $E_{эф}$ можно было проследить лишь по 8 срочным наблюдениям, проводившимся в два летних месяца. Оказалось, что так же, как и в Мирном, оно уменьшается в дневные часы и достигает наибольших значений утром и вечером. Из рассмотрения табл. 5 видно, что, кроме суточного хода, эффективное излучение имеет также и годовой ход, который следует за ходом радиационного баланса.

Минимальные значения $E_{эф}$ наблюдаются летом и в середине зимы, а максимальные в ноябре. В целом за год снежная поверхность в Мирном теряет за счет длинноволнового излучения около 30, а на станции Пионерская около 25% от поступающей к ней суммарной радиации.

Столь значительная расходная статья в радиационном балансе поверхности, связанная с эффективным излучением, в дополнение к 75-процентной потере радиационного тепла за счет альбедо на побережье и 83-процентной потере на станции Пионерская и является второй причиной отрицательного годового баланса радиации в Антарктиде.

### *ЛИТЕРАТУРА*


1. Алисов Б. П., Дроздов О. А., Рубинштейн Е. С. Курс климатологии, ч. 1 и II. Гидрометеоиздат, Л. 1952.
2. Покровская И. А. Температурный коэффициент сетевых актинометрических приборов. Труды ГГО вып. 46 (106). 1955.
3. Albrecht F. Intensität und Spektralverteilung der Globalstrahlung bei Klarem Himmel. Archiv für Meteo., etc., B., 1951.
4. Bolz H. M. und Falckenberg G. Neubestimmung der Konstanten der Angströnschen Strahlungsformel. Z. F. Met., 3, p. 97. 1949.
5. Lilyeqvist G. H. Energy exchange of an Antarctic Snow Field. Oslo 1957.
6. Loewe F. Etudes de Glaciologie en Terre. Adelie, 1951 — 1952. Expedition Polaires Francaises. Paris, 1956.
7. Lonnqvist G. A general method and a simplified formula for Calculating effective Radiation. Archives for Geophisics 1, 1950 p. 79.
8. Труды Советской антарктической экспедиции, т. 3. Л. 1959.


### РЕЗЮМЕ


Статья содержит данные о составляющих радиационного баланса Восточной Антарктиды, полученные во время Первой советской антарктической экспедиции.

*Н. П. РУСИН*

# ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ ПЕРЕНОС СНЕГА В АНТАРКТИДЕ

Антарктида, как известно, отличается сильными, очень устойчивыми по направлению ветрами и метелями. По нашим наблюдениям во время Первой антарктической экспедиции 1956-57 г. в течение года повторяемость ветра в пределах $^1/_4$ горизонта (от ССВ до ЮЮВ) составляла свыше 90%, а число дней с метелью за этот же период достигало 240.

Помимо перераспределения снега по территориям, горизонтальный перенос снега в Антарктиде является одной из важнейших расходных статей в водном балансе ледяного материка, так как благодаря ему огромное количество снега выносится в море. Поэтому антарктические экспедиции почти всех стран мира занимаются изучением этого явления и уже получили весьма интересный материал. Основные закономерности, полученные при изучении горизонтального переноса снега в Антарктиде, могут быть, видимо, использованы и в наших условиях для различного рода расчетов.

Горизонтальный перенос снега в условиях Антарктиды в зависимости от состояния снега и снежной поверхности начинается тогда, когда средняя часовая скорость ветра на высоте 5 м достигает 6—10 м/сек., а на высоте флюгера — 7—11 м/сек. При таких скоростях ветра сила сдвига или касательное напряжение на поверхности снега ($\tau$) при наиболее характерной шероховатости поверхности ($z_0$), равной 0,005—0,01 см, достигает 0,5—3,0 г/м$^2$ сек. Эта сила оказывается достаточной для того, чтобы сдвинуть снежные частицы с места и понести их по поверхности, т. е. достаточной для возникновения поземка.

Учитывая, что при таких скоростях ветра вертикальный градиент температуры в приземном слое равен нулю, а профиль ветра хорошо описывается логарифмическим законом с помощью известных в метеорологии формул, можно легко определить, каковы будут для начала поземка критические значения средних скоростей ветра и коэффициента турбулентности в приземном слое воздуха на разных уровнях. Эти данные приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Средние скорости ветра на различных уровнях и величина коэффициента турбулентности, при которых начинается горизонтальный перенос снега в Антарктиде**

| Высота (м) | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|
| Среднечасовая скорость ветра (м/сек.), пределы | 3,5—8 | 4,5—9 | 5,5—10 | 6—12 | 7—13 |
| Средняя скорость | 6,0 | 7,0 | 9,0 | 10,0 | 11,0 |
| Величина коэффициента турбулентности ($K$) для средних скоростей (м$^2$/сек.) | 0,07 | 0,14 | 0,28 | 0,70 | 1,40 |

С увеличением скорости ветра, т. е. при $u_5 > 10-12$ м/сек., касательное напряжение еще более увеличивается, а вместе с ним увеличивается и турбулентность в приземном слое воздуха. При этом снежные частицы начинают не только переноситься по земной поверхности, но и отрываться от нее и подниматься вверх. Поземок переходит в низовую метель. По наблюдениям Лиликвиста [2] в Модхейме, с началом низовой метели шероховатость подстилающей поверхности увеличивается, что приводит к более быстрому возрастанию $\tau$ по сравнению с теми же скоростями ветра, но при отсутствии снега.

Таблица 2

**Характеристика параметра шероховатости и касательного напряжения в Антарктиде при различных скоростях ветра** (по Лиликвисту)

| $U_{10}$ (м/сек.) | $z_0$ (см) | при $z_0 = \tau = 0{,}01$ | $\tau_1$ (дин/см$^2$) | $\Delta\tau$ |
|---|---|---|---|---|
| 5 | 0,01 | 0,4 | 0,4 | 0,0 |
| 10 | 0,01 | 1,6 | 1,6 | 0,0 |
| 15 | 0,01 | 3,7 | 4,0 | 0,3 |
| 20 | 0,04 | 6,7 | 8,8 | 2,1 |
| 25 | 0,12 | 10,4 | 16,9 | 6,5 |
| 30 | 0,34 | 14,8 | 30,8 | 16,0 |

Зависимость приращения касательного напряжения при метели от скорости ветра ($u_{10}$) Лиликвист приводит в следующем виде:
$\Delta t = Cu_{10}^n$, где $n \approx 5$, $C = 7{,}5 \cdot 10^{-7}$, т. е. касательное напряжение при метели увеличивается пропорционально 5-й степени скорости ветра.

Однако, на наш взгляд, изменение шероховатости с увеличением скорости ветра и метели может происходить лишь в том случае, если происходит изменение характера подстилающей поверхности (образуются надувы, заструги и т. д.), в других случаях, исходя из физических соображений, характеристика шероховатости меняться не должна. Чтобы выяснить этот вопрос, мы обработали для Мирного 423 получасовых серии наблюдений, проведенных при различных скоростях ветра и равновесных условиях. Полученные значения параметра шероховатости приведены в табл. 3.

Таблица 3

**Средние значения параметра шероховатости ($z_0$) в Мирном для зимнего времени года** (июнь—сентябрь)

| Скорости ветра на высоте 2 м (м/сек.) | 0—5 | 5,1—10 | 10,1—15 | 15,1—20 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|
| $z_0$ (см) | 0,037 | 0,013 | 0,007 | 0,010 | 0,017 |
| Число случаев | 30 | 178 | 163 | 43 | 9 |

Как видно из таблицы, параметр шероховатости практически не меняется с увеличением скорости ветра (при неизменной подстилающей поверхности) и остается в среднем равным около 0,01 см, т. е. такими же, как и у Лиликвиста для $u_{10} < 13$ м/сек.

Исходя из этого, при всех дальнейших обработках мы пользовались только этой величиной шероховатости.

Как известно, в практике метеорологических наблюдений под низовой метелью понимают горизонтальный перенос снега в приземном слое воздуха высотой в несколько метров при условии, что наблюдатель может видеть небо. Когда сквозь слой метели неба не видно, наблюдатель относит ее к общей метели. Так как при общей метели нельзя различить, выпадают

или не выпадают осадки, то при обработке наших наблюдений мы исключили общие метели при северо-восточных, восточных и востоко-юго-восточных ветрах и оставили только общие метели при стоковых юго-восточных и юго-юго-восточных ветрах, при которых снег в Антарктиде не выпадает.

Учитывая, что обычно наблюдатели на метеорологических станциях не могут дать количественных оценок интенсивности метелей и отмечают лишь их качественные характеристики (слабая, умеренная, сильная), мы попытались получить связь интенсивности метели с указанными выше метеорологическими параметрами ($u_5$, $K_1$, $\tau$), используя наблюдения в Мирном (Антарк-

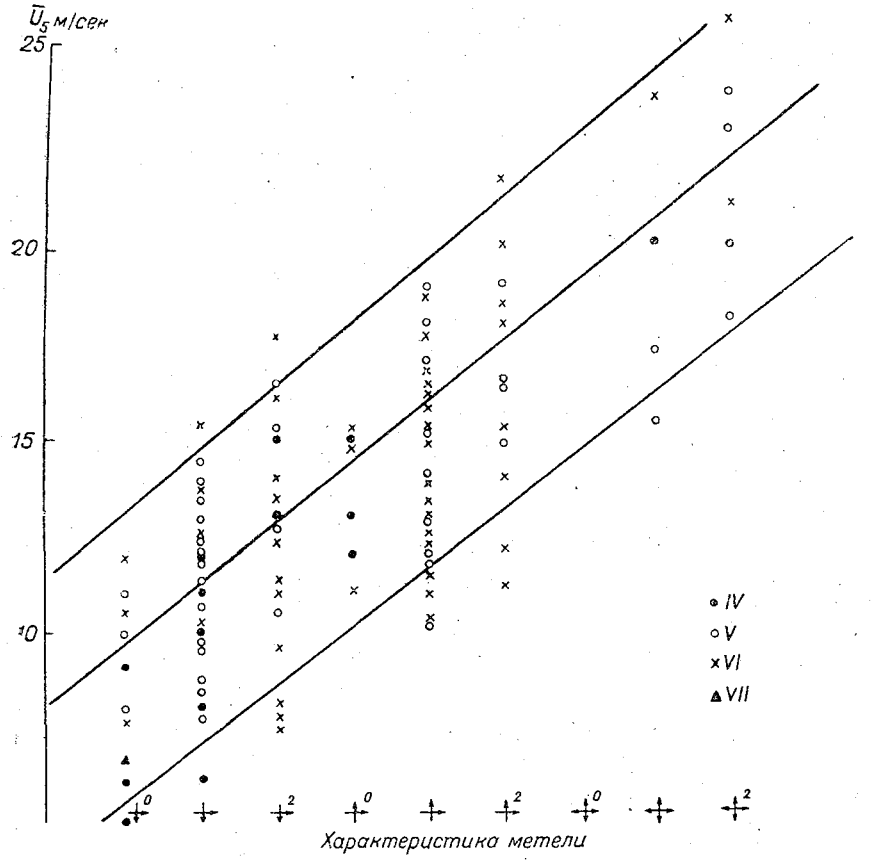



Рис. 1. Зависимость интенсивности метелей в Мирном от средних скоростей ветра.

тида). Для этого было отобрано более 400 случаев наблюдений за метелями разной интенсивности, наблюдавшихся при стоковом ветре.

На рис. 1 приведена зависимость интенсивности метелей (качественные оценки) от средних часовых скоростей ветра, измеренных на высоте 5 м ($u_5$), в зимние месяцы.

Из приведенного графика видно, что, несмотря на большой субъективизм качественной оценки интенсивности метелей, существует вполне четкая зависимость между средней скоростью ветра и интенсивностью метели. Более того, по этим наблюдениям можно определить, правда с некоторым приближением, „критические значения" скоростей ветра на разных высотах и других метеорологических параметров при переходе от метелей одной интенсивности к другой. Эти данные приведены в табл. 4.

Таблица 4

**Значения скоростей ветра и других метеорологических параметров для метелей различной интенсивности по наблюдениям на станции Мирный**

| Характеристика низовой метели | | Скорости ветра на высотах (м/сек.) | | | | | $K_1$ м²/сек. | $\tau$ г/м сек.² |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 10 | | |
| **Поземок** | | | | | | | | |
| слабый | предельная | 4—9 | 5—10 | 6—11 | 6—12 | 7—14 | 0,09—0,18 | 0,4—3,0 |
| | средняя . . | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 0,14 | 2,4 |
| умеренный | предельная | 5—11 | 6—12 | 6—13 | 7—15 | 8—16 | 0,11—0,21 | 0,9—3,6 |
| | средняя . . | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 0,16 | 2,7 |
| сильный | предельная | 6—11 | 6—13 | 7—14 | 8—16 | 9—17 | 0,11—0,23 | 0,9—5,8 |
| | средняя . . | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 0,18 | 3,0 |
| **Низовая метель** | | | | | | | | |
| слабая | предельная | 7—13 | 8—14 | 9—16 | 10—18 | 11—19 | 0,14—0,25 | 2,4—6,3 |
| | средняя . . | 10 | 11 | 12 | 14 | 15 | 0,20 | 3,3 |
| умеренная | предельная | 8—14 | 9—15 | 10—17 | 11—19 | 12—20 | 0,16—0,25 | 2,7—6,8 |
| | средняя . . | 11 | 12 | 14 | 15 | 16 | 0,21 | 3,3 |
| сильная | предельная | 9—15 | 10—17 | 11—18 | 13—21 | 14—22 | 0,18—0,30 | 3,0—7,1 |
| | средняя . . | 12 | 13 | 15 | 17 | 18 | 0,23 | 5,8 |
| **Общая метель** | | | | | | | | |
| слабая | предельная | 11—16 | 12—18 | 13—20 | 15—23 | 16—24 | 0,21—0,32 | 3,6—10,8 |
| | средняя . . | 14 | 15 | 17 | 19 | 20 | 0,25 | 6,7 |
| умеренная | предельная | 12—18 | 14—20 | 15—22 | 17—25 | 18—27 | 0,25—0,36 | 6,3—12,0 |
| | средняя . . | 15 | 17 | 19 | 21 | 22 | 0,30 | 10,2 |
| сильная | предельная | 13—19 | 14—21 | 16—23 | 18—27 | 19—29 | 0,25—0,37 | 6,3—12,6 |
| | средняя . . | 16 | 18 | 20 | 23 | 24 | 0,32 | 10,8 |

Из анализа таблицы видно, что четко разграничить переход от метели одной интенсивности к метели другой интенсивности затруднительно. Соседние градации метелей, как правило, накладываются одна на другую. Однако разграничить начало одного вида метелей от начала другого вида, например, начало поземка от начала низовой или начало низовой от начала общей метели можно. А это значит, что определить вид метели можно по данным надежно измеряемых метеорологических параметров (ветра, турбулентности, касательного напряжения). Последнее является весьма важным обстоятельством, так как позволяет усовершенствовать методику наблюдений за интенсивностью метелей, а главное позволит в ближайшем будущем широко использовать уже имеющиеся длинные ряды наблюдений за метелями на метеорологических станциях для получения сравнительно надежных количественных характеристик переноса снега.

Первую попытку связать качественные и количественные характеристики интенсивности метели между собой и с измеряемыми метеорологическими элементами мы попытались сделать по данным наблюдений в Мирном.

Пользуясь постоянством направлений стоковых ветров (от юго-восточного до юго-юго-восточного), мы устанавливали на разных уровнях различные

снегоулавливатели (метелемеры). Для этой цели были использованы имевшиеся в нашем распоряжении круглые, квадратные и прямоугольные отрезки труб длиной от 20 до 40 см, на один конец которых надевался двойной марлевый или мешковинный конус. Входные отверстия труб были самые различные — от 38 до 550 см$^2$.

Вначале эти снегоулавливатели мы ставили параллельно по нескольку штук, а затем стали устанавливать поодиночке. Уже первые опыты показали, что наиболее практичными являются снегоулавливатели со щелевым или квадратным отверстием. Снегоулавливатели с круглыми входными отверстиями давали заниженные результаты.

Устанавливались снегоулавливатели на следующих уровнях: 0—3, 4—6, 10—20, 40—60, 150 и 300 см. В отдельных случаях число уровней сокращалось до 2—3. На нижних уровнях смена снегоулавливателей производилась в зависимости от интенсивности метели — через 5—10 минут, на уровнях 50—150 см — через 20—30 минут, на уровне 3 м — через час и даже два. Таким образом, на нижних уровнях в течение часа мы получали от 5 до 10 повторностей измерений; каждое измерение вначале обрабатывалось отдельно, а затем производилось осреднение за час. Но эта сбработка оказалась очень трудоемкой и впоследствии все замеры снега, произведенные на одном уровне, объединялись вместе. Затем снег растаивали в закрытом сосуде и производили измерение количества полученной воды.

Всего нам удалось провести в Мирном 11 часовых серий наблюдений с общим числом измерений около 90. Кроме того, были использованы данные выносной станции № 3.

Результаты наблюдений приведены в табл. 5.

Таблица 5

**Количество снега, переносимого в горизонтальном направлении на разных высотах (г/см$^2$ час)**

| Дата | Время продолжительности наблюдений (час) | Скорость $u_5$ (м/сек.) | Вид метели | Количество снега на высотах (см) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 0—3 | 4—6 | 10—20 | 40—60 | 150 | 300 |
| 25/VI | 1 | 13 | ↑ | — | — | — | 25 | 10 | — |
| | 1 | 15 | ↑ | — | — | — | 27 | 11 | — |
| | 2 | 18 | ↑ | — | — | — | 44 | — | — |
| 26/VI | 1 | 19 | ↑[2] | — | — | — | 60 | 18 | — |
| 27/VI | 1 | 13 | ↑ | — | 120 | — | 20 | — | — |
| 30/VI | 1 | 10 | ↑ | — | — | 32 | 16 | 2 | 1 |
| 9/VII | 1 | 14 | ↑ | 400 | 66 | — | 18 | 8 | 1 |
| 16/VII | 1 | 14 | ↑ | 360 | — | 21 | 11 | 2 | 0 |
| 18/VII | 1 | 18 | ↑ | 480 | — | 49 | 24 | 7 | 4 |
| 31/VIII | 1 | 10 | ↑ | 100 | — | 18 | — | — | — |
| Выносная станция № 3 | | | | | | | | | |
| 4/VIII | 2—30 | 14 | ↑ | 167 | — | — | 100 | — | — |
| 5/VIII | 2 | 10 | ↑ | 4 | — | — | — | — | — |
| 7/VIII | 2—30 | 12 | ↑[2] | 27 | — | — | 0 | — | — |
| 8/VIII | 2 | 16 | ↑ | — | — | — | 14 | — | — |
| 9/VIII | 2 | 11 | ↑ | 11 | — | — | — | — | — |

Нанеся данные, приведенные в табл. 5, на график (рис. 2), мы получим кривую распределения количества переносимого снега по высоте для двух градаций скоростей ветра — до 10 м/сек. (поземок) и с 11 до 18 м/сек. (низовая метель).

Разграничить перенос снега по более мелким градациям ветра из-за недостаточно совершенной методики измерений и небольшого числа опытов не представилось возможным.

Из графика следует, что основной перенос снега происходит главным образом вблизи самой поверхности земли. Изменение количества переносимого снега с высотой для низовых метелей может быть выражено уравнением

$$cz = \text{const} \quad \text{или} \quad c = \frac{\text{const}}{z},$$

где $c$ — количесто снега (г/см² час), $z$ — высота (м).

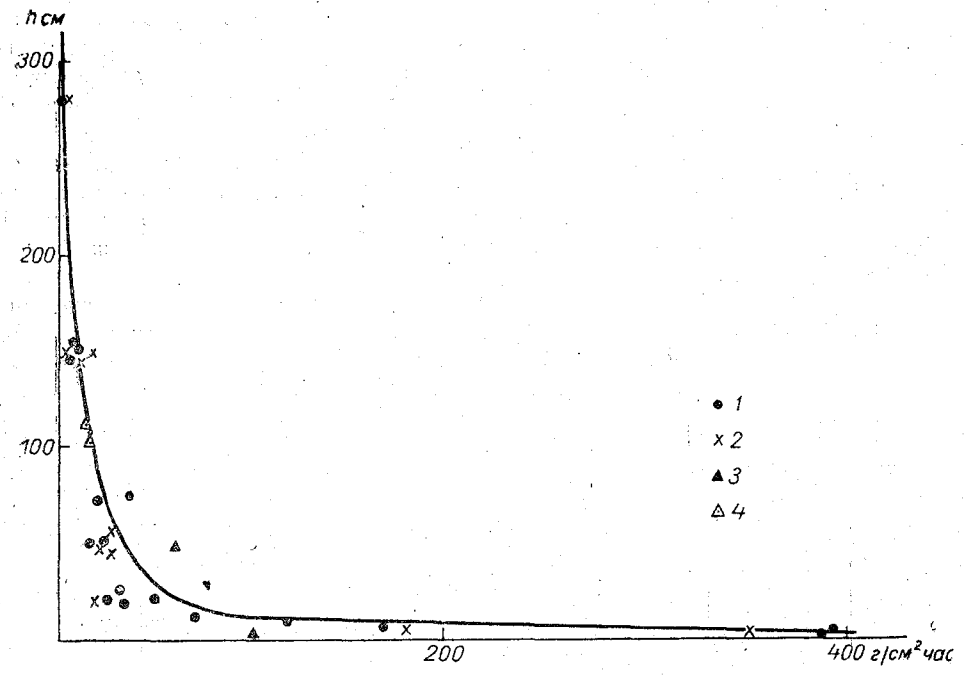



Рис. 2. Изменение количества выносимого снега с высотой при умеренных метелях.
*1* — 13—15 м/сек., *2* — 11—14 м/сек., *3* — 9—10 м/сек., *4* — Пионерская, 10 м/сек.

Угол наклона прямой в этом уравнении будет, видимо, существенно зависеть от физических характеристик снега, а также от ряда географических условий. Для наблюдаемых нами низовых метелей в Мирном const = 8.

На основании приведенной на рис. 2 интегральной кривой были подсчитаны средние величины горизонтального переноса снега на разных уровнях (от поверхности снега до высоты 3 м) и определено общее количество выносимого снега в этом слое через 1 пог. м в час (табл. 6).

Из табл. 6 следует, что при низовых метелях вынос снега в море через каждый погонный метр побережья в районе Мирного составляет 800 кг/час, а при поземках 140 кг/час. Полученные результаты оказались сравнимы с результатами, полученными Л. Д. Долгушиным для станции Пионерская, расположенной в 375 км от Мирного [1].

Если учесть общую продолжительность метелей в районе Мирного в течение года, то оказывается, что в районе Мирного расход воды за счет выноса снега через каждый километр береговой линии составит около 3—5 млн. т в год. Эта цифра значительно меньше той, что получил Лёве на Земле Адели, но, на наш взгляд, кажется вполне реальной.

Таблица 6

**Перенос снега при метелях на разных высотах**

| Умеренные и сильные метели (ветер 12—15 м/сек.) | | | | Поземки (ветер 6—10 м/сек.) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| высота (м) | | количество переносимого снега в час | | высота (м) | | количество переносимого снега в час | |
| от | до | г/см² | кг/пог. м | от | до | г/см² | кг/пог. м |
| 3 | 4 | 2 | 20 | 1,5 | 0,5 | 2 | 20 |
| 2 | 3 | 4 | 40 | 0,5 | 0,3 | 10 | 20 |
| 1 | 2 | 10 | 100 | 0,0 | 0,3 | 40 | 120 |
| 0,5 | 1 | 20 | 100 | | | | |
| 0,2 | 0,5 | 40 | 120 | | | | |
| 0,05 | 0,2 | 100 | 150 | | | | |
| 0,00 | 0,05 | 400 | 200 | | | | |
| Итого от 0 до 4 м | | | 800 | Итого от 0 до 1,5 м . . . . | | | 140 |

*ЛИТЕРАТУРА*

1. Долгушин Л. Д. Географические наблюдения в Антарктиде. Изв. АН СССР, сер. географ., № 1. 1958.
2. Liljeqvist G. H. Energy exchange of an Antarctic Snow-feld. Oslo. 1957.

## РЕЗЮМЕ

Статья содержит количественные и качественные характеристики горизонтального переноса снега на побережье Антарктиды.

*С. А. СМИРНОВ*

# ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В ОАЗИСЕ БАНГЕРА

Территория оазиса Бангера, расположенного в 375 км к востоку от пос. Мирный, находится в зоне действия сильных восточных ветров и значительную часть года свободна от снежного покрова. Даже в зимние месяцы снег, выпадающий над оазисом, через несколько дней, а иногда и часов сдувается на ледник и только благодаря изрезанности рельефа возле многочисленных каменных сопок и крупных валунов остается некоторое количество снега в виде снежников, различных по своей площади и глубине залегания.

Снег в районе оазиса редко наблюдается в своем естественном виде с присущей ему кристаллической структурой, характеризующей снежинки, выпадающие из облаков при низких температурах воздуха. Переносимые частыми и сильными ветрами снежинки сталкиваются друг с другом в воздухе, с силой ударяются о твердую подстилающую поверхность, перетираются, превращаясь в снежную пыль. Накапливаясь как с наветренной, так и с подветренной стороны препятствий, эти мелкие снежные частицы образуют сугробы плотного снега, обладающие значительной твердостью и способные выдержать в первые же моменты после образования тяжесть не только человека, но и небольшого трактора. Кроме того, проникая сквозь еле заметные просветы в груды камней, эти частицы накапливаются в значительных количествах, однако вследствие ослабления скорости ветра в этом случае образуются массы менее плотного снега, легко разламывающегося на куски и рассыпающегося при надавливании.

На северном берегу самого крупного в районе оазиса — озера Фигурного, где местность наиболее открыта, в результате переноса снега образуются заструги, на льду озера наблюдается снежная рябь.

Но все формы залегания снежного покрова в оазисе недолговечны. Благодаря интенсивной ветровой деятельности снежные сугробы выдуваются, заструги и снежная рябь разрушаются вплоть до нижних, наиболее уплотнившихся слоев. Поэтому поземки, наблюдающиеся иногда в оазисе, вызываются именно разрушением ранее образовавшего снежного покрова.

В весенний период благодаря низкой влажности воздуха, характерной для района оазиса, с поверхности отдельных сохранившихся снежников происходит интенсивное испарение. При дальнейшем повышении температуры снежники начинают таять, пополняя запасы воды в многочисленных озерах оазиса. Однако не все снежники успевают растаивать даже в течение антарктического лета. В этом отношении интересен снежник вблизи станции, занимающий лощину между двумя сопками (рис. 1). Он обладает боль-

шой глубиной залегания снега и сохраняется в течение всего лета. По всей вероятности этот снежник образовался давно.

Вертикальный разрез покрова, произведенный на ровной площадке гребня снежника 20 октября 1957 г., следующим образом характеризует его строение (табл. 1).

Измерение количества переносимого ветром снега при поземках и метелях производилось в оазисе наземными метелемерами (типа В. О.).

За период март—май в районе оазиса отмечалось 10 случаев поземка и 10 метелей, из которых 5 метелей с выпадением снега, 2 случая общей

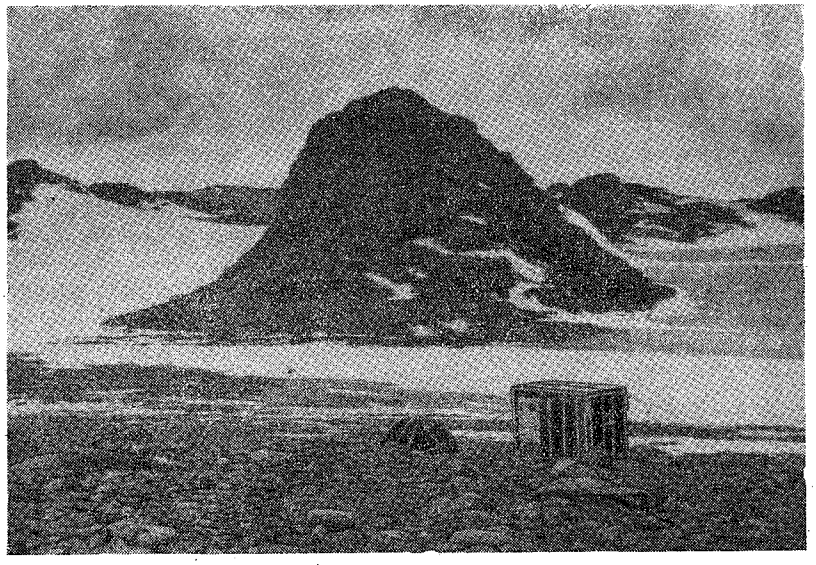


Рис. 1. Старый снежник в лощине между двумя сопками.

метели и 3 низовых. Интенсивность переноса снега в этот период не определялась из-за отсутствия на станции метелемера. В июне было 4 низовых метели, 3 метели с выпадением снега и один поземок. 20 июня 1957 г. при низовой метели и скорости ветра по флюгеру (высота 10,1 м) 25—28 м/сек. при экспозиции 2 часа метелемер с приемным отверстием 25 см$^2$ уловил 3600 г снега.

Таблица 1

| Глубина (см) | Толщина слоя | Характеристика слоя |
|---|---|---|
| 0—11 | 11 | Молодой плотный мелкозернистый снег |
| 11—13 | 2 | Разрыхленный мелкозернистый снег |
| 13—26 | 13 | Более плотный старый мелкозернистый снег |
| 26—27 | 1 | Слегка разрыхленный мелкозернистый снег с коркой наста толщиной 1 мм |
| 27—45 | 18 | Более плотный старый мелкозернистый снег |
| 45—115 | 70 | Крупнозернистый снег |
| 115 | | Фирн |

Примем за среднюю интенсивность переноса ($i$) весовое количество снега, проносимое ветром в единицу времени через единицу площади, расположенной нормально к направлению переноса. Обозначим через $Q$ количество снега, собранное метелемером с приемным отверстием $F$ за время $t$.

Для нашего случая будем иметь

$$i = \frac{Q}{Ft} = \frac{3600}{25 \cdot 120} = 1{,}24 \text{ г/см}^2\text{мин}.$$

Эта величина не в полной мере характеризует интенсивность переноса снега при данной метели, так как она получена не при максимальном значении скорости ветра, которое достигало 40—45 м/сек.

За 3 месяца (с июля по сентябрь) отмечалось 6 случаев низовой метели, 8 метелей с выпадением снега и 9 поземков.

Измерения интенсивности переноса при метели с выпадением снега и скорости ветра 22—24 м/сек. производилось 10 сентября с экспозицией 30 минут. За это время метелемер уловил 2400 г снега.

Интенсивность переноса $i$ для данного случая

$$i = \frac{Q}{Ft} = \frac{2400}{25 \cdot 30} = 3{,}2 \text{ г/см}^2\text{мин}.$$

С октября по декабрь отмечалось 8 случаев метели с выпадением снега и 8 поземков.

Измерение интенсивности переноса снега при слабом и умеренном поземке производилось 1 и 2 октября. За $13\frac{1}{4}$ часов (с 20 часов 1 октября до 9 часов 15 минут 2 октября) при ветре 8—10 м/сек. метелемер уловил 2150 г снега.

Отсюда при слабом поземке интенсивность переноса составляет

$$i = \frac{2150}{25 \cdot 13{,}25 \cdot 60} = 0{,}11 \text{ г/см}^2\text{мин}.$$

К 10 часам 2 октября скорость ветра достигла 18—20 м/сек. и был отмечен умеренный поземок.

Новый метелемер, поставленный на смену предыдущему, в течение 50 минут уловил 938 г снега.

Интенсивность переноса при умеренном поземке увеличилась до

$$i = \frac{938}{25 \cdot 50} = 0{,}75 \text{ г/см}^2\text{мин}.$$

Приняв за „плотность метели" вес снега в единице объема перемещающегося воздуха, воспользуемся соотношением между плотностью метели ($\gamma$) и интенсивностью переноса ($i$)

$$i = \gamma v,$$

где $v$ — скорость ветра на уровне приемного отверстия метелемера.

Тогда получим значения плотности метели для приведенных выше случаев, которые расположим в порядке увеличения плотности (табл. 2).

Таблица 2

| Дата | Плотность метели (г/м³) | Характеристика переноса | Скорость ветра по флюгеру (м/сек.) | Температура воздуха (град.) |
|---|---|---|---|---|
| 1—2/X | 6 | Слабый поземок | 8 | —5,6 |
| 2/X | 18 | Умеренный поземок | 20 | —5,2 |
| 20/VI | 22 | Слабая низовая метель | 28 | —5,2 |
| 10/IX | 62 | Метель с выпадением снега | 24 | —5,1 |

Пользуясь найденными значениями интенсивности переноса, рассчитаем весовое количество снега, переносимое в одну минуту через территорию оазиса (считая ширину оазиса по линии, нормальной к направлению ветра, около 20 км) в слое высотой 2 м (для метели) и 0,5 м (для поземка).

Получим следующие величины (в тоннах снега в минуту):

1. Слабый поземок . . . . . 11
2. Умеренный поземок . . . . . 75
3. Слабая низовая метель . . . . . 496
4. Метель с выпадением снега . . . . . 1280

Следует отметить, что эти данные для метелей несколько занижены, так как перенос снега осуществляется и в слоях выше 2 м, кроме того, интен-

Рис. 2. Молодой снежник с подветренной стороны гряды холмов.

сивность переноса снега 20 июня (3-й случай) была определена не при максимальных значениях ветра, о чем говорилось выше.

Плотность снега определялась весовым снегомером, а для свежевыпавшего снега применялся металлический тонкостенный сосуд, который после взятия пробы взвешивался на аналитических весах.

Таблица 3

| № слоя | Глубина (см) | Толщина слоя (см) | Плотность | Характеристика слоя |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0—5 | 5 | 0,58 | Плотный слой с коркой наста толщиной 2—2,5 мм |
| 2 | 5—10 | 5 | 0,36 | Менее плотный снег |
| 3 | 10—15 | 5 | 0,47 | Плотный слой с коркой ветрового наста толщиной 1 мм |
| 4 | 15—27 | 12 | 0,35 | Менее плотный мелкозернистый снег |

Для перенесенного снега, отложившегося в виде сугроба с гладкой поверхностью, плотность оказалась равной 0,36. Она измерялась в день образования сугроба (30 марта 1957 г.) после прекращения ветра скоростью 25—30 м/сек., наблюдавшегося в течение суток. Среднесуточная температура воздуха в день измерения составляла —5,8°. Несколько меньшее значение плотности снега (0,31) было получено при измерении в тот же день на снежнике, описание которого помещено выше.

Плотность снега в заструге, образовавшемся во время урагана 25 мая (скорость ветра более 30 м/сек.) и еще более уплотнившемся в последующие дни за счет снегопада, а также ветра и изменений температуры, была измерена послойно 3 июня и ее значения приведены в табл. 3.

Температура воздуха за период со дня образования заструга (25 мая) до дня измерения плотности (3 июня) изменилась от —6,4 до —15,6°, причем переходила через 0°, достигнув 31 мая максимального значения 3,6°. В заструге четко различаются 2 основных слоя — 0—10 и 10—27 см. Нижний слой с коркой ветрового наста является застругом, образовавшимся во время урагана 25 мая. Верхний слой образовался позднее, при снегопаде 29 мая, и уплотнился при бурном ветре 29 и 31 мая. Потепление 31 мая вызвало образование верхнего наста вследствие оттепели. Эти причины и определили изменение плотности снега с глубиной.

С подветренной стороны гряды холмов к северу от упоминавшегося постоянного снежника в середине сентября в результате переноса снега со скоростью 25—30 м/сек. образовался молодой снежник, сохранившийся до весны (рис. 2). Плотность снега в снежнике, измеренная 22 сентября по слоям при температуре —18,8°, оказалась равной

| Слой | Плотность |
|---|---|
| 0—10 | 0,390 |
| 10—20 | 0,405 |
| 20—32 | 0,458 |
| 32—55 | 0,360 |

За изменением плотности этого снежника в весенний период были организованы периодические наблюдения, результаты которых приведены в табл 4.

Таблица 4

| Дата наблюдений | Плотность | Среднесуточная температура воздуха (град.) |
|---|---|---|
| 22/IX | 0,40 | —18,8 |
| 13/X | 0,41 | —2,2 |
| 31/X | 0,43 | —5,5 |
| 12/XI | 0 34 | —5,6 |
| 22/XI | 0,33 | —2,8 |
| 5/XII | 0,37 | 0,0 |
| 12/XII | 0,47 | +0,6 |
| 15/XII | 0,50 | +1,9 |
| 21/XII | 0,45 | +3,0 |
| 25/XII | 0,54 | +0,6 |
| 5/I | 0,55 | +2,3 |
| 7/I | 0,61 | +1,8 |

Уменьшение плотности в отдельные дни (12, 22 ноября) объясняется приростом покрова за счет выпадения рыхлого снега в период между измерениями.

Значения плотности снега в сугробах, образовавшихся при менее сильных ветрах, приводится в табл. 5.

Таблица 5

| Дата наблюдений | Плотность | Скорость ветра при образовании сугроба (м/сек.) | Температура воздуха (град.) |
|---|---|---|---|
| 14/V | 0,14 | 8–10 | —10,6 |
| 18/VI | 0,22 | 18—20 | —22,6 |

Плотность свежевыпавшего снега приводится в табл. 6.

Таблица 6

| Дата наблюдений | Плотность | Скорость ветра во время выпадения снега (м/сек ) | Температура воздуха (град.) |
|---|---|---|---|
| 9/V | 0,10 | 4 | —13,9 |
| 13/V | 0,04 | 2 | —16,1 |
| 25/VI | 0,04 | 1 | —6,3 |
| 26/VI | 0,08 | 5 | —10,1 |

Плотность снега, выпавшего 9 мая, с течением времени увеличилась вследствие смерзания снежинок, о чем свидетельствуют данные табл. 7.

Таблица 7

| Дата наблюдений | Плотность | Скорость ветра (м/сек.) | Температура (град.) |
|---|---|---|---|
| 9/V | 0,10 | 4 | —13,9 |
| 10/V | 0,12 | 0 | —16,7 |
| 11/V | 0,16 | 0 | —10,3 |

В заключение следует отметить, что снежный покров не является фактором, определяющим климатические условия оазиса. Только 48 дней (за весь 1957 г.) оазис находился полностью под снегом, причем вершины сопок покрывались снегом в редких случаях. Наибольшее число дней с полным покрытием приходится на июль (18) и на сентябрь (10). В остальные дни снег в оазисе наблюдался только в виде снежников большей или меньшей площади, разбросанных по территории.

Несмотря на изменчивость снежного покрова, в отдельные периоды, в особенности при весеннем снеготаянии, снег безусловно играет значительную роль в общем теплообмене оазиса. Количественная оценка этой роли должна явиться предметом специальной работы.

## *ЛИТЕРАТУРА*

1. Анисимов М. И. Снег и снежные обвалы. Изд. АН СССР. 1953.
2. Вейнберг Б. П. и Горленко С. М. Некоторые свойства снежного покрова. В кн. „Лед". ГИТТЛ. 1940.
3. Сабинин Г. Х. Метелемер-измеритель интенсивности метели. Работы по снегоборьбе, 2 ст. Ин-та реконстр. пути, вып. 139. Гострансиздат. М. 1931.

## РЕЗЮМЕ

Статья содержит данные наблюдений над переносом и плотностью снега в оазисе Бангера. Данные получены в результате работ, проведенных в оазисе Бангера в 1957 г. Второй советской антарктической экспедицией. Ввиду специфических особенностей оазиса, свободного от снега большую часть зимы, наблюдения над снежным покровом проводились лишь эпизодически, чем и объясняется отсутствие материалов, характеризующих динамику снежного покрова за длительный период.

*И. Д. КОПАНЕВ*

# О ТЕМПЕРАТУРЕ ВОЗДУХА В АНТАРКТИДЕ

Почти всюду на антарктическом материке средняя температура самого теплого месяца ниже нуля. Исключением является район Оазиса, где вследствие микроклиматических особенностей и прибрежного положения температура в декабре в большинстве случаев имеет положительные значения. В табл. 1 приведены данные по распределению температуры воздуха, полученные советской и иностранными антарктическими экспедициями в 1957 г.

Таблица 1

**Средние месячные температуры воздуха в 1957 г.**

| Станция | Координаты | | Высота над уровнем моря (м) | Июль | Декабрь | Год |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | широта | долгота | | | | |
| Оазис | 66°16′ | 100°44′ В | 29 | —17,4 | +0,7 | —9,1 |
| Мирный | 66 33 | 93 01 В | 30 | —16,8 | —1,9 | —9,9 |
| Адели | 67 00 | 140 00 В | 50 | —19,6 | —0,9 | —12,4 |
| Моусон | 67 36 | 62 53 В | — | —17,7 | —0,6 | —10,7 |
| Дейвис | 68 07 | 78 00 В | — | —17,6 | —0,2 | —11,0 |
| Сайова | 69 00 | 39 50 В | — | —17,5 | —1,8 | —11,9 |
| Шарко | 69 23 | 139 02 В | 2380 | —48,6 | —20,0 | —39,2 |
| Пионерская | 69 40 | 95 40 В | 2700 | —48,9 | —22,3 | —36,8 |
| Норвежская ст. | 70 30 | 02 32 В | — | —26,7 | —5,4 | —19,8 |
| Восток 1 | 72 08 | 96 34 В | 3290 | —58,0 | — | —49,1 |
| Мыс Адер | 72 10 | 170 30 В | 5 | —25,9 | —0,5 | —18,0 |
| Хэлли-Бей | 75 31 | 26 36 З | 30 | —27,2 | —5,5 | —19,3 |
| Уэдделл | 76 44 | 41 03 З | 3,5 | —48,6 | —6,6 | —26,7 |
| Мак-Мурдо | 77 53 | 166 38 В | 45 | —26,7 | —3,0 | —19,4 |
| Литтл Америка | 78 11 | 168 12 З | 43 | —33,8 | —5,0 | —26,8 |
| Мэри Бэрд | 80 00 | 120 00 З | 1515 | —39,8 | —12,5 | —28,6 |
| Южный полюс | 90 00 | 00 00 | 2750 | —61,4 | —25,0 | —51,3 |

По мере удаления в глубь материка температура воздуха заметно понижается. Наибольшие разности температур между побережьем и центральными районами наблюдаются в холодный период. Средняя июльская температура в районе Южного полюса была на —44,6° ниже, чем в Мирном, а в декабре соответственно на —23,1°. Самым холодным месяцем в 1957 г. на материке является июль. Однако из года в год картина может меняться. Например, по материалам Первой антарктической экспедиции в 1956 г. август был самым холодным месяцем на всем материке. Наиболее низкие температуры воздуха в 1957 г. наблюдались в районе Южного полюса

—74,4° (18/IX) и на станции Восток (I) —73,2° (13/VII). Самая высокая температура воздуха (9,2°) наблюдалась в районе Оазиса в декабре. В центральных районах материка даже в летние месяцы абсолютный максимум не имеет положительных значений.

Годовые амплитуды температуры воздуха (разности между наибольшей и наименьшей средними месячными температурами) изменяются от 15—17° в Мирном до 45° в районе Южного полюса. Они являются существенным признаком большей или меньшей континентальности, отличаясь малой величиной на побережье и возрастая по мере удаления в глубь материка. Увеличение континентальности климата в центральной части Антарктиды обусловлено антициклональной циркуляцией.

Несмотря на однородность подстилающей поверхности, температура воздуха испытывает большие колебания, особенно на побережье, обусловленные изменением скорости и направления ветра, облачности. Например, в Мирном в июле температура при ветрах до 9 м/сек. составляла —21,1°, а при ветрах 10 м/сек. и более —12,8°. Объясняется это тем, что сильные ветры в большой мере способствуют перемешиванию близлежащего к земной поверхности сильно охлажденного воздуха с более теплым воздухом верхних слоев. Обычно ветры восточного направления, связанные с прохождением циклонов, вызывают заметное повышение температуры. Южные ветры, связанные со стоком холодного воздуха из центральных районов материка, способствуют резкому понижению температуры. Связь температуры воздуха и ветров различных направлений можно видеть по следующим данным: средняя температура в Мирном при ветрах восточного направления в июне составляла —11,2°, а при юго-восточных соответственно —18,8°.

Таблица 2

**Изменение температуры воздуха с высотой в Мирном в 1957 г.**

| Месяц | Высота (м) | | |
|---|---|---|---|
| | 500 | 1000 | 2000 |
| III | —9,8 | —12,7 | —17,7 |
| VI | —15,7 | —17,0 | —18,2 |
| IX | —15,1 | —17,4 | —23,4 |

При сравнении температуры воздуха при затишье со средней месячной оказалось, что температуры воздуха при затишье в Мирном в течение года остаются ниже средних месячных. Это указывает на слабое прогревание подстилающей поверхности.

Влияние облачности на температуру воздуха сказывается по-разному в зависимости от времени года. В летние месяцы облачность ослабляет приток лучистой радиации и тем самым способствует понижению температуры в приземном слое. Например, в Мирном средняя температура воздуха в феврале при сплошной облачности составляла —3,3°, а при ясном небе —1,9°. В холодный период наблюдается несколько иная картина вследствие значительного уменьшения притока солнечной радиации. В Мирном, например, в мае средняя температура воздуха в ясные дни составляла —17,2°, а в пасмурные —11,9°. Повышение температуры в пасмурную погоду обусловлено уменьшением эффективного излучения.

Температура воздуха во время выпадения осадков сравнительно высокая; например, в Мирном в июне она почти на 9° выше средней месячной. Объясняется это тем, что выпадение осадков связано с циклонической деятельностью и сопровождается обычно большими скоростями ветра.

В суточном ходе температура воздуха чаще всего имеет сравнительно высокие значения в полдень, минимальные ночью. Однако в отдельных случаях наблюдается обратный суточный ход, обусловленный суточным ходом скорости ветра, облачности.

Температура воздуха, исключая приземные инверсионные слои, с высотой понижается, причем наиболее резкие изменения наблюдаются в теплые месяцы (табл. 2).

Причиной таких изменений следует считать большое перемешивание воздуха в холодный период, когда частые циклоны сопровождаются сильными ветрами, и сравнительно слабое перемешивание летом.

В табл. 3 приведена для сравнения вычисленная по формуле Г. Бодмана (участника шведской антарктической экспедиции 1901—1903 гг.) так называемая „суровость" погоды для ряда станций, находящихся как в пределах Антарктиды, так и вне ее. Суровость погоды выражена в условных единицах как функция средних месячных величин температуры воздуха $t$ и скорости ветра $V$

$$S = (1 - at)(1 + \alpha V),$$

где $a = 0{,}04$, $\alpha = 0{,}272$.

Таблица 3

**„Суровость" погоды**

| Станция | VI—VIII (южное полушарие) |
|---|---|
| Мирный | 8,6 |
| Оазис | 4,5 |
| Пионерская | 10,9 |
| Восток I | 9,0 |
| Южный полюс | 9,8 |
| | I—III (северное полушарие) |
| о. Диксон | 6,0 |
| Бухта Тихая | 5,2 |
| Уэлен | 3,9 |
| Верхоянск | 3,1 |
| Ленинград | 2,8 |

Большие значения суровости даже в средних величинах возникают не столько вследствие низких температур воздуха на антарктических станциях, сколько вследствие сильных ветров. В отдельных случаях суровость погоды была гораздо больше, чем приведенные в таблице средние величины, достигая 20—30 условных единиц. Наибольшей суровостью отличается район Пионерской. Это объясняется тем, что для станции Пионерская в равной мере характерны внутриконтинентальный холод и прибрежный сильный ветер.

Заканчивая обзор, можно отметить, что температурный режим Антарктиды в отличие от Арктики характеризуется большой суровостью. Средняя годовая температура на антарктическом побережье оказывается на 4—5° ниже, чем на европейском побережье Арктики [1].

Для определения границ полярных стран В. Ю. Визе, М. Валь и А. Норденшельд [1] предложили следующий критерий: если для данной станции средняя температура самого теплого месяца ниже $9° - 0{,}1\,k$, где $k$ есть средняя температура самого холодного месяца, то данная точка входит в полярную область и наоборот.

Принимая во внимание указанный критерий, можно заключить, что Антарктида, в отличие от Арктики, целиком находится в пределах полярной области.

### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Леонтьева Е. А. Климат советского сектора Арктики. Изд-во Главсевморпути. М.—Л. 1947.

## РЕЗЮМЕ

В статье приведены количественные характеристики температуры воздуха на антарктических станциях за 1957 г., характеристики „суровости" погоды для ряда станций, а также данные по изменению температуры воздуха в зависимости от скорости и направления ветра, облачности, выпадения осадков.

*И. Д. КОПАНЕВ*

# ОБ ИЗМЕРЕНИИ ОСАДКОВ В АНТАРКТИДЕ

Осадки в Антарктиде выпадают исключительно в твердом виде даже на побережье и поэтому измерение их с помощью обычных осадкомеров весьма затруднительно. При сильных метелях измерение осадков практически невозможно, так как при таких условиях зачастую нельзя отличить осадки, выпадающие из облаков, от снега, поднятого ветром с поверхности. При этом осадкомер очень быстро наполняется снегом, тогда как на поверхности вблизи него изменений в высоте снежного покрова не отмечается. Выпадение осадков происходит при низких температурах. Благодаря этому снег выпадает сухой, мелкий и легко поднимается ветром, что приводит к частому образованию метелей, снежных бурь, представляющих грозное и опасное явление.

Возможности применения суммарного осадкомера также ограничены, особенно в прибрежных районах, вследствие больших скоростей ветра и частых метелей. Одной интенсивной метели вполне достаточно, чтобы заполнить приемную часть суммарного осадкомера.

В табл. 1 приведены месячные суммы осадков. Мы воспользовались данными об осадках из синоптических телеграмм „Климат", которые получали от антарктических станций ежемесячно в порядке обмена. Пропуски в табл. 1 объясняются тем, что данные забракованы станциями из-за их ненадежности (поэтому в телеграммах ставился знак $\times$). Приведенные данные для советских антарктических станций также не являются надежными.

Как показывает анализ, материалы наблюдений над осадками антарктических станций, полученные существующими методами измерения (посредством осадкомеров, дождемеров), дают неопределенные, весьма сомнительные результаты о распределении осадков.

На антарктических станциях советского сектора, кроме осадкомерных наблюдений, производились по расширенной программе измерения высоты и плотности снежного покрова, а также вертикальные разрезы снежной толщи до глубины нескольких метров.

Измерения высоты покрова производились по постоянным рейкам, вернее бамбуковым вехам высотой около 5 м и диаметром 5 см. В момент установки реек отмечалось начальное положение поверхности снежного покрова (нуль), а после этого производились систематические отсчеты через определенные промежутки времени. Для удобства отсчеты по рейкам брались не снизу вверх, как это делается обычно в наших условиях, а сверху вниз. В обсерватории Мирный измерения высоты снежного покрова производились на следующих участках:

1) на снегомерной площадке (размеры 50 $\times$ 50 м), на которой было установлено 16 постоянных реек; 2) на 7-километровом маршруте были установ-

Таблица 1

## Количество осадков (мм) на антарктических станциях в 1957 г.

| Станция | Высота над уровнем моря (м) | Координаты | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Год |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | широта | долгота | | | | | | | | | | | | | |
| Оазис | 29 | 66°16′ Ю | 100°44′ В | | 0,1 | 18,6 | 3,9 | 22,6 | 17,9 | 13,3 | 7,4 | 66,0 | 9,7 | 0,7 | 9,9 | |
| Нокс | 12 | 66 15 | 110 15 В | | | | | | 2,0 | | | | | | | |
| Мирный | 30 | 66 33 | 93 01 В | 2,0 | 3,7 | 12,6 | 39,0 | 20,3 | 52,3 | 67,6 | 37,7 | 70,0 | 84,3 | 1,6 | 10,8 | 402,1 |
| Адели | 50 | 67 00 | 140 00 В | | | | | | | | | | | | | |
| Моусон | — | 67 36 | 62 53 В | | 30,0 | 20,0 | 10,0 | | 180,0 | 4,0 | 40,0 | | 20,0 | 0,0 | | |
| Дейвис | — | 68 07 | 78 00 В | | | | 10,0 | 20,0 | 20,0 | 10,0 | 10,0 | | | | | |
| Сайова | — | 69 00 | 39 50 В | | | | | | | | | | | | | |
| Шарко | 2380 | 69 23 | 139 02 В | | | | | | | | | | | | | |
| Пионерская | 2700 | 69 40 | 95 40 В | | 0,9 | 33,8 | 91,6 | 36,9 | 113,4 | 65,6 | 156,0 | 120,8 | 58,2 | 28,2 | 77,1 | |
| Норвежская | | 70 30 | 02 32 В | | | | | 40,0 | | | | 30,0 | 1,0 | 5,0 | | |
| Восток I | 3290 | 72 08 | 96 34 В | | | | 2,5 | 5,4 | 6,0 | 6,3 | 7,4 | 16,0 | 8,7 | 6,3 | | |
| Мыс Адер | 5 | 72 10 | 170 30 В | | | | | | | 0,0 | 0,0 | | | | | |
| Хэлли-Бей | 30 | 75 31 | 26 36 З | | | | | | | | | | | | | |
| Уэдделл | 4 | 76 44 | 41 03 З | | | | | 1,0 | | | 30,0 | | | | | |
| Мак-Мурдо | 45 | 77 53 | 166 38 В | | | | 10,0 | | 10,0 | 10,0 | | 20,0 | | | | |
| Литтл Америка | 43 | 78 11 | 168 12 З | | | | 10,0 | 60,0 | | 10,0 | | | | | | |
| Мэри Бэрд | 1515 | 80 00 | 120 00 З | | | | 10,0 | | | | | | | | | |
| Южный полюс | 2750 | 90 00 | 00 00 | | | | | | 0,0 | | 0,0 | | | | | |

лены постоянные рейки через каждые 200 м; 3) треугольник для ежедневных наблюдений выбран неудачно, так как в течение всего периода работы снегоотложений на этом участке не было; 4) на морском припае (море Дейвиса) снегомерные наблюдения производились по трем постоянным рейкам, а также эпизодически снегомерные съемки производились по 13 и 29-километровым маршрутам, направленным с юга на север.

На станции Пионерская снегомерные наблюдения производились: 1) по трем постоянным рейкам; 2) на площадке в 42 точках; 3) по продольному (76 точек, через 1 м друг от друга) и поперечному (69 точек, через 1 м) профилям относительно преобладающих юго-восточных ветров.

На станциях Оазис, Восток I, Комсомольская, Восток снегомерные наблюдения производились по трем постоянным рейкам. Следует при этом заметить, что снежный покров в районе Оазиса характеризуется большой неустойчивостью.

Плотность снежного покрова измерялась с помощью походного весового снегомера на участках, где производились снегомерные наблюдения.

Во время санно-тракторного перехода в глубь материка по маршруту Мирный—Пионерская—Комсомольская под руководством проф. П. А. Шумского производились вертикальные разрезы снежной толщи через каждые 25 км посредством специальных бурильных машин. Полученные материалы наблюдений пока обработаны частично, поэтому мы остановимся здесь лишь на предварительных результатах.

В районе Мирного за период март—ноябрь 1957 г. образовался слой снега высотой в 125 см, а в районе Пионерской за тот же период — 51 см. За период июнь — октябрь на станции Восток I снежная толща увеличилась на 12 см, а на станции Комсомольская за 7 месяцев — 26 см. Средняя высота снежного покрова на морском припае (море Дейвиса) в ноябре 1957 г. составляла 69 см.

Данные о высоте снежного покрова, полученные по наблюдениям на снегомерной площадке и по 7-километровому маршруту в Мирном, мало отличаются между собой; различия в период наблюдений не превосходили 10 см. Хорошая сравнимость в показаниях высоты снежного покрова на площадке и по маршрутам отмечалась также и в районе Пионерской.

Плотность снежного покрова так же, как и высота, убывает от 0,46 в прибрежных районах до 0,37 в центральных районах. Плотность находится в тесной зависимости от возраста снега. Например, в районе Мирного старый снег (3-летний) имеет плотность 0,49, а свежевыпавший 0,17—0,20. Наибольшая плотность приходится на холодный период (май—сентябрь), когда наблюдаются максимальные скорости ветра. Процессы оседания и уплотнения снежного покрова, протекающие в основном под действием собственного веса, ветра, температуры и др., развиваются в прибрежных и центральных районах с разной интенсивностью. Например, в районе Мирного на глубине 5 м плотность снега равна 0,61, а в районе Пионерской соответственно 0,49.

Наилучшие результаты ежегодного увеличения высоты снежного покрова дают вертикальные разрезы снежной толщи. Поверхностные разрезы позволяют выделить летние и зимние слои снега. Например, на профиле Мирный—Пионерская представилась возможность обнаружить 6 слоев, образовавшихся за 6 лет. Средняя толщина годовых слоев снега на указанном профиле изменяется от 120 см в районе Мирного до 44 см в районе Пионерской.

Зная среднюю толщину годового слоя снега и соответственно плотность, можно определить запасы воды в годовых слоях снега. Расчеты показывают, что осредненные запасы воды в годовых слоях снега убывают по мере продвижения в глубь материка от 630 мм в районе Мирного до 235 мм в районе Пионерской. Для количественного представления о распределении

осадков в условиях Антарктиды можно воспользоваться в первом приближении данными о запасах воды в годовых слоях.

Вертикальные разрезы снежной толщи интересны еще и в том отношении, что позволяют проследить изменчивость физико-механических свойств снега на различных глубинах и их связь с метеорологическими условиями.

В качестве вспомогательного метода для учета осадков, изучения физико-механических свойств снега, условий его формирования целесообразно рекомендовать в районах вечного снега (Арктика, Антарктида, высокогорные районы) производить вертикальные разрезы снежной толщи.

## РЕЗЮМЕ

В статье дается краткое описание методики снегомерных и осадкомерных наблюдений на советских антарктических станциях. Приводятся количественные характеристики распределения осадков, данные по увеличению снежной толщи за год, плотности снежного покрова, отмечаются недостатки существующих методов измерения осадков в высоких широтах.

Дается рекомендация по производству вертикальных разрезов снежной толщи с целью изучения физико-механических свойств снега и приближенного учета количества осадков за год.

*З. И. ПИВОВАРОВА, Т. Т. ПЛЕШКОВА*

# АКТИНОМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ В СССР ВО ВРЕМЯ МЕЖДУНАРОДНОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ГОДА

В программе Международного геофизического года исследованию физических процессов в атмосфере уделено особое внимание.

Для изучения теплового баланса поверхности земли в связи с общей циркуляцией атмосферы необходимо обстоятельно изучить компоненты радиационного баланса, их распределение во времени и пространстве. Большое научное и практическое значение будут иметь количественные данные о радиационном балансе атмосферы и деятельной поверхности, полученные экспериментально.

Для ведения актинометрических наблюдений по программе МГГ в СССР из актинометрической сети было выделено 35 станций. Эти станции смогут охарактеризовать радиационный режим различных географических зон.

На рис. 1 дана карта расположения станций.

Огромная протяженность территории нашей страны, сложность орографии обусловливают разнообразие природных условий. Климат СССР изменяется от холодного арктического на севере до субтропического и пустынного на юге; с запада на восток климат изменяется от морского до резко континентального и муссонного. В значительной степени эти изменения определяются радиационным режимом и они не могут рассматриваться без экспериментальных данных по радиации.

Станции Бухта Тихая, Диксон, Мыс Челюскина, о-ва Визе, Уединения, Котельный, Преображенья, Врангеля, Четырехстолбовой, Уэлен расположены на побережье и островах Северного Ледовитого океана и охватывают полярную зону или зону арктических пустынь. Для местоположения этих станций характерным является отсутствие древесной и кустарниковой растительности, которая нигде не образует сомкнутого покрова, преобладают лишайники и мхи.

Южнее расположена лесная зона, самая значительная по площади в СССР. В более северных областях рельеф мягковолнистый; большие площади заняты тайгой — хвойным лесом. Актинометрические наблюдения в этой зоне производятся на станциях Оленек, Туруханск, Верхоянск, Якутск, Архангельск, Свердловск, Ленинград. Значительно меньшие площади в этой зоне занимают смешанные широколиственно-хвойные и широколиственные леса, встречающиеся в Европейской части СССР (станция Каунас) и на Дальнем Востоке (Хабаровск, Южно-Сахалинск, Владивосток). Следует заметить, что дальневосточная область находится в сфере воздействия муссона, который обусловливает некоторую особенность климата.

Станции Киев, Кишинев, Омск, Новосибирск, Чита расположены в лесостепной, а Одесса — в степной зоне. Рельеф этих зон сильно отличается от рельефа лесной зоны. Это зависит от того, что грунтом в лесостепи

**Список станций**

| Станция | φ | λ | Высота над уровнем моря (м) |
|---|---|---|---|
| СП-7 | | | — |
| Бухта Тихая | 80° 19′ | 52° 48′ | 6 |
| о. Визе | 79 29 | 76 59 | 18 |
| Мыс Челюскина | 77 43 | 104 17 | 13 |
| о. Уединения | 77 30 | 82 12 | 9 |
| о. Котельный | 76 00 | 137 54 | 10 |
| о. Преображенья | 74 40 | 112 56 | — |
| Диксон | 73 32 | 80 17 | 20 |
| о. Врангеля | 70 58 | 178 32 | 3 |
| о. Четырехстолбовой | 70 38 | 162 24 | 6 |
| Оленек | 68 30 | 112 26 | 127 |
| Верхоянск | 67 33 | 133 23 | 137 |
| Мыс Уэлен | 66 10 | 169 50 | 7 |
| Туруханск | 65 47 | 87 57 | 32 |
| Архангельск | 64 30 | 40 42 | 4 |
| Оймякон | 63 16 | 143 09 | 740 |
| Якутск | 62 01 | 129 43 | 99 |
| Ленинград (Воейково) | 59 57 | 30 42 | 71 |
| Охотск | 59 22 | 143 12 | 6 |
| Свердловск (Высокая Дубрава) | 56 44 | 61 04 | 290 |
| Омск | 55 01 | 73 23 | 120 |
| Каунас | 54 56 | 23 59 | 75 |
| Новосибирск (Огурцово) | 54 54 | 82 57 | 131 |
| Куйбышев | 53 14 | 50 10 | 137 |
| Чита | 52 03 | 113 29 | 671 |
| Семипалатинск | 50 25 | 80 18 | 190 |
| Киев | 50 24 | 30 32 | 167 |
| Хабаровск | 48 31 | 135 07 | 72 |
| Кишинев | 47 00 | 28 51 | 92 |
| Южно-Сахалинск | 46 57 | 142 43 | 23 |
| Аральское Море | 46 47 | 61 40 | 62 |
| Одесса | 46 26 | 30 46 | 43 |
| Владивосток (Сад-город) | 43 16 | 132 03 | 80 |
| Тбилиси | 41 43 | 44 48 | 403 |
| Ташкент | 41 20 | 69 18 | 478 |

является, как правило, лёсс — порода, отличающаяся своеобразными свойствами. Для лёссовых ландшафтов характерны крутые, не покрытые растительностью обрывы и глубокие овраги. Если массивы лесов и встречаются в северной полосе этой зоны, то на юге они занимают весьма ограниченную площадь только по долинам рек и балкам. Широко распространены остепненные луга и луговые степи.

Станция Семипалатинск расположена в полупустынной зоне, а станции Аральское Море и Ташкент — в пустынной. В пределах пустынь освоены под земледелие и садоводство те участки предгорных и приречных равнин, где возможно орошение за счет речных вод. Район Ташкента и является таким крупным оазисом.

Станция Аральское Море является типичной для пустыни. Расположена она на берегу моря, в открытой песчаной равнинной местности в радиусе 10—12 км. Древесная растительность в районе станции отсутствует, имеется лишь пустынная растительность. Почва — светлые пески. В период без снежного покрова и осадков наблюдаются частые пыльные бури.

При анализе и обобщении материала наблюдений станции Оймякон, Тбилиси, Ташкент, имеющие отметку 400—700 м над уровнем моря, не выделены, так как изменениями составляющих радиационного баланса с высотой в пределах указанных высот практически можно пренебречь.

Для производства наблюдений над составляющими радиационного баланса на станциях применяются однотипные термоэлектрические приборы отечественного заводского производства.

Для определения непрерывного хода и суточных сумм радиации приемники подключаются к гальванографу МСЩ-пр-354 (милливольтметр самопишущий завода „Пирометр" трехканальный, точечный с пределами измерения 3—6 мв) [5].

Выпускаемые заводом эти милливольтметры подверглись некоторой переделке в Главной геофизической обсерватории; была увеличена вдвое чувствительность и скорость протяжки ленты, подключены добавочные сопротивления, позволяющие производить измерения с одинаковой точностью как малых значений интенсивностей, так и больших. Для станций, не имеющих сети переменного тока, милливольтметры переведены на специальный механический привод. На станциях Владивосток, Ташкент, Тбилиси, Одесса, Каунас, Высокая Дубрава и Киев используются гальванографы Крова—Савинова. Станции, на которых по какой-либо причине не была осуществлена регистрация, проводят ежечасные, а на сети ГУСМП через три часа отсчеты суммарной и рассеянной радиации. По этим данным и подсчитывались суммы.

На 9 станциях (в Якутске, Воейково, Высокой Дубраве, Омске, Киеве, Одессе, Владивостоке, Тбилиси и Ташкенте) регистрируется прямая солнечная радиация на перпендикулярную поверхность. По пересчитанным на горизонтальную поверхность суммам прямой солнечной радиации и сумме рассеянной вычисляют суммарную радиацию солнца и неба.

При отсчетах по термоэлектрическому актинометру учитывается температурный коэффициент, так как его переводный множитель увеличивается на 1—2% с увеличением температуры гальванометра на 10° [2, 3].

Термоэлектрический пиранометр на сети станций встречается только с квадратной термобатареей (манганин-константан). Лишь станции Диксон и о. Четырехстолбовой имеют пиранометры с радиальной термобатареей.

Контрольным прибором служит компенсационный пиргелиометр Онгстрема. На станциях, на которых пиргелиометр бывает временно (для периодического контроля), контрольным прибором служит тщательно проверенный запасной термоэлектрический актинометр. Для такого прибора должна быть известна зависимость изменения переводного множителя от температуры.

На станциях Архангельск и Каунас контрольным прибором служит биметаллический актинометр Михельсона.

Сетевые контрольные приборы сравнены с эталоном СССР, который в свою очередь прошел поверку в 1953 г. в Потсдаме.

Показания всех приборов приведены к Международной пиргелиометрической шкале 1956 г. (IPS 1956 г.).

На станциях актинометрические наблюдения производятся на метеорологической площадке над естественной поверхностью в следующие сроки: 0 час. 30 мин., 6 час. 30 мин., 9 час. 30 мин., 12 час. 30 мин., 15 час. 30 мин. и 18 час. 30 мин. по среднему солнечному времени [4]. Станции Главного управления северного морского пути производят дополнительно наблюдения в 3 часа 30 мин. и 21 час 30 мин.

На основании материалов актинометрических наблюдений 24 станций, работающих по программе МГГ, в данном разделе сделаны некоторые обобщения с целью характеристики радиационного режима на территории СССР за период с июля по декабрь 1957 г. Ввиду отсутствия в настоящее время обработанных материалов наблюдений по станциям севернее 70° с. ш. радиационный режим Заполярья не рассматривается.

Для наглядного и более полного представления о радиационном режиме приводится карта-диаграмма, на которой показаны величины суммарной радиации и радиационного баланса за рассматриваемый период.

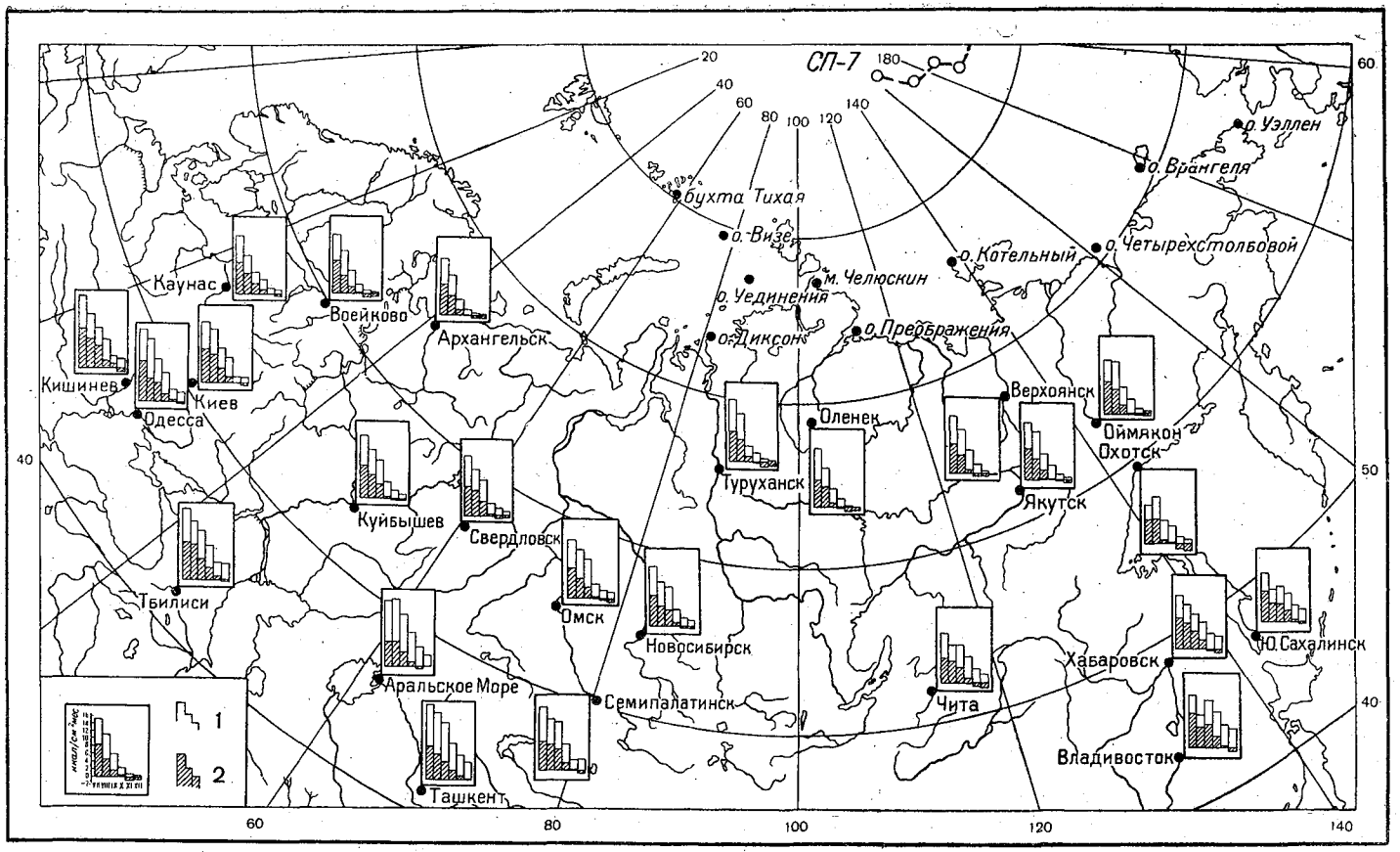



Рис. 1. Карта-диаграмма. Суммарная радиация (*1*) и радиационный баланс (*2*) за период МГГ (июль—декабрь 1957 г.).

Суммарная радиация. Распределение суммарной радиации по территории Советского Союза в основном зависит от широты места и характера облачности. На Европейской территории СССР в Западной Сибири и Средней Азии радиация уменьшается в направлении с севера на юг. На Дальнем Востоке и в некоторой степени в Восточной Сибири в летние месяцы распределение суммарной радиации отклоняется от зонального типа. Так, в августе в Восточной Сибири суммарная радиация больше, чем в Западной Сибири и на Европейской территории СССР на соответствующих широтах. Это объясняется меньшей облачностью в Восточной Сибири и соответственно бо́льшим числом часов солнечного сияния. Например, на станциях Оймякон и Якутск суммарная радиация в августе 1957 г. составляла 13,5 и 12,4 ккал/см², а на станциях Архангельск и Воейково 10,2 и 11,1 ккал/см²; соответственно продолжительность солнечного сияния в Оймяконе равнялась 341 часу, в то время как в Архангельске 252 часам. На всем Дальнем Востоке в результате развития летнего муссона наблюдается заметное уменьшение суммарной радиации (Владивосток, Южно-Сахалинск, Охотск, в некоторой степени Хабаровск).

Максимальные значения радиации на территории СССР за рассматриваемый период почти повсеместно наблюдались в июле, возрастая от 14 ккал/см² на севере (Архангельск) до 19 ккал/см² на юге (Ташкент).

В августе суммарная радиация несколько снизилась: на севере до 10 ккал/см², на юге до 17 ккал/см². Отклонения от указанного распределения при переходе от июля к августу в данном году наблюдались на станциях Аральское Море и Охотск, где радиация в августе была больше, чем в июле. Это было связано с большой облачностью в июле. Так, на станции Аральское Море повторяемость отметок облачности пасмурного неба в июле была в 2 раза больше, чем в августе, что сказалось на продолжительности солнечного сияния (июль 326 часов, август 356 часов). В Охотске соотношение продолжительности солнечного сияния в июле и августе 1957 г. имеет больший контраст — 74 часа (июль) и 223 часа (август).

Как видно из карты-диаграммы, аномальный ход суммарной радиации от июля к августу имел место также во Владивостоке и Южно-Сахалинске. Обычно для муссонной области характерно, что суммарная радиация в июле и в августе имеет примерно одинаковые значения. В 1957 г. на этих станциях суммарная радиация в августе была значительно меньше, чем в июле, что связано с исключительно большой облачностью. Повторяемость отметок пасмурного неба в августе 1957 г. на 22% превышала среднюю многолетнюю величину. Соответственно продолжительность солнечного сияния по сравнению со средней многолетней составляла всего 65—60%. Большое отклонение продолжительности солнечного сияния от средней многолетней отмечается также в июле и особенно в августе на станции Чита (17 и 28% соответственно). По этой причине Чита выделяется в эти месяцы низкими величинами суммарной радиации по сравнению с окружающими пунктами.

Резкое уменьшение суммарной радиации на севере наблюдается при переходе от августа к сентябрю (от 10—12 до 4—6 ккал/см²), в умеренных широтах от сентября к октябрю (от 9—10 до 3—5 ккал/см²). В ноябре и декабре суммарная радиация невелика на всей территории Советского Союза и колеблется от 0,5—0,0 ккал/см² на севере (Верхоянск) до 6—4 ккал/см² на юге (Ташкент).

Рассеянная радиация в теплый период изменяется по территории незначительно. Так, в июле месячные суммы ее составляют 5—7 ккал/см², в августе 5—6 ккал/см², в сентябре 3—4 ккал/см². С октября заметно возрастание сумм рассеянной радиации с севера на юг: в октябре от 1—1,5 до 3—3,5 ккал/см², в ноябре и декабре от 0 до 2 ккал/см².

Альбедо деятельной поверхности метеорологических площадок в рассматриваемую часть теплого периода несколько уменьшалось с севера на

юг и почти повсеместно составляло 17—20%. Исключение составляют станции, расположенные в пустынной зоне, — Аральское Море (поверхность — очень светлые пески, альбедо 32—34%) и Ташкент (поверхность покрыта редкой травой, во второй половине лета высохшей, альбедо 25%).

Альбедо снежного покрова колебалось от 50—60 до 75—85%. В табл. 1 приводятся среднемесячные значения альбедо.

Таблица 1

**Альбедо деятельной поверхности**

| Станция | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Оленек | 22 | 23 | 52 | 81 | 75 | — |
| Верхоянск | 19 | 20 | 43 | 85 | 93 | 75 |
| Туруханск | 18 | 19 | 16 | 69 | 82 | 85 |
| Архангельск | 21 | 22 | 22 | 24 | 54 | 81 |
| Оймякон | 22 | 23 | 25 | 73 | 82 | 80 |
| Якутск | 19 | 18 | 18 | 41 | 84 | 85 |
| Воейково | 19 | 18 | 19 | 19 | 37 | 60 |
| Охотск | 17 | 18 | 19 | 21 | 57 | 50 |
| Высокая Дубрава | 18 | 19 | 20 | 34 | 52 | 74 |
| Омск | 17 | 18 | 19 | 19 | 52 | 79 |
| Огурцово | 20 | 19 | 18 | 18 | 47 | 72 |
| Каунас | 20 | 19 | 20 | 20 | 25 | 53 |
| Куйбышев | 16 | 18 | 18 | 20 | 39 | 54 |
| Чита | 20 | 21 | 21 | 26 | 43 | 71 |
| Киев | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 40 |
| Семипалатинск | 20 | 21 | 23 | 23 | 33 | 59 |
| Хабаровск | 19 | 21 | 20 | 21 | 39 | 70 |
| Кишинев | 17 | 17 | 18 | 19 | 20 | 34 |
| Южно-Сахалинск | 21 | 22 | 21 | 22 | 38 | 58 |
| Аральское Море | 32 | 31 | 34 | 34 | 44 | 46 |
| Одесса | 15 | 16 | 16 | 18 | 16 | 32 |
| Владивосток | 19 | 22 | 20 | 19 | 21 | 61 |
| Тбилиси | 15 | 16 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Ташкент | 25 | 25 | 25 | 23 | 38 | 37 |

Радиационный баланс деятельной поверхности. Радиационный баланс деятельной поверхности в летние месяцы изменяется по территории Советского Союза незначительно. Так, в июле почти повсеместно баланс составлял 7—9 ккал/см$^2$ и только на юге он достиг 10 ккал/см$^2$ (Одесса, Кишинев, Тбилиси). В августе баланс изменяется от 4—5 ккал/см$^2$ на севере до 6—7 ккал/см$^2$ на юге. Отрицательный радиационный баланс на севере территории наблюдается уже в октябре. Нулевую изолинию можно провести около 62° с. ш. на западе Европейской территории СССР, а на востоке Азиатской территории СССР примерно по 57° с. ш. Более ранний переход к отрицательному радиационному балансу в октябре в Восточной Сибири объясняется установлением зимнего антициклонального режима. В ноябре отрицательный радиационный баланс наблюдается почти на всей территории СССР, за исключением юга (Одесса, Кишинев, Тбилиси, Ташкент). В декабре даже на самых южных станциях, кроме Ташкента, расход радиации превыщает ее приход. Так, в Одессе и Кишиневе приход составляет 2,5 ккал/см$^2$, расход 3,0 ккал/см$^2$. На рис. 2 представлено соотношение составляющих радиационного баланса для всех рассматриваемых пунктов в летний и зимний месяцы (июль и декабрь).

Как следует из рис. 2 *а*, в июле на большей части территории радиационный баланс составляет 50—55% от суммарной радиации. Остальные 45—50% солнечной радиации, поступающей с земной поверхности, расхо-

дуются на отражение ее (отраженная радиация) и эффективное излучение земли (баланс длинноволновой радиации). В Средней Азии (Семипалатинск, Аральское Море, Ташкент) отмечаются максимальные величины расходной части баланса, в результате чего радиационный баланс составляет всего 38—45% от суммарной радиации. В декабре (рис. 2 *б*) соотношение между компонентами радиационного баланса резко меняется. Отраженная радиация

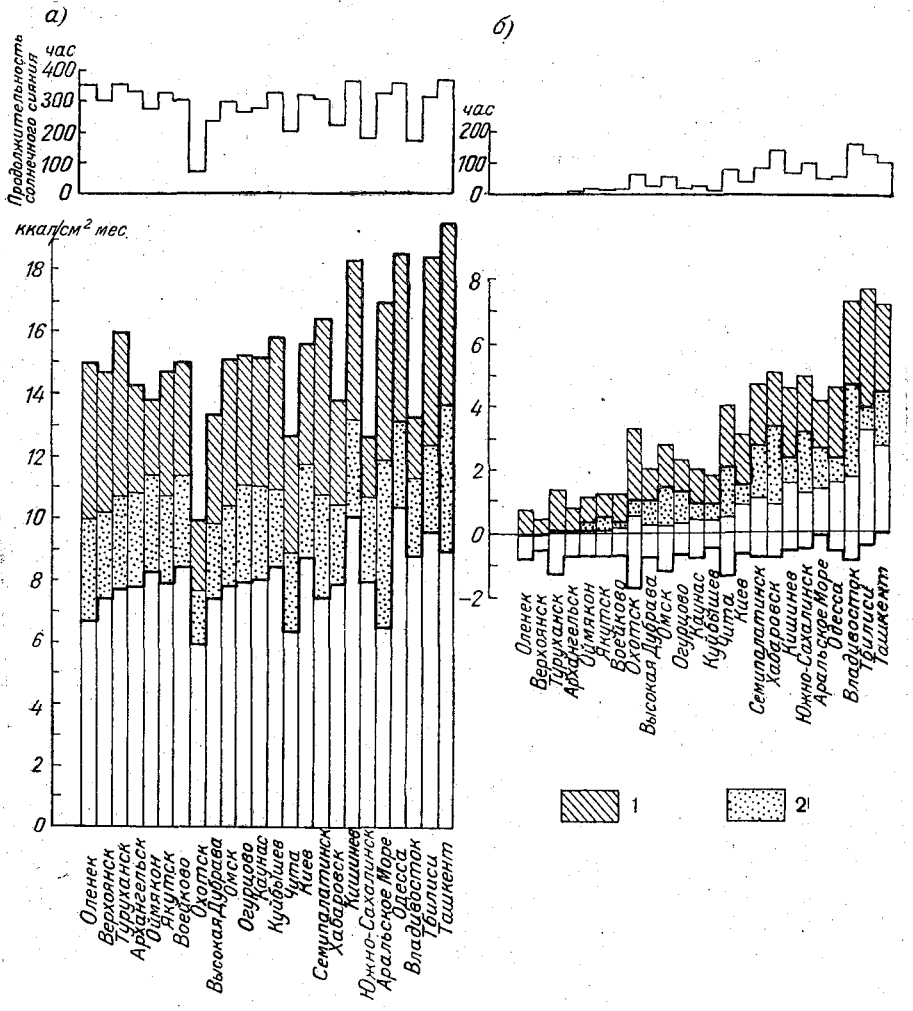



Рис. 2. Составляющие радиационного баланса.

*а* — июль 1957 г., *б* — декабрь 1957 г.
Верхняя ломаная линия — суммарная радиация, нижняя — радиационный баланс; *1* — баланс длинноволновой радиации (эффективное излучение), *2* — отраженная (коротковолновая) радиация.

составляет 60—80% от падающей, а баланс длинноволновой радиации в большинстве случаев близок к приходной части радиации, в результате чего наблюдается отрицательный радиационный баланс. Интересно отметить, что в муссонной области баланс длинноволновой радиации в июле меньше, чем на остальной территории (влияние летнего муссона), а в декабре он имеет максимальные величины (влияние зимнего муссона). На рис. 2 указывается также число часов солнечного сияния в данном месяце. Сопоставление наблюдавшейся продолжительности солнечного сияния и суммарной радиации подтверждает хорошую согласованность между ними.

В заключение остановимся на сравнении суммарной радиации и радиационного баланса за рассматриваемый период МГГ с многолетними средними.

В табл. 2 приводятся месячные суммы суммарной радиации за 1957 г., средние из 10—18 летних рядов наблюдений и их разности по 8 пунктам, расположенным в различных климатических областях СССР.

Таблица 2

**Отклонение месячных сумм суммарной радиации 1957 г. от средней многолетней**

| Станция | | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Якутск | 1957 г. | 14,8 | 12,4 | 6,5 | 3,6 | 1,3 | 0,5 |
| | Среднее | 14,5 | 10,6 | 6,4 | 3,1 | 1,2 | 0,5 |
| | Отклонение | +0,3 | +1,8 | +0,1 | +0,5 | +0,1 | 0,0 |
| Воейково | 1957 г. | 15,1 | 11,1 | 5,9 | 2,4 | 0,9 | 0,4 |
| | Среднее | 14,0 | 10,9 | 6,2 | 2,3 | 1,0 | 0,4 |
| | Отклонение | +1,1 | +0,2 | −0,3 | +0,1 | −0,1 | 0,0 |
| Высокая Дубрава (Свердловск) | 1957 г. | 13,4 | 11,8 | 9,2 | 3,1 | 1,9 | 1,1 |
| | Среднее | 14,3 | 11,3 | 6,7 | 3,7 | 1,9 | 1,1 |
| | Отклонение | −0,9 | +0,5 | +2,5 | −0,6 | 0,0 | 0,0 |
| Куйбышев | 1957 г. | 15,9 | 12,4 | 9,8 | 4,2 | 2,2 | 1,0 |
| | Среднее | 15,3 | 12,9 | 8,3 | 4,7 | 2,3 | 1,8 |
| | Отклонение | +0,6 | −0,5 | +1,5 | −0,5 | −0,1 | −0,8 |
| Одесса | 1957 г. | 18,6 | 16,3 | 10,9 | 7,5 | 3,2 | 2,6 |
| | Среднее | 18,4 | 16,5 | 11,3 | 6,8 | 2,8 | 2,1 |
| | Отклонение | +0,2 | −0,2 | −0,4 | +0,7 | +0,4 | +0,5 |
| Владивосток | 1957 г. | 13,3 | 8,3 | 12,2 | 9,0 | 5,8 | 4,8 |
| | Среднее | 10,4 | 10,5 | 10,2 | 8,1 | 5,7 | 5,1 |
| | Отклонение | +2,9 | −2,2 | +2,0 | +0,9 | +0,1 | −0,3 |
| Тбилиси | 1957 г. | 18,5 | 17,0 | 12,6 | 8,7 | 4,5 | 4,1 |
| | Среднее | 16,7 | 14,7 | 10,8 | 7,6 | 4,4 | 3,6 |
| | Отклонение | +1,8 | +2,3 | +1,8 | +1,1 | +0,1 | +0,5 |
| Ташкент | 1957 г. | 19,6 | 17,7 | 15,1 | 9,6 | 6,4 | 4,6 |
| | Среднее | 19,9 | 17,6 | 13,7 | 8,8 | 5,1 | 3,9 |
| | Отклонение | −0,3 | +0,1 | +1,4 | +0,8 | +1,3 | +0,7 |

В большинстве приведенных пунктов величины суммарной радиации в 1957 г. больше, чем средние многолетние. Исключением является август во Владивостоке (и, видимо, во всей муссонной области). Здесь наблюдается отрицательная аномалия, о чем указывалось выше.

Следует отметить, что особенно высокой по сравнению с многолетней была суммарная радиация в августе в Якутске и в сентябре в Высокой Дубраве (Свердловск). Это вполне согласуется с положительной аномалией продолжительности солнечного сияния. Так, в сентябре в Свердловске продолжительность солнечного сияния составляла 252 часа при многолетней средней в 135 часов.

Далее сравним радиационный баланс 1957 г. с имеющимися средними величинами. Поскольку балансовые наблюдения появились на сети станций сравнительно недавно, то при подсчете средних мы располагаем лишь пятилетними рядами наблюдений (1952—1957 гг.) [1]. Причем для анализа брались только те пункты наблюдений, деятельная поверхность площадок которых существенно не изменялась (т. е. учитывалось постоянство альбедо). Полученные результаты представлены в табл. 3.

Отклонения радиационного баланса от средних величин не повторяют полностью отклонений в суммарной радиации, что вполне естественно. Увеличение прихода солнечной радиации влечет за собой возрастание и расходной части (эффективного излучения и отражения), и радиационный баланс как результирующая их в некоторых случаях может остаться без изменения. Но максимальные отклонения, которые наблюдались для суммар-

Таблица 3

**Отклонение месячного радиационного баланса 1957 г. от средней величины**

| Станция | | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Якутск | 1957 г. | 8,0 | 5,3 | 2,4 | 0,1 | −0,3 | −0,8 |
| | Среднее | 7,9 | 5,1 | 2,2 | 0,0 | −0,6 | −0,5 |
| | Отклонение | +0,1 | +0,2 | +0,2 | +0,1 | +0,3 | −0,3 |
| Воейково | 1957 г. | 8,5 | 4,7 | 2,2 | 0,3 | −0,9 | −0,7 |
| | Среднее | 7,2 | 4,8 | 1,9 | 0,1 | −0,6 | −0,5 |
| | Отклонение | +1,3 | −0,1 | +0,3 | +0,2 | −0,3 | −0,2 |
| Высокая Дубрава (Свердловск) | 1957 г. | 7,5 | 6,4 | 3,5 | 0,3 | −0,7 | −0,7 |
| | Среднее | 7,8 | 5,8 | 2,6 | 0,4 | −1,0 | −0,8 |
| | Отклонение | −0,3 | +0,6 | +0,9 | −0,1 | +0,3 | +0,1 |
| Каунас | 1957 г. | 8,1 | 5,4 | 2,6 | 1,1 | −0,1 | −0,6 |
| | Среднее | 7,0 | 5,5 | 2,6 | 0,7 | −0,4 | −0,5 |
| | Отклонение | +1,1 | −0,1 | 0,0 | +0,4 | +0,3 | −0,1 |
| Киев | 1957 г. | 8,8 | 7,4 | 3,8 | 1,7 | 0,0 | −0,6 |
| | Среднее | 8,5 | 6,5 | 3,6 | 1,0 | 0,0 | −0,5 |
| | Отклонение | +0,3 | +0,9 | +0,2 | +0,7 | 0,0 | −0,1 |
| Одесса | 1957 г. | 10,4 | 6,1 | 4,7 | 2,2 | 0,6 | −0,5 |
| | Среднее | 10,1 | 7,2 | 4,7 | 1,8 | 0,2 | −0,3 |
| | Отклонение | +0,3 | −1,1 | 0,0 | +0,4 | +0,4 | −0,2 |
| Тбилиси | 1957 г. | 9,6 | 9,0 | 5,5 | 3.1 | 1,0 | −0,4 |
| | Среднее | 10,0 | 7,8 | 4,8 | 2,9 | 0,7 | 0,0 |
| | Отклонение | −0,4 | +1,2 | +0,7 | +0,2 | +0,3 | −0,4 |

ной радиации, отмечаются и в максимальных аномалиях радиационного баланса, например, в сентябре в Высокой Дубраве. Интересно заметить, что отмеченная большая положительная аномалия суммарной радиации в августе в Якутске не отразилась на величине радиационного баланса.

При раздельном рассмотрении баланса за дневную и ночную часть суток выяснилось, что в августе радиационный баланс был значительно уменьшен за счет баланса в ночные часы.

Одной из задач настоящей работы является дать предварительный анализ и обобщение актинометрических материалов наблюдений, полученных за истекший период МГГ. Представляет большой теоретический интерес и практическое значение уточнение общих сведений о тепловом балансе земли, а также установление связи радиационного баланса деятельной поверхности с метеорологическим режимом.

Дальнейшие исследования в области актинометрии наряду с метеорологическими исследованиями позволят полнее выявить закономерности теплового баланса деятельной поверхности и атмосферы.

### *ЛИТЕРАТУРА*


1. Пивоварова З. И. Радиационный баланс деятельной поверхности и методика его обработки. Труды ГГО, вып. 61 (123), 1956.
2. Покровская И. А. Температурные коэффициенты термоэлектрических сетевых актинометрических приборов. Труды ГГО, вып. 46. 1954.
3. Покровская И. А. О зависимости от температуры переводных множителей термоэлектрических актинометров и пиранометров. Труды ГГО, вып. 86. 1958.
4. Руководство гидрометеорологическими станциями по актинометрическим наблюдениям. Гидрометеоиздат. Л. 1957.
5. Янишевский Ю. Д. Актинометрические приборы и методы наблюдений. Гидрометеоиздат. Л. 1957.


### РЕЗЮМЕ


На основании материалов наблюдений 24 станций Гидрометслужбы, работающих по программе МГГ, сделаны некоторые обобщения с целью характеристики радиационного режима на территории СССР за период июль — декабрь 1957 г. Приводятся данные по суммарной, рассеянной радиации, радиационному балансу и альбедо.

*Н. Я. КАУЛИН, М. С. ЗАНИНА*

# К МЕТОДИКЕ ИЗМЕРЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

В настоящее время на станциях гидрометеорологической сети, согласно „Наставлению гидрометстанциям и постам" вып. 3, ч. I, приводятся декадные снегосъемки на таких участках: „поляна в лесу", „под кронами деревьев" и „треугольник" в открытой местности. Выбор первых двух участков не представляет особых трудностей. Выбор треугольника много сложнее, так как он должен быть равносторонним с длиной сторон 300—350 м и должен отражать все характерные особенности залегания снежного покрова данного района.

Если в условиях равнины неравномерность высоты снежного покрова обусловливается, главным образом, различием подстилающей поверхности, то в условиях пересеченной местности неравномерность в большей степени зависит от характера рельефа.

В условиях равнины сравнительно легко можно выбрать треугольник, охватывающий различную подстилающую поверхность, характерную для данного района. В условиях пересеченной местности выбор треугольника затруднен, так как промерные линии треугольника не всегда можно проложить по характерным формам рельефа на такой незначительной площади. Поэтому на ряде станций снегосъемки на открытом участке вообще не проводятся. Возможность проложить маршрут не в виде треугольника, а в виде маршрута любой формы во многом облегчили бы выбор участка, и это дало бы возможность проводить снегосъемки на всех станциях.

За последнее время в литературе неоднократно поднимался вопрос о замене треугольника маршрутом [1, 2, 3]. Был проведен ряд специальных работ, которые подтверждают преимущество маршрута произвольной формы перед треугольником.

Зимой 1951-52 г. Методическим отделом ГГО были поставлены специальные наблюдения по изучению особенностей залегания снежного покрова и его распределения в пересеченно-холмистой местности, по выбору маршрута и его длины, частоты замеров высоты и плотности снежного покрова. Для наблюдений были выбраны окрестности метеорологической станции Воейково.

Район, где проводились наблюдения, занимает центральную часть Колтушской камовой гряды и примыкающую к ней часть Приневской низменности.

Колтушская возвышенность состоит из ряда беспорядочно разбросанных холмов, имеющих почти плоские вершины. Склоны холмов большей частью крутые, местами поросшие кустарником.

Для проведения снегомерных наблюдений были выбраны следующие участки:

1) маршрут в 8 км проходил по открытой пересеченной и частично равнинной местности. Подстилающей поверхностью почти по всему маршруту было луговое разнотравье после укоса;

2) маршрут в 6 км представлял часть 8-километрового маршрута, характерного только для камового ландшафта района Воейково;

3) маршрут в 1 км также был проложен по характерным формам камового рельефа района Воейково;

4) кроме маршрутов, нами были выбраны площадки на склонах примерно одной крутизны (30°), но различной экспозиции — а) южный склон, б) северный склон, в) восточный склон.

Промерные линии на площадках отдельных склонов проходили поперек склона через каждые 10 м. Всего на каждой площадке было пять промерных линий. Таким образом, в ширину вдоль склона площадка имела размер 40 м. Длина площадки зависела от высоты склона, так как промерная линия начиналась у подножия склона и заканчивалась на вершине его (на северном склоне площадка имела размер 40 × 90 м, на восточном 40 × 80 м, на южном 40 × 60 м).

Снегосъемки проводились один раз в пятидневку и после сильных снегопадов одновременно на всех выбранных участках. Промеры делались через 10 м по маршрутам и через 5 м на площадках. Всего проведено 11 снегосъемок. Данные наблюдений представлены в табл. 1—7 и на рис. 1, 2.

Первая половина зимы 1951-52 г. характеризовалась неустойчивой погодой с несколько повышенным температурным режимом. Снегопады и слабые морозы сменялись продолжительными оттепелями, устойчивый снежный покров образовался лишь во второй половине января.

Максимальная высота снежного покрова наблюдалась в конце февраля; март оказался самым холодным месяцем зимы; в первой декаде апреля началось интенсивное снеготаяние, более характерное для Центральной части СССР, чем для Ленинградской области; 10 апреля снег лежал только местами в понижениях.

Первые снегосъемки показали, что снежный покров распределялся сравнительно равномерно (табл. 1).

Этому способствовали частые оттепели, при которых снег подтаивал, уплотнялся и мало перераспределялся под влиянием ветра.

В дальнейшем при понижении температуры и увеличении скорости ветра (до 16 м/сек.) происходило перераспределение снежного покрова. Наибольшая высота отмечалась на западных склонах и ложбинах, наименьшая — на вершинах холмов.

В период снеготаяния неравномерность распределения снежного покрова обусловливалась также различной интенсивностью таяния снега, зависящей от экспозиции склона.

Таким образом, данные табл. 1 подтверждают, что в условиях пересеченной местности снежный покров распределяется крайне неравномерно. Чтобы правильно определить среднюю высоту залегания снежного покрова, необходимо было делать промеры на всех характерных формах рельефа.

Маршруты большой длины (5—10 км), конечно, дают более правильную характеристику залегания снежного покрова. Но проводить снегосъемку на таком большом маршруте наблюдателям на сети гидрометеорологических станций было бы чрезвычайно затруднительно. Поэтому нами была поставлена задача найти маршрут наименьшей длины, который также правильно характеризовал бы распределение снежного покрова по территории.

С этой целью ранее выбранный 8-километровый маршрут был разделен на две части:

1) маршрут в 6 км нами был выделен как наиболее характерный для наших условий,

Таблица 1

**Средняя высота снежного покрова ($h$ см) по маршруту (8 км) и по различным формам рельефа и отклонение от средней маршрута (см и %)**

| Дата снегосъемок | Маршрут 8 км | Склон | | | | | | | | | | | | Вершина холмов | | | Долина, ложбина | | | Равнина | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | южный | | | северный | | | западный | | | восточный | | | | | | | | | | | |
| | средняя $h$ см | $h_1$ см | Δ см | $\frac{h_1}{h}$ % | $h_2$ см | Δ см | $\frac{h_2}{h}$ % | $h_3$ см | Δ см | $\frac{h_3}{h}$ % | $h_4$ см | Δ см | $\frac{h_4}{h}$ % | $h_5$ см | Δ см | $\frac{h_5}{h}$ % | $h_6$ см | Δ см | $\frac{h_6}{h}$ % | $h_7$ см | Δ см | $\frac{h_7}{h}$ % |
| 30/I | 18 | 18 | 0 | 100 | 24 | +6 | 133 | 22 | +4 | 122 | 17 | −1 | 94 | 13 | −5 | 72 | 16 | −2 | 89 | 13 | −5 | 72 |
| 5/II | 22 | 20 | −2 | 91 | 25 | +3 | 144 | 23 | +1 | 105 | 25 | +3 | 114 | 22 | 0 | 100 | 23 | +1 | 105 | 18 | −4 | 82 |
| 10/II | 24 | 20 | −4 | 83 | 30 | +6 | 125 | 26 | +2 | 108 | 27 | +3 | 112 | 20 | −4 | 83 | 29 | +5 | 121 | 19 | −5 | 79 |
| 15/II | 24 | 21 | −3 | 88 | 32 | +8 | 133 | 23 | −1 | 96 | 23 | −1 | 96 | 24 | 0 | 100 | 28 | +4 | 117 | 18 | −6 | 75 |
| 20/II | 41 | 34 | −7 | 83 | 51 | +10 | 124 | 41 | 0 | 100 | 46 | +5 | 112 | 35 | −6 | 85 | 41 | 0 | 100 | 37 | −4 | 90 |
| 29/II | 33 | 24 | −9 | 73 | 39 | +6 | 118 | 35 | +2 | 106 | 35 | +2 | 106 | 24 | −9 | 73 | 45 | +12 | 136 | 29 | −4 | 88 |
| 10/III | 27 | 22 | −5 | 81 | 38 | +11 | 141 | 26 | +1 | 96 | 26 | −1 | 96 | 27 | 0 | 100 | 32 | +5 | 119 | 19 | −8 | 70 |
| 21/III | 39 | 34 | −5 | 87 | 46 | +7 | 118 | 54 | +15 | 138 | 40 | +1 | 103 | 19 | −20 | 49 | 52 | +13 | 133 | 29 | −10 | 74 |
| 31/III | 32 | 21 | −11 | 66 | 35 | +3 | 109 | 48 | +16 | 150 | 28 | +4 | 88 | 23 | −9 | 72 | 39 | +7 | 122 | 28 | −4 | 88 |
| 5/IV | 38 | 29 | −7 | 76 | 44 | +8 | 116 | 51 | +15 | 134 | 39 | +3 | 103 | 23 | −13 | 61 | 38 | 0 | 100 | 29 | −7 | 76 |
| 10/IV | 8 | 3 | −5 | 38 | 13 | +5 | 162 | 10 | +2 | 125 | 1 | −7 | 12 | 0 | −8 | 0 | 22 | +14 | 275 | 5 | −3 | 62 |

$h$ — средняя высота снежного покрова по маршруту 8 км; $h_1$, $h_2$, . . . , $h_7$ — средняя высота снежного покрова в различных формах рельефа данного маршрута.

2) отрезок в 2 км, проходивший по равнинной местности, был отброшен.

Данные снегосъемок 6-километрового маршрута обрабатывались следующим образом.

1) Определялась средняя высота снежного покрова по данным измерений на всем маршруте.

2) Определялась средняя высота снежного покрова частей маршрута: а) в 4 км, б) в 3 км, в) в 2 км, г) в 1 км. Полученные результаты обработки приведены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что средние высоты снежного покрова на маршрутах различной длины различаются в основном на 2—4 см и только в крайне редких случаях эти расхождения достигают 6—8 см. При этом величины отклонения не имеют определенной закономерности и зависят, по-видимому, от ветрового перераспределения снежного покрова.

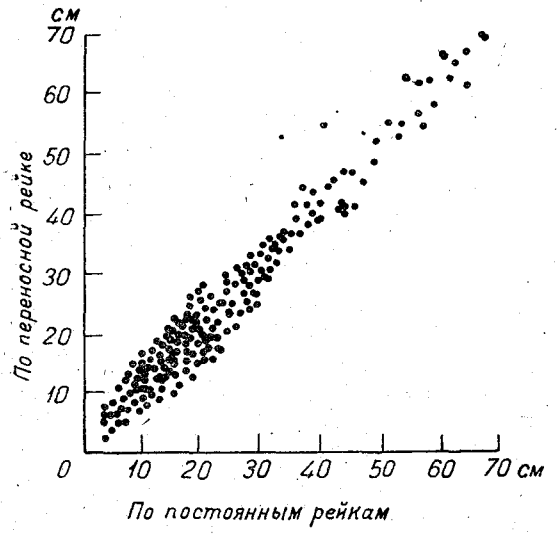



Рис. 1. Зависимость между показаниями переносной и постоянных реек.

Таким образом, в условиях мелкосопочного рельефа как по маршруту большой протяженности (6 км), так и по маршруту в 1 км можно с достаточной точностью определить среднюю высоту залегания снежного покрова, характерного для всего района. При этом существенное значение имеет не форма маршрута и не его длина, а правильный выбор маршрута по характерным формам рельефа.

С целью уточнения влияния случайных ошибок при измерении высоты снежного покрова нами на 1-километровом маршруте были установлены 28 постоянных снегомерных реек на расстоянии 30 м друг от друга. По

Таблица 2

**Средняя высота снежного покрова $h$ маршрутов различной длины (см) и отклонение ее (см) от средней высоты снежного покрова маршрута длиной 6 км**

| Дата снегосъемки | Маршрут | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 км | 4 км | | 3 км | | 2 км | | 1 км | |
| | $h$ см | $h$ см | Δ см | $h$ см | Δ см | $h$ см | Δ см | $h$ см | Δ см |
| 30/I | 16 | 16 | 0 | 17 | +1 | 16 | 0 | 14 | —2 |
| 5/II | 19 | 20 | +1 | 22 | +3 | 18 | —1 | 20 | +1 |
| 10/II | 20 | 22 | +2 | 24 | +4 | 18 | —2 | 21 | +1 |
| 15/II | 19 | 22 | +3 | 22 | +3 | 16 | —3 | 21 | +2 |
| 20/II | 44 | 40 | —4 | 39 | —5 | 43 | —1 | 38 | —6 |
| 29/II | 35 | 32 | —3 | 34 | —1 | 35 | 0 | 29 | —6 |
| 10/III | 32 | 28 | —4 | 30 | —2 | 34 | +2 | 28 | —4 |
| 21/III | 34 | 31 | —3 | 34 | 0 | 34 | 0 | 35 | +1 |
| 31/III | 38 | 34 | —4 | 40 | +2 | 42 | +4 | 38 | 0 |
| 5/IV | 38 | 36 | —2 | 41 | +3 | 30 | +8 | 38 | 0 |
| 10/IV | 8 | 7 | —1 | 8 | 0 | — | — | 8 | 0 |

рейкам производились отсчеты во время снегосъемок параллельно с отсчетами по переносной рейке. Данные высоты снежного покрова по постоянным и переносной рейкам помещены на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что измерение высоты снежного покрова по постоянным рейкам не имеет преимущества в сравнении с отсчетами по переносной рейке; отклонение от средней составляет ± 1 см, что лежит в пределах точности отсчета. К тому же вести наблюдения по постоянным рейкам нежелательно, так как снег вокруг них вытаптывается наблюдателем, а во время поземков и метелей у реек образуются сугробы.

Кроме этого, 20 марта на 1-километровом маршруте снегосъемка производилась одновременно тремя наблюдателями, шедшими параллельно на расстоянии 10 м друг от друга. Несмотря на то, что высоты в отдельных точках довольно значительно различались, средние высоты по всем трем маршрутам оказались чрезвычайно близкими (20, 21 и 20 см).

Для того чтобы выяснить влияние частоты промеров на среднюю высоту снежного покрова, кроме обычных снегосъемок, нами на 4-километровом маршруте были проведены три снегосъемки с замерами высоты снежного покрова через 5 м. По полученным данным вычислена средняя высота снежного покрова по промерам через 5 и 10 м. Как показано в табл. 3, средние высоты снежного покрова по промерам через 5 и 10 м различаются на ± 1 см, т. е. практически лежат в пределах точности отсчета.

Таблица 3

**Зависимость измерения средней высоты снежного покрова от частоты промеров**
(по 4-километровому маршруту)

| Дата снегосъемки | Средняя высота | | |
|---|---|---|---|
| | через 5 м | через 10 м | отклонение |
| 10/I | 24 | 23 | —1 |
| 15/I | 21 | 22 | +1 |
| 10/IV | 8 | 7 | —1 |

Однако на маршруте, проходившем по пересеченной местности, где высота склонов достигала 15—20 м, а крутизна 45—60°, снежный покров залегал чрезвычайно неравномерно. На вершине холма высота снежного покрова составляла всего лишь 10—15 см, а на расстоянии 20—25 м в ложбине она достигала высоты 134 см (рис. 2).

Таблица 4

**Плотность снега по различным формам рельефа**

| Дата наблюдения | Склон | | | | Равнина | Ложбина |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | северный | южный | восточный | западный | | |
| 30/I | 0,14 | 0,17 | 0,13 | 0,12 | 0,19 | 0,16 |
| 5/II | 0,17 | 0,16 | 0,15 | 0,12 | 0,17 | 0,17 |
| 10/II | 0,18 | 0,18 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,16 |
| 15/II | 0,20 | 0,20 | 0,12 | 0,20 | 0,18 | 0,15 |
| 20/II | 0,17 | 0,19 | 0,20 | 0,14 | 0,18 | 0,18 |
| 29/II | 0,26 | 0,20 | 0,22 | 0,21 | 0,24 | 0,24 |
| 10/III | 0,26 | 0,24 | 0,25 | 0,22 | 0,25 | 0,19 |
| 21/III | 0,25 | 0,24 | 0,22 | 0,32 | 0,24 | 0,34 |
| 31/III | 0,28 | 0,28 | 0,25 | 0,29 | 0,25 | 0,30 |
| 5/IV | 0,26 | 0,26 | 0,27 | 0,28 | 0,28 | 0,31 |
| 10/IV | 0,38 | — | — | 0,38 | 0,30 | 0,42 |

Учащенные промеры через 5 м в таких местах, конечно, более правильно отобразят картину залегания снежного покрова, чем промеры через 10 м, хотя на средней высоте большого маршрута резко и не скажутся.

Но в случае необходимости более точной оценки запасов воды на отдельных склонах, особенно в пониженных участках рельефа (ложбины, овраги, долины и др.), целесообразнее использовать учащенные замеры (через 5 м) высоты снежного покрова.

Плотность снежного покрова определялась нами, как принято на гидрометеорологической сети, через каждые 100 м и вычислялась по формуле

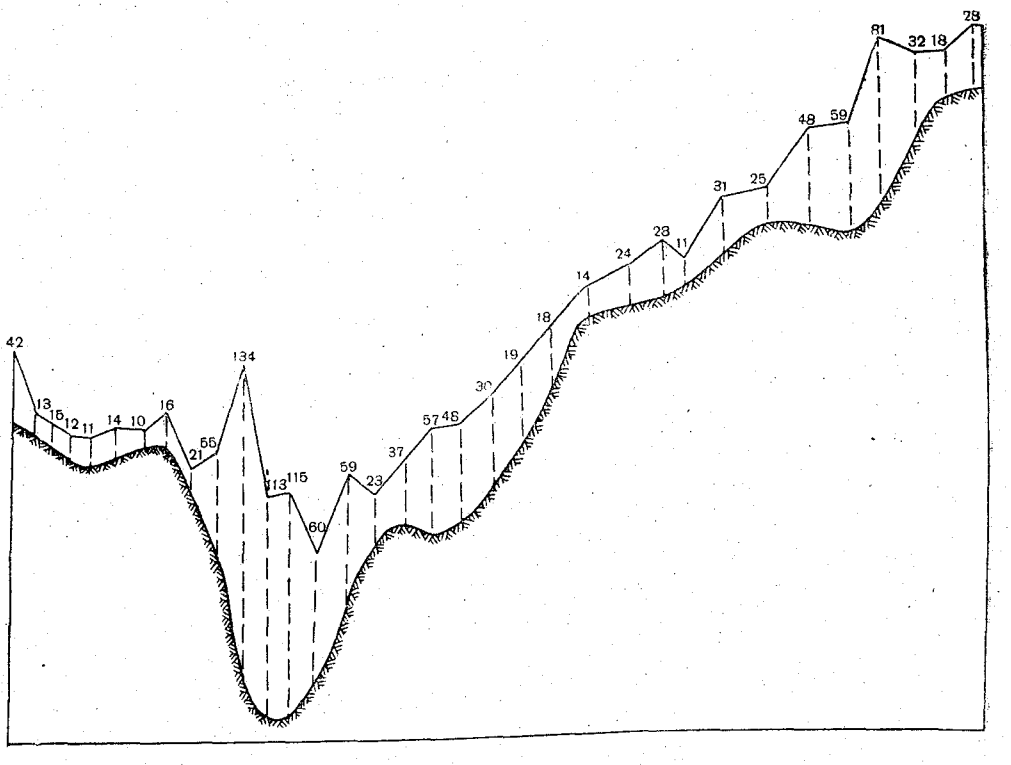



Рис. 2. Распределение высоты снежного покрова на гидрометеостанции Воейково.

$d = \frac{m}{10h}$, где $m$ — вес пробы, $h$ — высота снежного покрова. Кроме этого, плотность снега определялась на площадках различных склонов.

Как видно из табл. 4, плотность снежного покрова меняется незначительно. Поэтому существующая методика определения плотности снега через 100 м вполне удовлетворительна.

На основании материалов снегосъемок нами были вычислены запасы воды в миллиметрах на различных формах рельефа и по маршруту.

Из табл. 5 видно, что запасы воды в снеге на разных формах рельефа значительно различаются между собой. Наибольший запас воды в исследуемом районе приходится на ложбины, наименьший — на южные склоны; особенно это различие выявляется в период весеннего снеготаяния, когда южные склоны получают в 2—3 раза больше солнечной радиации, чем западные и восточные склоны.

Запас воды по маршруту вычислялся, согласно Наставлению, по средней высоте снежного покрова и средней плотности всего маршрута. Он значительно отличается от запасов воды на различных участках, а так как раз-

Таблица 5

**Запас воды в снеге на различных формах рельефа (*h* — высота снежного покрова; *d* — плотность снега)**

| Дата наблюдения | Склон | | | | | | | | | | | | Равнина | | | Ложбина | | | Средний по маршруту | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | северный | | | южный | | | восточный | | | западный | | | | | | | | | | | |
| | *h* | *d* | запас воды | *h* | *d* | запас воды | *h* | *d* | запас воды | *h* | *d* | запас воды | *h* | *d* | запас воды | *h* | *d* | запас воды | *h* | *d* | запас воды |
| 30/I | 24 | 0,14 | 32,6 | 18 | 0,17 | 30,6 | 17 | 0,13 | 22,1 | 22 | 0,12 | 26,4 | 13 | 0,19 | 24,7 | 16 | 0,16 | 25,6 | 18 | 0,15 | 27,2 |
| 5/II | 25 | 0,17 | 42,5 | 20 | 0,16 | 32,0 | 25 | 0,15 | 37,5 | 23 | 0,12 | 27,6 | 18 | 0,17 | 30,6 | 23 | 0,17 | 39,1 | 22 | 0,16 | 34,9 |
| 10/II | 30 | 0,18 | 54,0 | 20 | 0,18 | 36,0 | 27 | 0,16 | 43,2 | 26 | 0,18 | 46,8 | 19 | 0,20 | 38,0 | 29 | 0,10 | 29,0 | 25 | 0,16 | 41,1 |
| 15/II | 32 | 0,20 | 64,0 | 21 | 0,20 | 42,0 | 23 | 0,12 | 27,6 | 23 | 0,20 | 46,0 | 18 | 0,18 | 32,4 | 28 | 0,15 | 42,0 | 26 | 0,18 | 42,3 |
| 20/II | 51 | 0,17 | 86,7 | 34 | 0,19 | 54,6 | 46 | 0,20 | 92,0 | 41 | 0,14 | 57,4 | 37 | 0,18 | 66,6 | 41 | 0,18 | 73,8 | 41 | 0,18 | 73,5 |
| 29/II | 39 | 0,26 | 101,4 | 24 | 0,29 | 48,0 | 35 | 0,22 | 77,0 | 35 | 0,21 | 73,5 | 29 | 0,24 | 69,6 | 45 | 0,24 | 108,0 | 34 | 0,29 | 79,6 |
| 10/III | 38 | 0,26 | 98,8 | 22 | 0,24 | 52,8 | 26 | 0,25 | 65,0 | 26 | 0,22 | 57,2 | 19 | 0,25 | 47,5 | 32 | 0,19 | 43,7 | 26 | 0,24 | 60,8 |
| 21/III | 46 | 0,25 | 115,0 | 34 | 0,24 | 81,6 | 40 | 0,22 | 88,0 | 54 | 0,32 | 172,8 | 29 | 0,24 | 69,6 | 52 | 0,34 | 176,8 | 42 | 0,27 | 117,3 |
| 31/III | 35 | 0,28 | 93,0 | 21 | 0,28 | 58,8 | 28 | 0,25 | 70,0 | 48 | 0,29 | 139,2 | 28 | 0,25 | 70,0 | 39 | 0,30 | 117,0 | 33 | 0,28 | 92,1 |
| 5/IV | 44 | 0,26 | 114,4 | 29 | 0,26 | 75,4 | 39 | 0,27 | 105,3 | 51 | 0,28 | 142,8 | 29 | 0,28 | 81,2 | 88 | 0,31 | 117,8 | 38 | 0,28 | 106,1 |
| 10/IV | 13 | 0,38 | 49,4 | 3 | — | | 1 | — | | 10 | 0,38 | 38,0 | 5 | 0,30 | 15,0 | 22 | 0,42 | 92,4 | 9 | 0,25 | 32,5 |

личные формы рельефа представлены в маршруте не в одинаковой пропорции, то запас воды определяется, таким образом, с большей погрешностью.

Нам представляется, что более правильным было бы вычислять запас воды по отдельным формам рельефа, а потом получать средний запас по маршруту или району с учетом процентного соотношения этих форм рельефа.

Таблица 6

**Средние запасы воды на различных формах рельефа по отдельным отрезкам маршрута (1) и средние запасы воды на соответствующих отрезках в процентах от всей длины маршрута (2)**

| Дата наблюдений | Средние запасы воды | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | северный склон | | южный склон | | восточный склон | | западный склон | | равнина | | ложбина | |
| | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 30/I | 33,6 | 3,0 | 30,6 | 3,1 | 22,1 | 3,3 | 26,4 | 4,2 | 24,7 | 11,4 | 26,6 | 1,0 |
| 5/II | 42,5 | 3,8 | 32,0 | 3,2 | 37,5 | 5,6 | 27,6 | 4,4 | 30,6 | 14,1 | 39,1 | 1,6 |
| 10/II | 54,0 | 4,8 | 36,0 | 3,6 | 43,2 | 6,5 | 46,8 | 7,5 | 38,0 | 17,5 | 29,0 | 1,2 |
| 15/II | 64,0 | 5,8 | 42,0 | 4,2 | 27,6 | 4,1 | 46,0 | 7,4 | 32,4 | 14,9 | 42,0 | 1,7 |
| 20/II | 86,7 | 7,5 | 64,6 | 6,5 | 92,0 | 13,8 | 57,4 | 9,2 | 66,6 | 30,6 | 73,8 | 3,0 |
| 29/II | 101,4 | 9,0 | 48,0 | 4,8 | 77,0 | 11,6 | 73,5 | 11,8 | 69,6 | 33,0 | 102,0 | 4,3 |
| 10/III | 98,8 | 8,9 | 52,8 | 5,3 | 65,0 | 9,8 | 57,2 | 9,2 | 47,5 | 21,9 | 43,7 | 1,7 |
| 21/III | 115,0 | 10,0 | 81,6 | 8,2 | 88,0 | 13,2 | 172,8 | 27,6 | 69,6 | 32,0 | 176,8 | 7,1 |
| 31/III | 98,0 | 8,8 | 58,8 | 5,9 | 70,0 | 10,5 | 139,2 | 22,3 | 70,0 | 32,2 | 177,0 | 4,7 |
| 5/IV | 114,4 | 10,3 | 75,4 | 7,5 | 105,3 | 15,8 | 142,8 | 22,8 | 81,2 | 37,4 | 117,8 | 4,7 |
| 10/IV | 43,4 | 4,4 | — | — | — | — | 38,0 | 6,0 | 15,0 | 6,9 | 92,4 | 3,7 |

Таблица 7

**Сравнение среднего запаса воды по всему маршруту с запасом, вычисленным при учете процентного соотношения форм рельефа того же маршрута**

| Дата наблюдений | Средний запас воды (мм) | | |
|---|---|---|---|
| | средний по маршруту | вычисленный по отдельным формам рельефа с учетом процентного соотношения | разность |
| 30/I | 27,2 | 26,2 | 1,0 |
| 5/II | 34,9 | 32,7 | 2,2 |
| 10/II | 41,1 | 41,1 | 0,0 |
| 15/II | 42,3 | 38,1 | 4,2 |
| 20/II | 73,5 | 70,6 | 2,9 |
| 29/II | 79,6 | 74,5 | 5,1 |
| 10/III | 60,8 | 56,8 | 4,0 |
| 21/III | 117,3 | 98,1 | 19,2 |
| 31/III | 92,1 | 84,4 | 7,7 |
| 5/IV | 106,1 | 98,5 | 7,6 |
| 10/IV | 32,5 | 21,0 | 11,5 |

С этой целью мы разбили 8-километровый маршрут на 6 участков:

1) северные склоны — 9%
2) южные склоны — 10%
3) восточные склоны — 15%
4) западные склоны — 16%
5) равнины и плоские вершины плато — 46%
6) ложбины — 4%

Такое процентное соотношение различных форм будет характерно и для изучаемого района.

Если расчеты запаса воды произвести по каждой форме рельефа отдельно (табл. 6), а потом суммировать (соблюдая процентное соотношение), то общий запас по маршруту будет значительно отличаться от запаса воды, вычисленного по средней высоте и средней плотности по маршруту.

Из табл. 7 видно, что погрешность может быть довольно значительной. Например, 21 марта 1952 г. запас воды по средним данным по маршруту составлял 117,3 мм, а вычисленный по отдельным формам рельефа (с учетом процентного соотношения) составлял 98,1 мм. Ошибка, таким образом, достигла 20%. 10 апреля 1952 г. ошибка составляла уже 55%. Ошибка в определении запаса воды по району еще более увеличится, если маршрут будет выбран без учета процентного соотношения основных форм рельефа данного района.

Поэтому более целесообразно производить вычисление запасов воды в снеге по характерным формам рельефа с учетом их процентного соотношения по маршруту или району. В этом случае запас воды можно с большей точностью определять как для отдельных выборочных участков (угодий), так и для всего района в целом.

## Выводы

1. В пересеченной местности в течение зимы происходит неоднократное перераспределение снежного покрова. Поэтому участки с постоянными рейками и осадкомерами не могут правильно характеризовать запасы воды в снежном покрове для большого района.

2. В пересеченной местности вместо треугольника целесообразнее выбирать маршрут, который должен охватывать основные формы рельефа данного района. Длина маршрута может быть 2 км и даже 1 км при правильном выборе маршрута.

3. В пересеченной местности запас воды необходимо определять не средний по маршруту, а раздельно для различных форм рельефа, после чего уже суммировать его для района, учитывая при этом процентное соотношение основных форм рельефа в изучаемом районе.

*ЛИТЕРАТУРА*

1. Магомедов А. Д. К методике наблюдений над распределением снежного покрова. Роль снежного покрова в земледелии. Ин-т географии АН СССР. М. 1953.
2. Паршин В. Н., Салов М. С. О постановке наблюдений над снежным покровом в районах полезащитных лесонасаждений. Метеорология и гидрология, № 7. Л. 1952.
3. Паршин В. Н., Салов М. С. Методические и организационные вопросы изучения снежного покрова на равнинной территории. Метеорология и гидрология, № 11. Л. 1952.

## РЕЗЮМЕ

В статье содержится фактический материал наблюдений за распределением снежного покрова в течение зимы 1951-52 г. в районе Колтушской комовой гряды метеорологической станции Воейково (Ленинградская область). Дается краткий анализ собранного материала по особенностям залегания снежного покрова, по вычислению его плотности и запаса воды. Рассматриваются методические вопросы измерения высоты и плотности снежного покрова; даются рекомендации по выбору маршрута, его длине, числе промерных точек и вычислению запасов воды.

*И. А. БЕРЛИН*

# О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА В ГОРНЫХ РАЙОНАХ

Вопрос о распределении относительной влажности воздуха на территории Советского Союза наиболее подробно был изучен А. А. Каминским. Для характеристики годового хода относительной влажности воздуха А. А. Каминский имел возможность использовать материал наблюдений лишь за старые годы (в основном за период с 1871 по 1890 г.) [3]. Опубликованные им в Климатологическом атласе физической обсерватории [4] графики годового хода относительной влажности воздуха для 85 станций, естественно, не могут дать полного представления о закономерностях распределения годового хода этого элемента в СССР. Почти совершенно не освещены в работах А. А. Каминского северо-восток Советского Союза и горные районы, в особенности горные области Средней Азии. За последние годы по исследованию годового хода относительной влажности воздуха появились работы, но в основном в них приводятся обобщения лишь по отдельным районам [2]. Исследований, посвященных вопросу распределения годового хода относительной влажности в горных районах Советского Союза, в настоящее время имеется еще очень мало. В данной работе сделана попытка осветить некоторые особенности годового хода относительной влажности воздуха за 13 часов на Кавказе и в горных областях Средней Азии. Накопившийся за последние годы материал наблюдений позволяет сделать общие выводы о характере изменения годового хода влажности в горах, однако следует отметить, что детальное изучение этого вопроса пока еще трудно осуществить. На высокогорных станциях Кавказа, а особенно в Средней Азии, сейчас еще очень мало надежных наблюдений над влажностью воздуха в холодный период.

В качестве основного материала в работе использованы средние многолетние характеристики влажности воздуха, опубликованные в климатологических справочниках СССР. В малоосвещенных районах для анализа были использованы также данные за отдельные годы (по тем станциям, которые начали проводить наблюдения лишь после 1936 г.).

Известно, что в свободной атмосфере летом в дневные часы относительная влажность воздуха с высотой возрастает до уровня распространения летней конвекции и слоя наиболее частого образования облаков. Зимой в дневные часы относительная влажность воздуха с высотой, наоборот, уменьшается. Начиная с некоторой высоты, происходит обращение годового хода, именно на больших высотах минимальная относительная влажность наблюдается обычно не в теплый период, как на равнине в континентальных районах, а зимой. Последнее объясняется тем, что летом преобладают

восходящие движения воздуха, а в холодный период нисходящие. По данным, приведенным в „Курсе метеорологии", 1951 г. (под редакцией

Таблица 1

**Относительная влажность воздуха (%)**

| Месяц | Высота (км) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | земля | 0,5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Январь | 87 | 87 | 84 | 78 | 72 | 66 | 61 | 59 | 55 |
| Июль | 72 | 73 | 72 | 64 | 63 | 58 | 59 | 47 | 43 |

проф. П. Н. Тверского) для Павловска, различия в значениях относительной влажности воздуха в летние и зимние месяцы постепенно сглаживаются, на высоте 5 км значения влажности в январе и июле уже почти не различаются между собой (табл. 1).

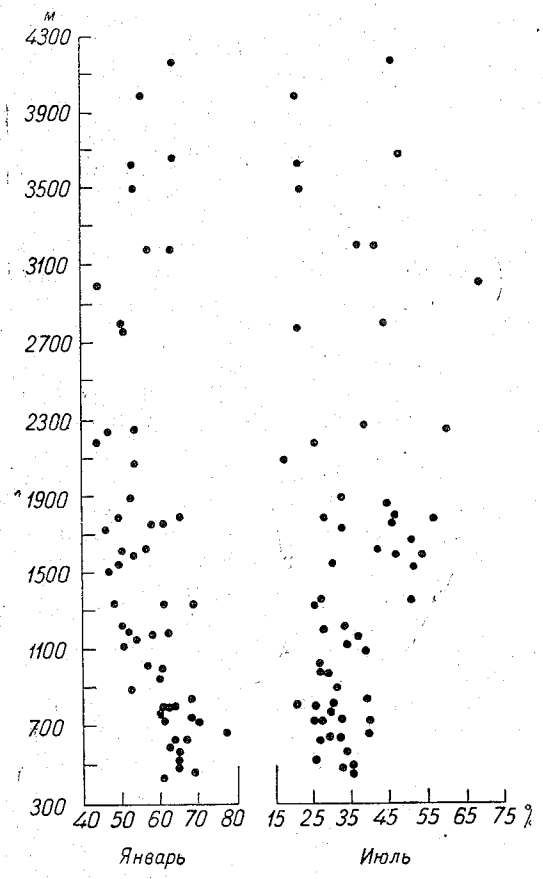



Рис. 1. Зависимость относительной влажности воздуха в 13 часов от высоты над уровнем моря. Горные области Средней Азии.

В горных районах указанные закономерности изменения относительной влажности воздуха с высотой прослеживаются далеко не всегда. Распределение этого элемента в горах характеризуется весьма большой изменчивостью. На годовой ход влажности, помимо высоты над уровнем моря, большое влияние оказывают ориентировка склонов, рельеф и степень континентальности климата данного района. Если сопоставить высоты над уровнем моря и соответствующие им значения относительной влажности воздуха в целом для большой горной области, то, естественно, таким путем трудно будет проследить связь изменений влажности с высотой. В качестве примера на рис. 1 представлен такой график зависимости относительной влажности воздуха в 13 часов от высоты над уровнем моря для 60 станций горной области Средней Азии (для января и июля).

Характер изменения влажности с высотой можно выявить лишь при анализе данных станций, расположенных на одном и том же склоне. На рис. 2 приведены графики изменения относительной влажности воздуха в 13 часов в зависимости от высоты для отдельных групп станций в Сред-

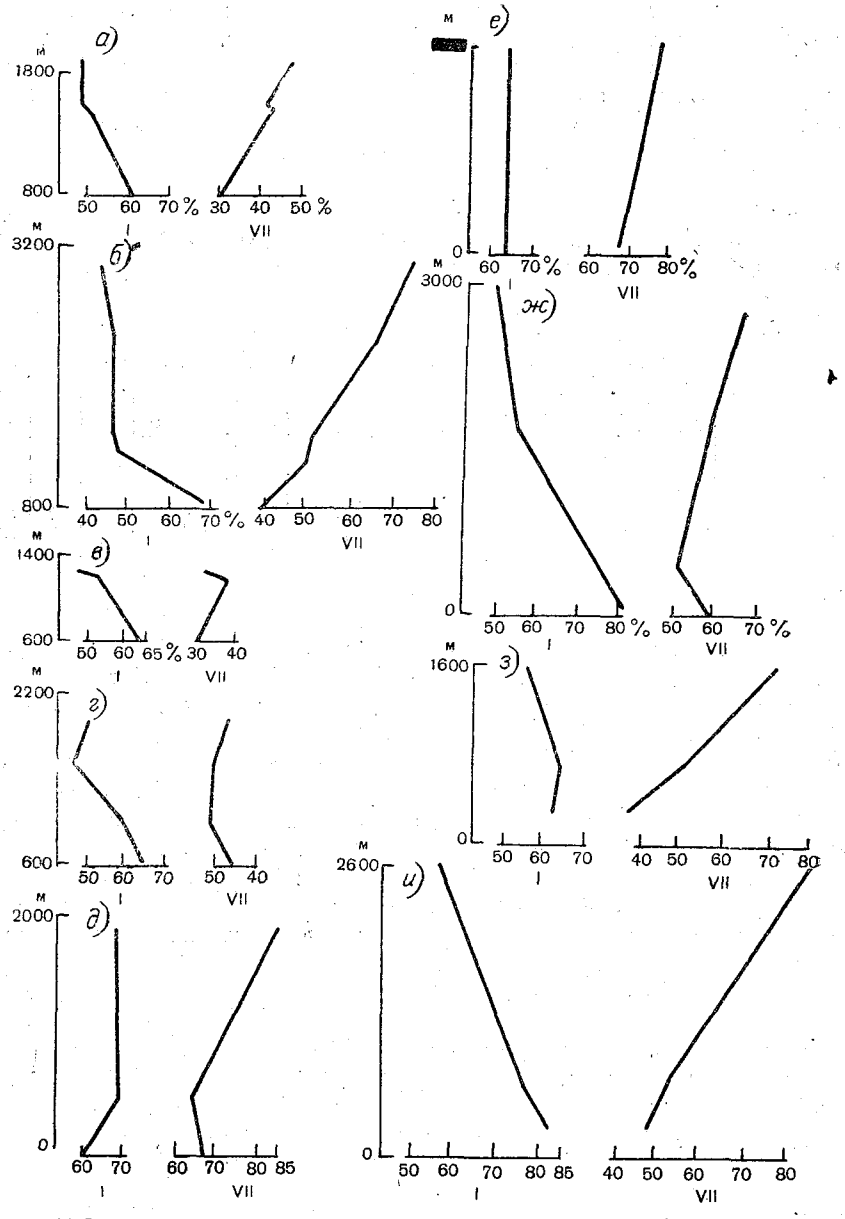



Рис. 2. Зависимость относительной влажности воздуха в 13 часов от высоты над уровнем моря.

*а* — Фрунзе, агрометеостанция — 819 м, Байтык — 1590 м, Норус — 1631 м, Арасан — 1800 м; *б* — Алма-Ата, обс. — 848 м, Каменское плато — 1350 м, Медео — 1529 м, Верхний Горельник — 2254 м, Мын Джилки — 3036 м; *в* — Джамбул — 642 м, Ленинполь — 1187 м, Таласс — 1234 м; *г* — Фергана — 578 м, Кызыл-Кия — 981 м, Жаримадан — 1545 м, Хайдаркан — 1908 м; *д* — Мацеста — 20 м, Красная Поляна — 564 м, Ачишхо — 1880 м; *е* — Махарадзе — 70 м, Бахмаро — 1913 м; *ж* — Махачкала — 34 м, Буйнакс — 472 м, Хунзар — 1695 м, Сулак, высокогорная — 2923 м; *з* — Кировабад, АзНИИ — 303 м, Хайлар — 661 м, Дашкесан — 1604 м; *и* — Минеральные Воды — 302 м, Золотушка — 586 м, Бермамыт — 2586 м.

ней Азии и на Кавказе. Из рис. 2 видно, что для большей части горных районов сохраняется закономерность изменения влажности с высотой, характерная для свободной атмосферы: зимой влажность с высотой убывает, а летом, наоборот, увеличивается. Однако изменение влажности в горах обычно происходит неплавно, а в некоторых случаях наблюдается даже обратное соотношение вследствие того, что на характер изменения относительной влажности воздуха с высотой большое влияние оказывает форма рельефа. Известно, что в узких котловинах и ущельях влажность в течение всего года может быть выше, чем на склонах или в долине. Так, например, на станции Сусамыр, расположенной в котловине, влажность значительно выше, чем на станции Чаткал, находящейся примерно на той же высоте в относительно широкой долине (несмотря на то, что долина р. Чаткал ориентирована в направлении к западным влажным ветрам) [табл. 2].

Таблица 2

**Относительная влажность воздуха в 13 часов (%)**

| Станция | Высота (м) | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Сусамыр . . . | 2091 | 74 | 69 | 60 | 62 | 47 | 51 | 42 | 38 | 32 | 43 | 57 | 70 |
| Чаткал . . . . | 1938 | 62 | 60 | 61 | 50 | 33 | 27 | 20 | 16 | 17 | 28 | 47 | 61 |

На характер изменения влажности с высотой оказывают влияние также местные особенности. Так, на склонах, обращенных к побережью моря, не всегда наблюдается увеличение влажности с высотой в теплый период вследствие высокой влажности воздуха, характерной для прибрежных станций, расположенных у подножья склонов и в предгорьях. По мере поднятия в горы здесь наблюдается уже не увеличение влажности, а ее уменьшение (рис. 2 *д* и *ж*). Мало заметно увеличение влажности с высотой летом и в районах, где имеется искусственное орошение. Так, в Фергане, находящейся на высоте 578 м, относительная влажность воздуха в 13 часов в июле почти такая же, как и в Хайдаркане на высоте 1908 м (рис. 2 *г*).

Характерно, что увеличение влажности с поднятием в горы летом большей частью прослеживается до значительной высоты. Зимой же станции, лежащие на очень больших высотах (порядка 3500—4000 м и выше), уже не показывают уменьшения влажности по сравнению со станциями, расположенными ниже. Это объясняется крайне низкими температурами воздуха, которые наблюдаются здесь в холодный период.

Обращение годового хода относительной влажности воздуха с высотой, характерное для свободной атмосферы, отмеченное рядом исследователей для горных районов умеренных широт, прослеживается неповсеместно. Приведенный еще Конрадом [6] классический пример изменения годового хода влажности для Альп (табл. 3) в Средней Азии встречается очень редко.

Таблица 3

**Относительная влажность воздуха (%)**

| Станция | Высота (м) | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Зальцбург . . | 430 | 86 | 82 | 74 | 70 | 71 | 71 | 71 | 71 | 72 | 77 | 82 | 84 |
| Унтерберг . . | 1663 | 77 | 77 | 77 | 79 | 82 | 82 | 84 | 84 | 83 | 79 | 76 | 76 |
| Зоннблик . . | 3106 | 81 | 79 | 85 | 88 | 92 | 92 | 90 | 89 | 84 | 85 | 79 | 76 |

Для анализа характера годового хода влажности воздуха для ряда станций были вычислены изменения относительной влажности в 13 часов от одного месяца к другому. Чтобы исключить при изучении формы годового хода влияние амплитуд, разности значений влажности от месяца к месяцу даны в процентах от годовой амплитуды каждой станции. Результаты вычислений представлены на рис. 3.

Как видно из этих графиков, в Средней Азии обращение годового хода относительной влажности воздуха в 13 часов прослеживается лишь на север-

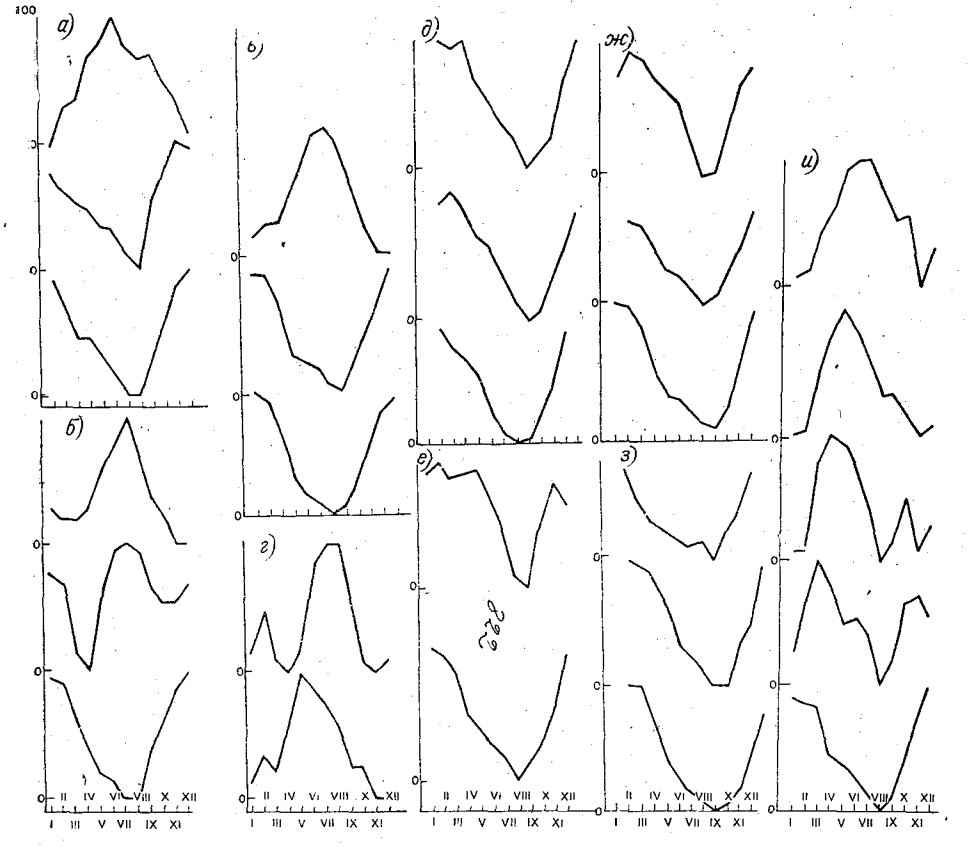



Рис. 3. Годовой ход относительной влажности воздуха в 13 часов.

*а* — Дашкесан — 1604 м, Хандар — 661 м, Кировабад, АзНИИ — 303 м; *б* — Сулак, высокогорная — 2923 м, Хунзар — 1695 м, Буйнак — 472 м; *в* — Бермамыт — 2586 м, Золотушка — 585 м, Минеральные Воды — 302 м; *г* — Гагринский Хребет — 1650 м, Гагры — 14 м; *д* — Искандер-Куль — 2204 м, Ходжа-Оби-Гарм — 1807 м, Сталинабад — 824 м; *е* — Алагез, высокогорная — 3229 м, Ленинакан — 1529 м; *ж* — Ледник Федченко — 4169 м, Кара-Куль — 3994 м, Алтни Мазар — 2782 м; *з* — Мургаб — 3640 м, Джаушангоз — 3500 м, Хорог — 2080 м; *и* — Мын Джилки — 3036 м, Верхний Горельник — 2254 м, Медео — 1529 м, Каменское плато — 1350 м, Алма-Ата, обс. — 348 м.

ном склоне Заилийского Алатау (рис. 3 *и*). В остальных районах этой горной области обращения годового хода относительной влажности не наблюдается, хотя, как было показано выше, влажность зимой здесь обычно убывает с высотой, а летом возрастает. Последнее объясняется тем, что для Средней Азии характерна большая сухость воздуха, обусловленная континентальным положением района. Оказывает влияние также и то обстоятельство, что в верхней и средней тропосфере бо́льшую часть года в этих районах развиты нисходящие движения воздуха. Поэтому горные районы Средней Азии и на больших высотах в теплый период характеризуются низкими значениями относительной влажности. Так, на Памире в августе

средняя месячная относительная влажность в 13 часов составляет в Мургабе (3640 м) 23%, в Джаушангозе (3500 м) 18%, в Хороге (2080 м) 14%.

Сравнительно высокая влажность летом в горных районах наблюдается лишь вблизи ледников, но и здесь встречаются очень засушливые области. Во время экспедиции на ледник Федченко в 1957 г. О. А. Дроздов [1]

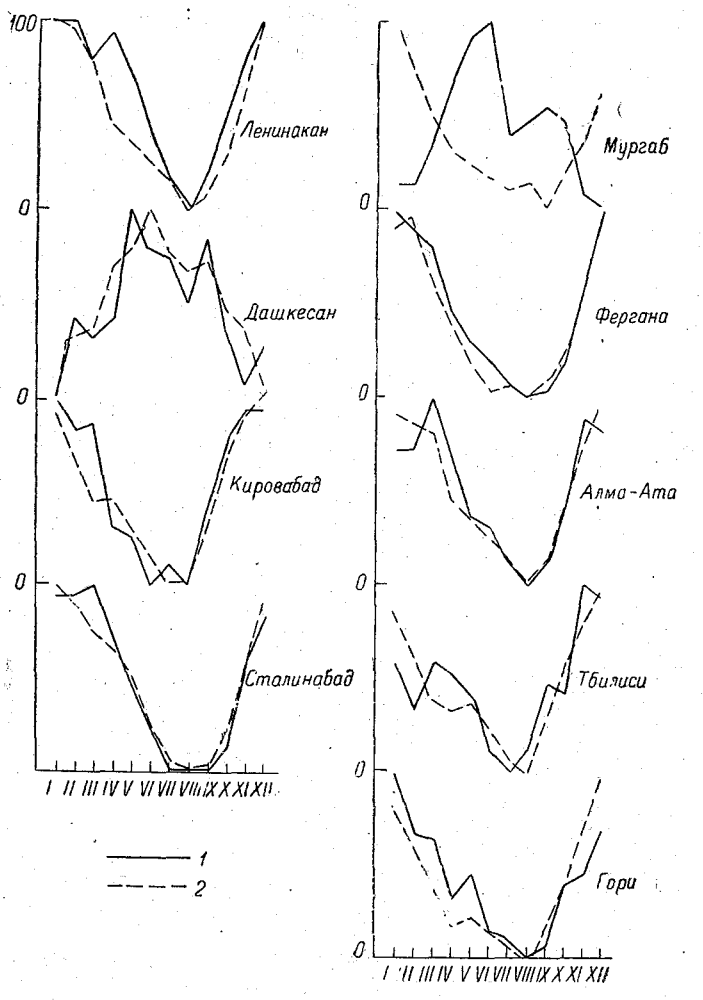



Рис. 4. Годовой ход относительной влажности воздуха и годовой ход повторяемости пасмурного состояния неба в 13 часов.

*1* — повторяемость пасмурного состояния неба (по нижней облачности) в 13 часов, *2* — относительная влажность воздуха в 13 часов.

отметил, что на подходах к леднику как в долине Сельдары, так особенно в долинах рр. Танымас и Кок-Джар относительная влажность днем не превышала 3—5%. Этот факт О. А. Дроздов объясняет тем, что поверхность поймы этих рек (шириной около 2500 м) состоит из гальки, а так как уровень упомянутых рек, протекавших на участке, где велись наблюдения, был приблизительно на 1—1,5 м ниже поверхности поймы, то подстилающая поверхность до значительной глубины не содержала воды и испарение здесь было очень мало. На самом леднике, наоборот, наблю-

далась очень высокая влажность (в устье ледника Бивачского днем около 90%).

На Кавказе обращение годового хода относительной влажности воздуха отмечается большей частью уже на высотах порядка 1500 м (рис. 3 *а, б*). Исключение представляют только засушливые районы Армении, где даже на станции Алагез, высокогорная (3229 м) максимум относительной влажности, как и в горах Средней Азии, отмечается не летом, а зимой (рис. 3 *е*).

Для прибрежных склонов характерным является сдвиг максимума влажности при поднятии в горы. Так, если на станции Гагры на побережье максимум относительной влажности отмечается в мае и июне, что свойственно

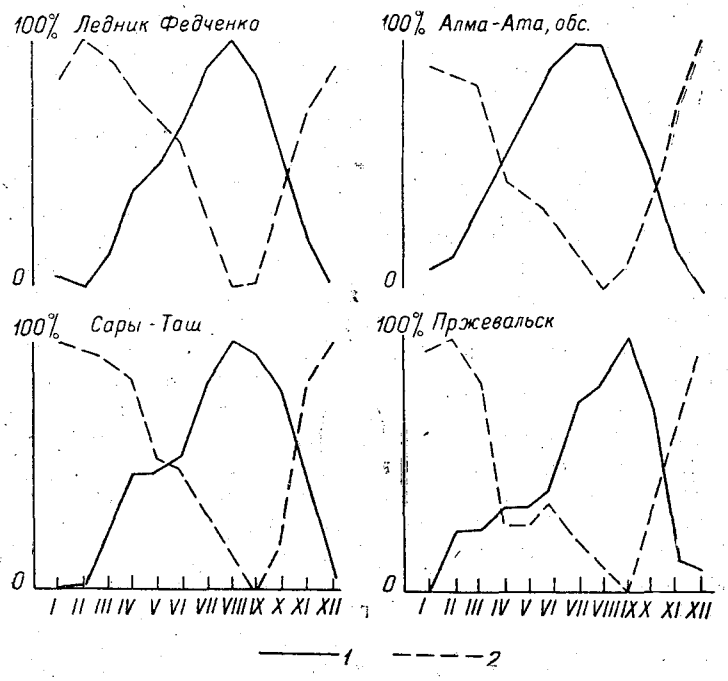



Рис. 5. Годовой ход относительной влажности воздуха в 13 часов и годовой ход продолжительности солнечного сияния.

*1* — продолжительность солнечного сияния; *2* — относительная влажность воздуха в 13 часов.

морскому типу климата, то на станции Гагринский Хребет на высоте 1650 м максимум уже смещается на июль и август.

Годовые амплитуды относительной влажности в горных районах, как известно, в сильной степени зависят от формы рельефа. Наибольшие амплитуды наблюдаются на высокогорных плато и в котловинах, где они превышают 35%, наименьшие — на склонах (20—25%). Высота над уровнем моря вообще не оказывает существенного влияния на годовые амплитуды, однако на больших высотах в Средней Азии и на Кавказе вследствие высокой влажности, наблюдающейся в течение всего года из-за низких температур, годовой ход оказывается сильно сглаженным. Сглаженный годовой ход влажности наблюдается и на склонах гор, обращенных к побережью.

Представляет интерес сопоставить годовой ход относительной влажности воздуха с ходом других метеорологических элементов. Еще в 1924 г. А. А. Каминский [5] писал, что между относительной влажностью воздуха и облачностью должна существовать некоторая зависимость, но в годовом ходе этих элементов соответствия ему установить не удалось.

Тот факт, что А. А. Каминский не получил достаточно хорошей согласованности между годовым ходом облачности и относительной влажности, в основном объясняется тем, что в то время имелись наблюдения лишь по общей облачности. Если же учитывать только нижнюю облачность, то взаимосвязь влажности воздуха и облачности проявляется уже весьма четко. В настоящей работе для некоторых станций Кавказа и горных областей Средней Азии, по которым имеются опубликованные данные по нижней облачности, были вычислены разности изменений от одного месяца к другому повторяемости пасмурного состояния неба по нижней облачности (в процентах от годовой амплитуды). На рис. 4 для этих станций совмещены графики годового хода относительной влажности воздуха в 13 часов и за этот же срок графики годового хода повторяемости пасмурного состояния неба по нижней облачности. Как видно из рис. 4, почти повсеместно в годовом ходе этих двух элементов отмечается очень хорошая согласованность.

Исключение представляет только станция Мургаб. Годовой ход облачности на станции Мургаб в основном следует за годовым ходом осадков: максимум осадков наблюдается летом, зимой же осадков выпадает очень мало. Влажность, наоборот, летом очень мала, а зимой она выше. Высокие значения относительной влажности воздуха в зимний период здесь объясняются, как уже было сказано выше, низкими температурами, абсолютная же влажность зимой очень мала и условия для образования нижней облачности в холодный период здесь крайне неблагоприятные.

Достаточно хорошую связь нужно ожидать и при сопоставлении годового хода влажности с продолжительностью солнечного сияния, поскольку продолжительность солнечного сияния в сильной степени зависит от наличия и характера облачности. Как видно из приведенного рис. 5, годовой ход относительной влажности воздуха в общем согласуется с годовым ходом продолжительности солнечного сияния (увеличение влажности воздуха соответствует уменьшению числа часов солнечного сияния). Если учитывать продолжительность солнечного сияния не за сутки, а только в дневные часы (близкие к сроку наблюдений над влажностью воздуха), то можно было бы ожидать еще большей согласованности в годовом ходе этих элементов.

Следует отметить, что определение взаимосвязи в годовом ходе влажности воздуха, облачности и продолжительности солнечного сияния может быть весьма полезно при критическом анализе данных наблюдений метеорологических станций в горных районах.

## *ЛИТЕРАТУРА*


1. Дроздов О. А. Экспедиция географического факультета на ледник Федченко летом 1957 г. Вестник ЛГУ, № 12. 1958.
2. Земляков В. М. Годовой ход влажности воздуха над Черным морем. Труды ОГМИ. Первый юбилейный выпуск к 25-летию Института. 1957.
3. Каминский А. А. Годовой ход и географическое распределение влажности воздуха на пространстве Российской Империи. Прибавление № 1 к Метеорологическому сборнику Академии наук. Спб. 1894.
4. Каминский А. А. Абсолютная и относительная влажность. В кн. „Климатологический атлас Российской Империи". Спб. 1900.
5. Каминский А. А. Климатические области Восточной Европы. Л. 1924.
6. Conrad V. Die klimatologischen Elemente und ihre Abhängigkeit von terrestischen Einflussen. (Handbuch der Klimatologie herausgegen W. Köppen und R. Geiger, Bd. 1, Teil B). Berlin. 1936.

## РЕЗЮМЕ

В работе приводятся некоторые выводы о характере распределения относительной влажности воздуха в горных районах Средней Азии и на Кавказе. На основании материалов наблюдений метеорологических станций выявлено, что в засушливых районах Армении и в Средней Азии не наблюдается обращения годового хода влажности воздуха по мере поднятия в горы. Отмечена взаимосвязь в годовом ходе относительной влажности воздуха и повторяемости пасмурного состояния неба (по нижней облачности).

*Л. В. ДУБРОВИН*

# ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД КРИТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ТЕМПЕРАТУРОЙ ПОЧВЫ ПО ГЛУБИННЫМ ТЕРМОМЕТРАМ

В течение двух последних лет Приволжское УГМС, по предположению автора, применяет графический метод анализа данных о температуре почвы по глубинным термометрам.

Ниже дается обоснование метода и пояснения по его применению.

В основу метода положено свойство плавности, присущее таутохронам, а также предложенный автором метод интерполяции плавных кривых.

Любую таутохрону можно разложить на составляющие ее элементы, причем всё разнообразие элементов охватывается 6 типами.

На рис. 1а приведены все 6 типов элементов, от I до VI.

Из уравнения теплопроводности

$$\frac{\partial\theta}{\partial t} = a\frac{\partial^2\theta}{\partial z^2}$$

можно сделать несколько важных выводов об особенностях элементов таутохрон, а именно:

для типов элементов I и VI $\frac{\partial^2\theta}{\partial z^2} < 0$, а следовательно, и $\frac{\partial\theta}{\partial t} < 0$;

для типов элементов III и IV $\frac{\partial^2\theta}{\partial z^2} > 0$, следовательно, и $\frac{\partial\theta}{\partial t} > 0$.

На рис. 1а показано направление смещения таутохрон во времени $\left(\text{при } \frac{\partial\theta}{\partial t} > 0 \text{ вверх, при } \frac{\partial\theta}{\partial t} < 0 \text{ вниз}\right)$.

Отсюда следует первое важное правило: элементы таутохроны перемещаются со временем в сторону вогнутости.

В точках перегиба кривой (типы II и V) $\frac{\partial\theta}{\partial z} = \text{const}$, $\frac{\partial^2\theta}{\partial z^2} = \frac{\partial\theta}{\partial t} = 0$.

Следовательно, таутохрона в точках перегиба не перемещается во времени.

Рассмотрим теперь на рис. 1б таутохрону с неправильными произвольными изгибами.

Исходя из вышесказанного, заключаем, что кривая не будет перемещаться в точках перегиба, а в промежутках между ними кривая будет перемещаться в сторону вогнутости, т. е. так, как это показано стрелками на рис. 1б, стремясь занять положение, обозначенное пунктиром.

Отсюда следует общее важное правило: таутохрона сама себя сглаживает во времени, вследствие чего она и состоит из элементов плавных кривых во всякий момент времени.

Подтверждение плавности таутохрон можно вывести и иначе. Рассмотрим уравнение для радиуса кривизны таутохроны

$$R = \frac{\left[1 + \left(\frac{\partial \theta}{\partial z}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}{\frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2}}.$$

Заменим частные производные конечными разностями. Тогда в числителе дроби будут градиенты температур по глубинам, а в знаменателе — вторые разности.

Основное правило анализа градиентов и вторых разностей заключается в том, что ход их с глубиной должен быть плавным.

Отсюда сразу же вытекает обязательность плавности и для $R$, что и следовало ожидать из принципа самосглаживания.

Таким образом, теоретические соображения указывают на плавность таутохрон.

Конечно, формы кривой могут быть разные; изгиб (в переходные периоды) может быть двойной, но это не нарушает плавности каждого элемента таутохроны.

Рассмотрение таутохрон, построенных по фактическим данным, целиком подтверждает этот вывод.

Таутохроны плавны за любой отдельный срок, а также для среднесуточных, среднемесячных, среднедекадных и пентадных данных.

Исключений из этого правила нет.

Это важное свойство таутохрон и положено в основу графического анализа.

Первоначально анализ состоял в сличении фактических данных на графиках таутохрон с теоретическим положением таутохрон в промежуточных точках. Для этой цели применялся приближенный способ интерполяции плавных кривых, предложенный автором. Сущность его состоит в следующем.

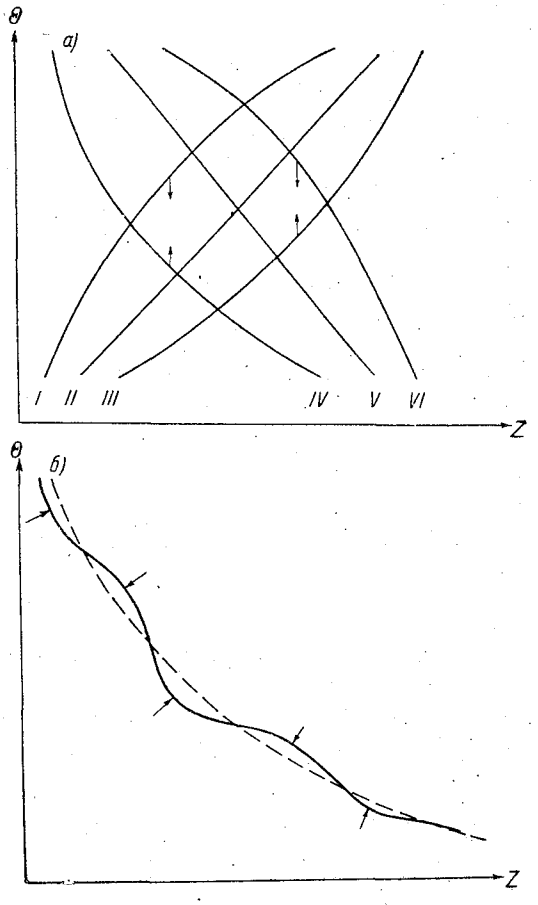



Рис. 1а. Возможные типы элементов таутохрон. Стрелками показано направление смещений элементов во времени.

Рис. 1б. Пример самосглаживания таутохрон. Стрелки указывают направление смещений элементов таутохроны. Пунктиром показано некоторое будущее положение таутохроны.

Пусть таутохрона проходит через точки $A$, $B$, $C$ (рис. 2).

Через точки $A$ и $C$ проводим касательные к таутохроне в этих точках. Пусть точка пересечения этих касательных есть $D$.

Соединим точки $A$ и $C$ прямой линией (хордой) и из точки $D$ опустим на нее перпендикуляр $DE$. Тогда таутохрона должна проходить через

середину $F$ отрезка $DE$ параллельно хорде $AC$. Этим самым надежно контролируется прохождение таутохроны в зоне точки $B$.

Доказательство этого правила вытекает из того, что отношение $\frac{FE}{DF}$ есть косинус половины центрального угла $\alpha$; правило с достаточной точностью применимо для углов $\alpha$, меньших 40°.

Однако в дальнейшем этот метод мы смогли упростить. Были изготовлены специальные лекала, состоящие из сопряженных дуг окружностей постепенно меняющегося радиуса. По лекалу можно подобрать любую кривизну и соединить точки таутохроны. После этого введения анализ упростился максимально и состоит из следующих операций.

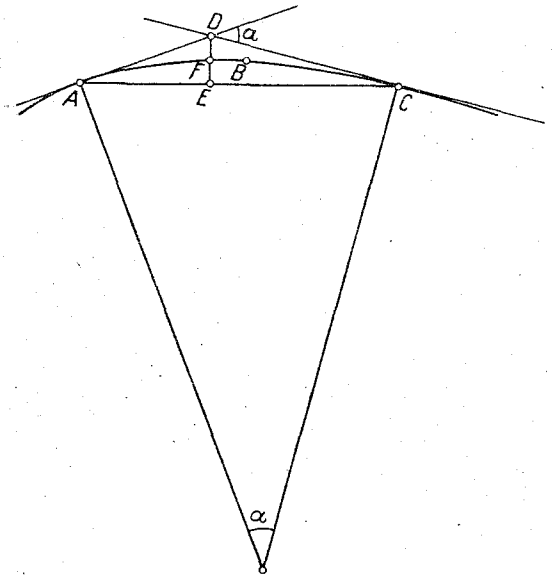


Рис. 2. Пример интерполяции плавной кривой.

1. При получении данных за очередной месяц техник наносит на график (рис. 3) среднемесячные температуры по глубинам и полученные точки соединяет простым карандашом по лекалу, получая таким образом таутохрону за очередной месяц. Эта операция занимает 1—2 минуты.

2. Если приборы (термометры) исправны, установлены правильно и наблюдения качественны, то специалисту достаточно одного взгляда, чтобы убедиться в этом. На рис. 3 приведены таутохроны, построенные по фактическим данным гидрометеостанции Воейково за 1951 г.

Совершенно аналогичны графики для других станций.

3. При неправильной установке, неисправности термометров или труб или при низком качестве наблюдений ненадежные данные сразу же обнаруживаются, так как точки отступают от общей кривой.

Чтобы было хорошо заметно отклонение в 0,1—0,2°, следует график строить в таком масштабе: по оси абсцисс в 1 см 1°, а по оси ординат в 1 см 0,2 м глубины.

Специалист может при текущем просмотре обращать внимание только на те точки, которые не ложатся на таутохрону, что значительно сберегает время.

4. При анализе материалов за год график (рис. 3) является незаменимым пособием специалисту, сразу дающим ясную картину качества наблюдений за весь год. Он готовится, как уже сказано, постепенно, от месяца к месяцу.

Из опыта работы по этому методу можно сделать следующие выводы:

а) графический метод позволяет быстро и надежно выделить сомнительные данные и более точно проанализировать их;

б) графический метод позволяет переходить от одних глубин к другим, т. е. позволяет приводить данные о температуре почвы к любым стандартным глубинам, независимо от того, на каких глубинах установлены термометры;

в) графический метод позволяет восстановить забракованные или отсутствующие данные одной из промежуточных глубин, в том числе и для прошедших лет;

г) графический метод позволяет точно определить температуру на любой промежуточной глубине.

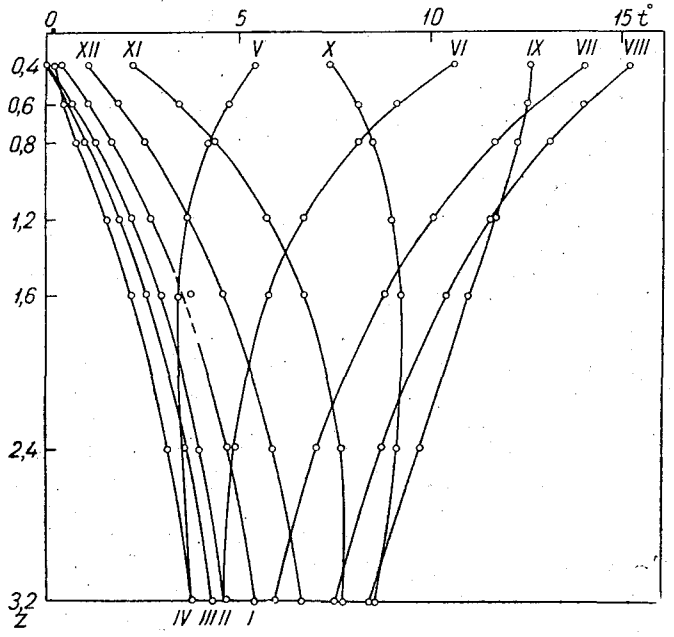



Рис. 3. Таутохроны, построенные по среднемесячным температурам на разных глубинах по данным гидрометеостанции Воейково за 1951 г.

Этот метод целесообразно использовать как вспомогательный к обычным методам анализа данных температуры почвы по глубинам.

## РЕЗЮМЕ

В работе дается обоснование нового метода критического контроля наблюдений за температурой почвы по глубинам. Доказывается плавность таутохрон и дается метод использования этого свойства в целях критического контроля.

*З. И. ПИВОВАРОВА*

# ХАРАКТЕРИСТИКА РАДИАЦИОННОГО РЕЖИМА ПРИ ЯСНОЙ ПОГОДЕ

Для характеристики радиационного режима при ясной погоде были использованы данные наблюдений на станциях актинометрической сети в сроки с отметкой яркого солнца ($\odot^2$) и общей облачностью от 0 до 2 баллов. Для обработки были привлечены материалы 150 станций с высотами не более 800 м за период, охватывающий 1952—1958 гг. (муссонные области исключены).

Материал обрабатывался следующим образом. За каждый срок данного месяца выбирались в сроки с отметкой $\odot^2$ и облачностью от 0/0 до 2/2

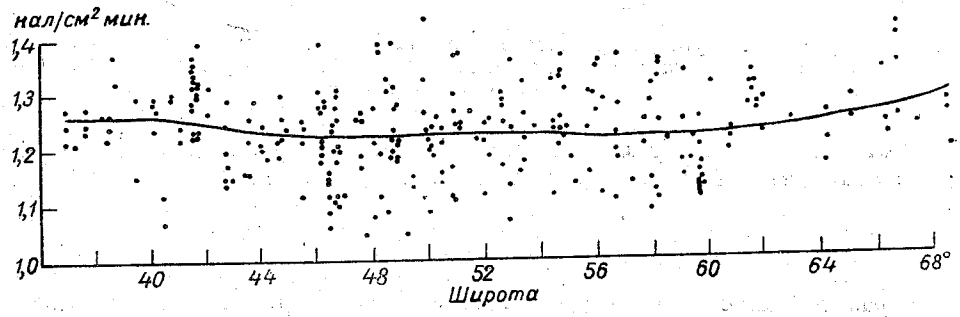



Рис. 1. Интенсивность прямой радиации на перпендикулярную поверхность (июнь, срок 12 час. 30 мин.).

(при отсутствии какого-либо помутнения атмосферы) величины прямой радиации на перпендикулярную и горизонтальную поверхность и рассеянной радиации (в кал/см² мин).

Для этой цели были использованы таблицы выборочных значений радиации за ясные сроки, составляемые в актинометрических группах УГМС. Из выборочных величин для каждого срока подсчитывалось среднее значение. Затем для каждого месяца и срока строились графики, на которых по оси ординат наносились значения данного вида радиации за все годы, на оси абсцисс — широта станции. Для каждого срока проводилась осредняющая кривая, с которой для заданных широт снимались значения радиации. Эти значения радиации представлены в табл. 1, 2 и 3.

Построением подобных графиков мы осредняем интенсивность радиаций не только по годам, но и по широте. На рис. 1 приводится образец одного из графиков для прямой солнечной радиации.

Среднее отклонение отдельных точек от кривой составляет для прямой солнечной радиации на перпендикулярную поверхность ±5%.

Для характеристики изменчивости интенсивности радиации по годам вычислены отклонения от средних многолетних величин по трем станциям (длина ряда 7 лет). Как видно из данных табл. 4, отклонения интенсивности прямой радиации от многолетней составляет 3—5%, отклонения в отдельные годы от многолетней колеблются в пределах 1—10%. Для суммарной радиации отклонения того же порядка.

В опубликованных работах [1, 2, 8] имеются таблицы значений прямой и рассеянной радиации для аналогичных условий (ясной погоды), но все они построены так, что значения радиации отнесены к определенным массам (или высотам солнца) и даны для различных коэффициентов прозрачности. Приводимые нами таблицы отличаются тем, что в них даются интенсивности радиации, отнесенные к актинометрическим срокам (принятым на сети станций с 1952 г.), для тех средних условий прозрачности атмосферы, которые имеют место в данном пункте.

Рассмотрим прежде всего характеристики прозрачности атмосферы. По значениям прямой радиации, указанным в табл. 1, были вычислены коэффициенты прозрачности атмосферы, приведенные к массе 2 (табл. 5).

Приведение к массе 2 производилось с использованием таблицы М. С. Аверкиева [1] (предварительно данные табл. 1 приводились к среднему расстоянию до солнца). Коэффициент прозрачности имеет годовой ход и изменяется в зависимости от широты места. Максимальные коэффициенты прозрачности (0,80—0,84) наблюдаются повсеместно в зимние месяцы и весной (в марте), минимальные — в июне и июле (0,71—0,74 на юге, 0,76—0,79 на севере).

Представляет интерес выразить прозрачность атмосферы через новую относительную характеристику, введенную Л. Г. Махоткиным, — индекс мутности $N$ [5]. Индекс мутности $N$ показывает, сколько нормальных атмосфер нужно взять, чтобы получить наблюдаемое значение прямой радиации при данной высоте солнца. При этом за нормальную атмосферу принимается реальная атмосфера, прозрачность которой определяется следующей зависимостью интенсивности прямой радиации $S$ от логарифма $m$:

$$S + 0{,}5\,(S - 0{,}8)^3 = 1{,}41 - 1{,}11 \lg m.$$

Практически индекс мутности $N$ вычисляется очень просто через отношение массы нормальной атмосферы ($m^*$) к массе атмосферы в момент наблюдения ($m$), $N = \frac{m^*}{m}$. Значения массы нормальной атмосферы брались из таблицы, составленной Махоткиным. Значения массы атмосферы в момент наблюдения, т. е. в рассматриваемом случае в актинометрические сроки, определялись по таблицам, связывающим высоту солнца и относительную массу атмосферы.

Полученные индексы мутности $N$ представлены в табл. 6.

Из табл. 6 следует, что реальная атмосфера зимой прозрачнее атмосферы, принятой за норму, в 1,5—2 раза (индекс мутности составляет 0,50—0,70). Летом в южных широтах (40—50°) прозрачность реальной атмосферы меньше, чем нормальной (индекс мутности 1,10—1,30) и приближается к нормальной атмосфере на широте 60°. Характерно, что на Крайнем Севере ($\varphi = 68°$) прозрачность реальной атмосферы в течение всего года больше, чем нормальной атмосферы. То же самое можно сказать и в отношении среднегодовых величин прозрачности: на всех рассматриваемых широтах индекс мутности $N < 1$.

Полученные индексы мутности $N$ для широт согласуются с вычисленными Махоткиным индексами мутности для некоторых пунктов зарубежных и арктических станций [6].

**Прямая солнечная радиация** (кал/см² мин.) **на перпен**

| Широта | I | | | II | | | III | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 6 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 6 30 | 9 30 |
| 38° | 1,18 | 1,32 | 0,97 | 1,23 | 1,36 | 1,13 | 0,46 | 1,27 | 1,35 | 1,15 | 0,70 | 1,21 |
| 40 | 1,12 | 1,28 | 0,94 | 1,20 | 1,35 | 1,08 | | 1,24 | 1,33 | 1,14 | 0,70 | 1,20 |
| 42 | 1,06 | 1,26 | 0,90 | 1,16 | 1,31 | 1,03 | 0,51 | 1,23 | 1,32 | 1,13 | 0,71 | 1,19 |
| 44 | 1,01 | 1,20 | 0,82 | 1,11 | 1,27 | 0,99 | 0,51 | 1,21 | 1,30 | 1,11 | 0,72 | 1,17 |
| 46 | 0,94 | 1,13 | 0,73 | 1,05 | 1,23 | 0,93 | 0,52 | 1,20 | 1,29 | 1,09 | 0,72 | 1,15 |
| 48 | 0,86 | 1,10 | 0,65 | 1,01 | 1,20 | 0,88 | 0,52 | 1,19 | 1,28 | 1,07 | 0,73 | 1,16 |
| 50 | 0,82 | 1,06 | 0,60 | 1,00 | 1,18 | 0,85 | 0,52 | 1,19 | 1,26 | 1,06 | 0,75 | 1,17 |
| 52 | 0,77 | 1,02 | 0,55 | 0,98 | 1,15 | 0,82 | 0,52 | 1,18 | 1,26 | 1,05 | 0,78 | 1,20 |
| 54 | 0,73 | 0,98 | 0,50 | 0,96 | 1,13 | 0,80 | 0,51 | 1,16 | 1,26 | 1,04 | 0,80 | 1,23 |
| 56 | 0,67 | 0,94 | 0,45 | 0,94 | 1,10 | 0,78 | 0,49 | 1,14 | 1,26 | 1,03 | 0,81 | 1,25 |
| 58 | 0,60 | 0,88 | 0,38 | 0,88 | 1,08 | 0,75 | 0,48 | 1,12 | 1,23 | 1,00 | 0,83 | 1,23 |
| 60 | 0,52 | 0,78 | 0,31 | 0,82 | 1,05 | 0,67 | 0,49 | 1,07 | 1,21 | 0,97 | 0,83 | 1,20 |
| 62 | 0,42 | 0,71 | | 0,74 | 1,02 | 0,60 | 0,50 | 1,04 | 1,19 | 0,94 | 0,83 | 1,19 |
| 64 | | 0,60 | | 0,68 | 0,96 | 0,55 | 0,53 | 1,01 | 1,15 | 0,90 | 0,83 | 1,19 |
| 66 | | 0,49 | | 0,65 | 0,89 | 0,51 | 0,55 | 0,99 | 1,10 | 0,85 | 0,83 | 1,19 |
| 68 | | 0,47 | | 0,64 | 0,84 | 0,44 | | 0,93 | 1,02 | 0,83 | 0,86 | 1,20 |

| Широта | VII | | | | | VIII | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 18 30 | 6 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 18 30 | 6 30 | 9 30 |
| 38° | 0,69 | 1,10 | 1,18 | 1,02 | | 0,64 | 1,14 | 1,22 | 1,08 | | 0,59 | 1,19 |
| 40 | 0,73 | 1,12 | 1,19 | 1,05 | 0,40 | 0,66 | 1,14 | 1,22 | 1,08 | 0,24 | 0,59 | 1,19 |
| 42 | 0,78 | 1,14 | 1,20 | 1,08 | 0,47 | 0,69 | 1,13 | 1,21 | 1,07 | 0,27 | 0,60 | 1,18 |
| 44 | 0,80 | 1,14 | 1,20 | 1,10 | 0,52 | 0,71 | 1,12 | 1,20 | 1,06 | 0,32 | 0,61 | 1,17 |
| 46 | 0,81 | 1,14 | 1,20 | 1,10 | 0,57 | 0,73 | 1,11 | 1,19 | 1,05 | 0,36 | 0,61 | 1,16 |
| 48 | 0,83 | 1,14 | 1,20 | 1,10 | 0,61 | 0,74 | 1,10 | 1,19 | 1,05 | 0,37 | 0,61 | 1,15 |
| 50 | 0,86 | 1,14 | 1,21 | 1,10 | 0,64 | 0,75 | 1,10 | 1,19 | 1,04 | 0,40 | 0,61 | 1,15 |
| 52 | 0,88 | 1,15 | 1,22 | 1,11 | 0,69 | 0,76 | 1,10 | 1,19 | 1,04 | 0,43 | 0,62 | 1,14 |
| 54 | 0,90 | 1,16 | 1,23 | 1,12 | 0,73 | 0,79 | 1,10 | 1,20 | 1,05 | 0,47 | 0,62 | 1,13 |
| 56 | 0,92 | 1,16 | 1,24 | 1,13 | 0,75 | 0,81 | 1,10 | 1,20 | 1,05 | 0,50 | 0,62 | 1,12 |
| 58 | 0,94 | 1,16 | 1,24 | 1,13 | 0,77 | 0,83 | 1,11 | 1,20 | 1,06 | 0,55 | 0,64 | 1,13 |
| 60 | 0,95 | 1,16 | 1,25 | 1,13 | 0,79 | 0,84 | 1,12 | 1,20 | 1,07 | 0,60 | 0,67 | 1,14 |
| 62 | 0,96 | 1,16 | 1,25 | 1,15 | 0,81 | 0,86 | 1,14 | 1,20 | 1,09 | 0,65 | 0,69 | 1,15 |
| 64 | 1,00 | 1,18 | 1,25 | 1,16 | 0,84 | 0,89 | 1,15 | 1,20 | 1,11 | 0,70 | 0,70 | 1,15 |
| 66 | 1,03 | 1,20 | 1,26 | 1,18 | 0,91 | 0,92 | 1,17 | 1,21 | 1,12 | 0,73 | 0,71 | 1,12 |
| 68 | 1,03 | 1,22 | 1,28 | 1,19 | 0,94 | 1,00 | 1,22 | 1,25 | 1,12 | 0,80 | 0,80 | 1,10 |

Таблица 1

дикулярную поверхность в ясные дни (средняя многолетняя)

| IV | | | V | | | | | VI | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 30 | 15 30 | 18 30 | 6 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 18 30 | 6 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 18 30 |
| 1,28 | 1,09 | | 0,83 | 1,20 | 1,25 | 1,10 | 0,29 | 0,84 | 1,20 | 1,25 | 1,12 | 0,44 |
| 1,30 | 1,09 | | 0,85 | 1,20 | 1,25 | 1,12 | 0,34 | 0,85 | 1,20 | 1,25 | 1,12 | 0,49 |
| 1,30 | 1,10 | | 0,86 | 1,19 | 1,25 | 1,14 | 0,38 | 0,86 | 1,20 | 1,25 | 1,12 | 0,53 |
| 1,29 | 1,10 | | 0,87 | 1,19 | 1,25 | 1,13 | 0,42 | 0,88 | 1,19 | 1,24 | 1,12 | 0,56 |
| 1,24 | 1,09 | 0,21 | 0,88 | 1,18 | 1,26 | 1,12 | 0,44 | 0,89 | 1,18 | 1,23 | 1,11 | 0,59 |
| 1,22 | 1,07 | 0,22 | 0,89 | 1,17 | 1,26 | 1,12 | 0,48 | 0,90 | 1,17 | 1,23 | 1,10 | 0,62 |
| 1,23 | 1,07 | 0,24 | 0,89 | 1,17 | 1,26 | 1,12 | 0,52 | 0,92 | 1,17 | 1,23 | 1,11 | 0,65 |
| 1,26 | 1,08 | 0,29 | 0,90 | 1,18 | 1,26 | 1,14 | 0,56 | 0,94 | 1,17 | 1,23 | 1,12 | 0,68 |
| 1,30 | 1,11 | 0,37 | 0,92 | 1,20 | 1,27 | 1,15 | 0,60 | 0,95 | 1,17 | 1,23 | 1,13 | 0,71 |
| 1,31 | 1,14 | 0,44 | 0,94 | 1,20 | 1,28 | 1,15 | 0,63 | 0,96 | 1,17 | 1,22 | 1,13 | 0,74 |
| 1,30 | 1,14 | 0,48 | 0,96 | 1,20 | 1,29 | 1,15 | 0,66 | 0,97 | 1,18 | 1,22 | 1,13 | 0,77 |
| 1,28 | 1,12 | 0,50 | 0,99 | 1,20 | 1,29 | 1,15 | 0,70 | 0,98 | 1,18 | 1,22 | 1,13 | 0,80 |
| 1,25 | 1,10 | 0,50 | 1,00 | 1,22 | 1,30 | 1,15 | 0,75 | 1,01 | 1,20 | 1,23 | 1,14 | 0,85 |
| 1,25 | 1,10 | 0,51 | 1,01 | 1,23 | 1,31 | 1,16 | 0,79 | 1,03 | 1,21 | 1,25 | 1,14 | 0,90 |
| 1,25 | 1,10 | 0,54 | 1,03 | 1,24 | 1,32 | 1,18 | 0,83 | 1,06 | 1,22 | 1,26 | 1,15 | 0,93 |
| 1,25 | 1,11 | 0,60 | 1,06 | 1,25 | 1,34 | 1,20 | 0,86 | 1,08 | 1,22 | 1,28 | 1,16 | 0,96 |

| IX | | X | | | | XI | | | XII | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 30 | 15 30 | 6 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 |
| 1,25 | 1,04 | 0,44 | 1,20 | 1,26 | 0,98 | 1,14 | 1,24 | 0,80 | 1,17 | 1,27 | 0,77 |
| 1,25 | 1,03 | 0,44 | 1,18 | 1,25 | 0,97 | 1,13 | 1,24 | 0,80 | 1,11 | 1,25 | 0,76 |
| 1,24 | 1,02 | 0,43 | 1,16 | 1,24 | 0,95 | 1,13 | 1,23 | 0,78 | 1,08 | 1,21 | 0,75 |
| 1,23 | 1,02 | 0,42 | 1,14 | 1,23 | 0,93 | 1,13 | 1,22 | 0,74 | 1,03 | 1,16 | 0,66 |
| 1,21 | 1,01 | 0,41 | 1,11 | 1,22 | 0,90 | 1,09 | 1,20 | 0,69 | 0,95 | 1,10 | 0,55 |
| 1,21 | 1,00 | 0,38 | 1,10 | 1,20 | 0,86 | 1,04 | 1,15 | 0,62 | 0,89 | 1,05 | 0,43 |
| 1,20 | 1,00 | 0,37 | 1,08 | 1,19 | 0,84 | 1,00 | 1,12 | 0,57 | 0,84 | 1,02 | 0,37 |
| 1,20 | 0,99 | 0,37 | 1,07 | 1,18 | 0,82 | 0,97 | 1,09 | 0,53 | 0,78 | 0,99 | 0,26 |
| 1,20 | 0,99 | 0,37 | 1,06 | 1,16 | 0,80 | 0,92 | 1,06 | 0,50 | 0,73 | 0,95 | |
| 1,20 | 1,00 | | 1,05 | 1,15 | 0,77 | 0,86 | 1,00 | 0,47 | 0,68 | 0,88 | |
| 1,20 | 1,03 | | 1,04 | 1,14 | 0,74 | 0,80 | 0,93 | 0,41 | 0,59 | 0,80 | |
| 1,21 | 1,05 | | 1,03 | 1,12 | 0,73 | 0,75 | 0,85 | 0,31 | 0,49 | 0,74 | |
| 1,23 | 1,05 | | 1,02 | 1,11 | 0,73 | 0,70 | 0,80 | 0,30 | 0,44 | 0,57 | |
| 1,24 | 1,05 | | 0,98 | 1,10 | 0,72 | 0,64 | 0,75 | | | | |
| 1,22 | 1,04 | | 0,90 | 1,06 | 0,69 | 0,52 | 0,75 | | | | |
| 1,20 | 0,99 | | 0,82 | 0,95 | 0,60 | 0,42 | 0,70 | | | | |

**Прямая радиация (кал/см² мин.) на горизонтальную**

| Широта | I | | | II | | | III | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 6 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 6 30 | 9 30 |
| 38° | 0,40 | 0,64 | 0,23 | 0,55 | 0,82 | 0,37 | 0,06 | 0,73 | 0,99 | 0,52 | 0,15 | 0,88 |
| 40 | 0,37 | 0,59 | 0,18 | 0,51 | 0,78 | 0,34 | 0,06 | 0,71 | 0,97 | 0,51 | 0,15 | 0,85 |
| 42 | 0,32 | 0,56 | 0,13 | 0,47 | 0,74 | 0,32 | 0,05 | 0,69 | 0,94 | 0,50 | 0,15 | 0,82 |
| 44 | 0,28 | 0,50 | 0,09 | 0,43 | 0,69 | 0,29 | 0,05 | 0,65 | 0,90 | 0,48 | 0,16 | 0,80 |
| 46 | 0,23 | 0,44 | 0,08 | 0,38 | 0,64 | 0,26 | 0,05 | 0,61 | 0,86 | 0,44 | 0,16 | 0,77 |
| 48 | 0,20 | 0,38 | 0,06 | 0,34 | 0,61 | 0,23 | 0,04 | 0,58 | 0,83 | 0,42 | 0,16 | 0,76 |
| 50 | 0,17 | 0,36 | 0,05 | 0,31 | 0,54 | 0,21 | 0,04 | 0,56 | 0,79 | 0,40 | 0,18 | 0,75 |
| 52 | 0,13 | 0,31 | 0,04 | 0,29 | 0,48 | 0,18 | 0,04 | 0,54 | 0,75 | 0,38 | 0,18 | 0,72 |
| 54 | 0,10 | 0,26 | 0,01 | 0,27 | 0,44 | 0,16 | 0,04 | 0,51 | 0,71 | 0,36 | 0,19 | 0,71 |
| 56 | 0,08 | 0,21 | | 0,24 | 0,41 | 0,14 | 0,04 | 0,47 | 0,66 | 0,33 | 0,19 | 0,70 |
| 58 | 0,06 | 0,16 | | 0,19 | 0,37 | 0,13 | 0,04 | 0,43 | 0,62 | 0,31 | 0,19 | 0,67 |
| 60 | 0,03 | 0,12 | | 0,16 | 0,32 | 0,11 | 0,04 | 0,41 | 0,57 | 0,29 | 0,19 | 0,64 |
| 62 | 0,03 | 0,09 | | 0,14 | 0,27 | 0,09 | 0,04 | 0,37 | 0,53 | 0,26 | 0,19 | 0,62 |
| 64 | | 0,08 | | 0,12 | 0,24 | 0,08 | 0,03 | 0,35 | 0,48 | 0,24 | 0,18 | 0,58 |
| 66 | | 0,07 | | 0,11 | 0,23 | 0,07 | 0,02 | 0,33 | 0,43 | 0,22 | 0,18 | 0,56 |
| 68 | | | | 0,08 | 0,21 | 0,05 | | 0,27 | 0,37 | 0,19 | 0,18 | 0,54 |

| Широта | VII | | | | | VIII | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 18 30 | 6 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 18 30 | 6 30 | 9 30 |
| 38° | 0,23 | 0,91 | 1,15 | 0,74 | 0,07 | 0,18 | 0,86 | 1,11 | 0,66 | 0,03 | 0,08 | 0,78 |
| 40 | 0,24 | 0,91 | 1,13 | 0,73 | 0,08 | 0,18 | 0,86 | 1,10 | 0,64 | 0,03 | 0,08 | 0,76 |
| 42 | 0,25 | 0,90 | 1,11 | 0,73 | 0,10 | 0,18 | 0,84 | 1,08 | 0,63 | 0,03 | 0,09 | 0,74 |
| 44 | 0,26 | 0,89 | 1,09 | 0,73 | 0,11 | 0,18 | 0,80 | 1,03 | 0,62 | 0,03 | 0,10 | 0,73 |
| 46 | 0,28 | 0,87 | 1,07 | 0,72 | 0,13 | 0,19 | 0,77 | 0,97 | 0,61 | 0,04 | 0,11 | 0,70 |
| 48 | 0,30 | 0,85 | 1,05 | 0,71 | 0,13 | 0,19 | 0,75 | 0,94 | 0,59 | 0,05 | 0,09 | 0,67 |
| 50 | 0,31 | 0,84 | 1,04 | 0,71 | 0,15 | 0,21 | 0,74 | 0,92 | 0,58 | 0,05 | 0,09 | 0,64 |
| 52 | 0,32 | 0,84 | 1,03 | 0,71 | 0,17 | 0,21 | 0,73 | 0,91 | 0,57 | 0,06 | 0,08 | 0,62 |
| 54 | 0,32 | 0,83 | 1,02 | 0,70 | 0,19 | 0,22 | 0,73 | 0,88 | 0,57 | 0,07 | 0,09 | 0,59 |
| 56 | 0,34 | 0,82 | 0,99 | 0,69 | 0,20 | 0,23 | 0,70 | 0,85 | 0,56 | 0,08 | 0,09 | 0,56 |
| 58 | 0,35 | 0,81 | 0,96 | 0,67 | 0,22 | 0,24 | 0,68 | 0,82 | 0,53 | 0,09 | 0,09 | 0,53 |
| 60 | 0,36 | 0,78 | 0,95 | 0,67 | 0,23 | 0,24 | 0,66 | 0,79 | 0,51 | 0,10 | 0,11 | 0,51 |
| 62 | 0,36 | 0,76 | 0,93 | 0,67 | 0,23 | 0,24 | 0,64 | 0,78 | 0,51 | 0,11 | 0,11 | 0,48 |
| 64 | 0,37 | 0,75 | 0,90 | 0,67 | 0,25 | 0,24 | 0,64 | 0,75 | 0,51 | 0,12 | 0,11 | 0,45 |
| 66 | 0,38 | 0,75 | 0,88 | 0,66 | 0,28 | 0,25 | 0,64 | 0,72 | 0,51 | 0,14 | 0,12 | 0,42 |
| 68 | 0,39 | 0,75 | 0,87 | 0,66 | 0,31 | 0,27 | 0,64 | 0,71 | 0,51 | 0,16 | 0,13 | 0,39 |

Таблица 2

**поверхность в ясные дни** (средняя многолетняя)

| IV | | | V | | | | | VI | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 30 | 15 30 | 18 30 | 6 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 18 30 | 6 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 18 30 |
| 1,14 | 0,65 | | 0,27 | 0,97 | 1,20 | 0,73 | 0,03 | 0,29 | 0,99 | 1,20 | 0,76 | 0,05 |
| 1,09 | 0,62 | | 0,28 | 0,96 | 1,17 | 0,71 | 0,04 | 0,31 | 0,98 | 1,18 | 0,75 | 0,07 |
| 1,06 | 0,60 | | 0,29 | 0,95 | 1,15 | 0,70 | 0,05 | 0,33 | 0,97 | 1,17 | 0,75 | 0,09 |
| 1,02 | 0,58 | | 0,29 | 0,93 | 1,12 | 0,69 | 0,06 | 0,34 | 0,94 | 1,16 | 0,75 | 0,11 |
| 0,99 | 0,56 | | 0,30 | 0,89 | 1,10 | 0,68 | 0,06 | 0,34 | 0,92 | 1,12 | 0,73 | 0,12 |
| 0,95 | 0,55 | 0,01 | 0,31 | 0,88 | 1,06 | 0,68 | 0,07 | 0,35 | 0,91 | 1,09 | 0,72 | 0,13 |
| 0,93 | 0,54 | 0,01 | 0,31 | 0,88 | 1,04 | 0,68 | 0,08 | 0,36 | 0,90 | 1,07 | 0,71 | 0,13 |
| 0,91 | 0,54 | 0,02 | 0,32 | 0,86 | 1,02 | 0,68 | 0,09 | 0,37 | 0,89 | 1,07 | 0,71 | 0,15 |
| 0,91 | 0,53 | 0,03 | 0,33 | 0,84 | 0,99 | 0,67 | 0,11 | 0,38 | 0,87 | 1,05 | 0,71 | 0,17 |
| 0,86 | 0,51 | 0,04 | 0,33 | 0,83 | 0,97 | 0,66 | 0,11 | 0,38 | 0,86 | 1,02 | 0,71 | 0,18 |
| 0,81 | 0,50 | 0,05 | 0,34 | 0,82 | 0,95 | 0,65 | 0,13 | 0,39 | 0,86 | 1,00 | 0,71 | 0,20 |
| 0,78 | 0,48 | 0,05 | 0,35 | 0,81 | 0,93 | 0,63 | 0,15 | 0,41 | 0,84 | 0,99 | 0,69 | 0,22 |
| 0,75 | 0,47 | 0,05 | 0,37 | 0,80 | 0,91 | 0,62 | 0,16 | 0,41 | 0,83 | 0,96 | 0,69 | 0,24 |
| 0,72 | 0,45 | 0,05 | 0,37 | 0,80 | 0,89 | 0,61 | 0,17 | 0,42 | 0,82 | 0,92 | 0,68 | 0,26 |
| 0,69 | 0,43 | 0,06 | 0,38 | 0,78 | 0,87 | 0,60 | 0,18 | 0,44 | 0,82 | 0,90 | 0,67 | 0,28 |
| 0,67 | 0,42 | 0,07 | 0,40 | 0,75 | 0,84 | 0,57 | 0,19 | 0,45 | 0,80 | 0,90 | 0,67 | 0,31 |

| IX | | X | | | | XI | | | XII | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 30 | 15 30 | 6 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 |
| 1,02 | 0,51 | 0,03 | 0,69 | 0,86 | 0,29 | 0,52 | 0,69 | 0,18 | 0,40 | 0,60 | 0,15 |
| 0,98 | 0,50 | 0,03 | 0,65 | 0,81 | 0,29 | 0,49 | 0,65 | 0,17 | 0,36 | 0,56 | 0,12 |
| 0,94 | 0,49 | 0,03 | 0,61 | 0,78 | 0,28 | 0,45 | 0,61 | 0,14 | 0,32 | 0,51 | 0,09 |
| 0,90 | 0,48 | 0,03 | 0,58 | 0,73 | 0,28 | 0,42 | 0,56 | 0,12 | 0,28 | 0,45 | 0,07 |
| 0,88 | 0,46 | 0,03 | 0,53 | 0,67 | 0,25 | 0,36 | 0,51 | 0,10 | 0,23 | 0,39 | 0,03 |
| 0,86 | 0,43 | 0,02 | 0,49 | 0,64 | 0,22 | 0,34 | 0,45 | 0,08 | 0,19 | 0,36 | 0,02 |
| 0,83 | 0,42 | 0,01 | 0,47 | 0,60 | 0,19 | 0,31 | 0,41 | 0,06 | 0,16 | 0,30 | 0,01 |
| 0,79 | 0,40 | 0,01 | 0,43 | 0,56 | 0,17 | 0,24 | 0,36 | 0,05 | 0,11 | 0,24 | 0,01 |
| 0,73 | 0,38 | 0,01 | 0,40 | 0,50 | 0,14 | 0,20 | 0,30 | 0,04 | 0,08 | 0,20 | |
| 0,69 | 0,37 | | 0,35 | 0,45 | 0,13 | 0,15 | 0,23 | 0,02 | 0,07 | 0,16 | |
| 0,66 | 0,37 | | 0,32 | 0,38 | 0,11 | 0,12 | 0,20 | 0,01 | 0,03 | 0,14 | |
| 0,65 | 0,35 | | 0,28 | 0,35 | 0,11 | 0,10 | 0,15 | 0,00 | 0,02 | 0,09 | |
| 0,62 | 0,32 | | 0,24 | 0,33 | 0,10 | 0,08 | 0,12 | | | 0,06 | |
| 0,58 | 0,31 | | 0,22 | 0,31 | 0,10 | 0,06 | 0,10 | | | | |
| 0,54 | 0,28 | | 0,18 | 0,27 | 0,10 | 0,04 | 0,09 | | | | |
| 0,48 | 0,26 | | 0,13 | 0,20 | 0,09 | 0,01 | 0,08 | | | | |

## Рассеянная радиация (кал/см² мин.)

| Широта | I | | | II | | | III | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 6 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 6 30 | 9 30 |
| 38° | 0,10 | 0,13 | 0,08 | 0,12 | 0,15 | 0,11 | 0,04 | 0,14 | 0,16 | 0,13 | 0,10 | 0,18 |
| 40 | 0,10 | 0,13 | 0,08 | 0,13 | 0,15 | 0,11 | 0,04 | 0,14 | 0,17 | 0,13 | 0,10 | 0,18 |
| 42 | 0,10 | 0,13 | 0,08 | 0,13 | 0,15 | 0,10 | 0,05 | 0,15 | 0,17 | 0,13 | 0,10 | 0,18 |
| 44 | 0,10 | 0,13 | 0,07 | 0,12 | 0,15 | 0,10 | 0,05 | 0,15 | 0,17 | 0,13 | 0,10 | 0,18 |
| 46 | 0,10 | 0,13 | 0,07 | 0,15 | 0,16 | 0,11 | 0,05 | 0,16 | 0,18 | 0,14 | 0,11 | 0,19 |
| 48 | 0,09 | 0,13 | 0,07 | 0,15 | 0,16 | 0,11 | 0,06 | 0,17 | 0,19 | 0,14 | 0,11 | 0,19 |
| 50 | 0,09 | 0,13 | 0,06 | 0,14 | 0,17 | 0,11 | 0,06 | 0,17 | 0,19 | 0,14 | 0,10 | 0,18 |
| 52 | 0,08 | 0,12 | 0,05 | 0,13 | 0,17 | 0,10 | 0,05 | 0,16 | 0,20 | 0,14 | 0,10 | 0,18 |
| 54 | 0,07 | 0,11 | 0,05 | 0,11 | 0,16 | 0,09 | 0,05 | 0,15 | 0,18 | 0,13 | 0,09 | 0,17 |
| 56 | 0,06 | 0,10 | 0,05 | 0,10 | 0,14 | 0,08 | 0,05 | 0,15 | 0,17 | 0,13 | 0,09 | 0,16 |
| 58 | 0,06 | 0,09 | 0,04 | 0,10 | 0,13 | 0,07 | 0,04 | 0,14 | 0,16 | 0,12 | 0,09 | 0,16 |
| 60 | 0,05 | 0,07 | 0,03 | 0,09 | 0,12 | 0,06 | 0,04 | 0,13 | 0,15 | 0,11 | 0,09 | 0,16 |
| 62 | 0,03 | 0,07 | 0,02 | 0,08 | 0,11 | 0,05 | 0,04 | 0,13 | 0,14 | 0,10 | 0,09 | 0,16 |
| 64 | | 0,06 | | 0,08 | 0,11 | 0,05 | 0,04 | 0,13 | 0,14 | 0,10 | 0,10 | 0,17 |
| 66 | | 0,06 | | 0,07 | 0,10 | 0,05 | 0,04 | 0,12 | 0,14 | 0,10 | 0,10 | 0,17 |
| 68 | | | | 0,06 | 0,09 | 0,04 | | 0,11 | 0,14 | 0,10 | 0,10 | 0,17 |

| Широта | VII | | | | | VIII | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 18 30 | 6 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 18 30 | 6 30 | 9 30 |
| 38° | 0,12 | 0,19 | 0,20 | 0,17 | 0,06 | 0,10 | 0,18 | 0,19 | 0,16 | 0,04 | 0,07 | 0,16 |
| 40 | 0,12 | 0,18 | 0,20 | 0,17 | 0,06 | 0,10 | 0,17 | 0,18 | 0,16 | 0,04 | 0,07 | 0,16 |
| 42 | 0,12 | 0,18 | 0,20 | 0,17 | 0,07 | 0,10 | 0,17 | 0,18 | 0,16 | 0,04 | 0,07 | 0,16 |
| 44 | 0,12 | 0,18 | 0,19 | 0,16 | 0,07 | 0,10 | 0,17 | 0,18 | 0,16 | 0,04 | 0,06 | 0,15 |
| 46 | 0,12 | 0,18 | 0,19 | 0,16 | 0,07 | 0,10 | 0,17 | 0,19 | 0,15 | 0,04 | 0,06 | 0,15 |
| 48 | 0,12 | 0,18 | 0,19 | 0,16 | 0,08 | 0,10 | 0,17 | 0,19 | 0,15 | 0,05 | 0,07 | 0,15 |
| 50 | 0,12 | 0,18 | 0,19 | 0,16 | 0,08 | 0,09 | 0,17 | 0,18 | 0,15 | 0,05 | 0,07 | 0,14 |
| 52 | 0,12 | 0,17 | 0,19 | 0,16 | 0,08 | 0,09 | 0,16 | 0,17 | 0,15 | 0,05 | 0,07 | 0,13 |
| 54 | 0,12 | 0,17 | 0,18 | 0,16 | 0,08 | 0,09 | 0,15 | 0,17 | 0,14 | 0,05 | 0,06 | 0,12 |
| 56 | 0,11 | 0,17 | 0,18 | 0,15 | 0,08 | 0,09 | 0,15 | 0,17 | 0,13 | 0,05 | 0,06 | 0,12 |
| 58 | 0,11 | 0,16 | 0,18 | 0,15 | 0,08 | 0,08 | 0,14 | 0,16 | 0,13 | 0,05 | 0,06 | 0,12 |
| 60 | 0,11 | 0,15 | 0,15 | 0,13 | 0,08 | 0,08 | 0,14 | 0,15 | 0,13 | 0,05 | 0,05 | 0,11 |
| 62 | 0,11 | 0,14 | 0,13 | 0,12 | 0,08 | 0,08 | 0,13 | 0,13 | 0,12 | 0,06 | 0,05 | 0,10 |
| 64 | 0,11 | 0,14 | 0,13 | 0,12 | 0,08 | 0,08 | 0,12 | 0,13 | 0,11 | 0,06 | 0,05 | 0,09 |
| 66 | 0,11 | 0,14 | 0,13 | 0,12 | 0,09 | 0,08 | 0,11 | 0,13 | 0,11 | 0,06 | 0,05 | 0,09 |
| 68 | 0,11 | 0,13 | 0,13 | 0,12 | 0,09 | 0,08 | 0,10 | 0,12 | 0,10 | 0,05 | 0,05 | 0,09 |

Таблица 3

в ясные дни (средняя многолетняя)

| IV | | | V | | | | | VI | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 30 | 15 30 | 18 30 | 6 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 18 30 | 6 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 18 30 |
| 0,20 | 0,16 | | 0,11 | 0,18 | 0,19 | 0,16 | 0,05 | 0,11 | 0,17 | 0,18 | 0,16 | 0,07 |
| 0,20 | 0,16 | | 0,11 | 0,18 | 0,19 | 0,16 | 0,05 | 0,11 | 0,17 | 0,18 | 0,16 | 0,07 |
| 0,20 | 0,16 | | 0,11 | 0,17 | 0,19 | 0,16 | 0,05 | 0,11 | 0,17 | 0,18 | 0,15 | 0,07 |
| 0,20 | 0,16 | | 0,11 | 0,17 | 0,19 | 0,16 | 0,05 | 0,11 | 0,17 | 0,17 | 0,15 | 0,07 |
| 0,20 | 0,16 | | 0,11 | 0,19 | 0,19 | 0,16 | 0,06 | 0,12 | 0,18 | 0,18 | 0,16 | 0,07 |
| 0,20 | 0,15 | 0,04 | 0,11 | 0,19 | 0,20 | 0,16 | 0,06 | 0,12 | 0,19 | 0,19 | 0,16 | 0,07 |
| 0,19 | 0,15 | 0,04 | 0,12 | 0,18 | 0,19 | 0,15 | 0,06 | 0,12 | 0,19 | 0,19 | 0,16 | 0,08 |
| 0,19 | 0,14 | 0,04 | 0,12 | 0,18 | 0,18 | 0,15 | 0,07 | 0,12 | 0,18 | 0,18 | 0,16 | 0,09 |
| 0,17 | 0,14 | 0,04 | 0,12 | 0,18 | 0,18 | 0,15 | 0,07 | 0,12 | 0,18 | 0,18 | 0,16 | 0,09 |
| 0,17 | 0,14 | 0,04 | 0,12 | 0,18 | 0,17 | 0,15 | 0,08 | 0,12 | 0,17 | 0,18 | 0,16 | 0,10 |
| 0,17 | 0,13 | 0,04 | 0,12 | 0,16 | 0,16 | 0,14 | 0,08 | 0,12 | 0,16 | 0,17 | 0,15 | 0,10 |
| 0,17 | 0,13 | 0,05 | 0,11 | 0,15 | 0,16 | 0,14 | 0,08 | 0,11 | 0,15 | 0,16 | 0,15 | 0,09 |
| 0,17 | 0,13 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,16 | 0,14 | 0,08 | 0,11 | 0,15 | 0,15 | 0,14 | 0,09 |
| 0,18 | 0,14 | 0,05 | 0,10 | 0,14 | 0,16 | 0,14 | 0,09 | 0,11 | 0,15 | 0,15 | 0,14 | 0,09 |
| 0,18 | 0,15 | 0,05 | 0,10 | 0,14 | 0,16 | 0,14 | 0,09 | 0,11 | 0,14 | 0,15 | 0,14 | 0,09 |
| 0,18 | 0,16 | 0,06 | 0,10 | 0,14 | 0,16 | 0,14 | 0,09 | 0,11 | 0,13 | 0,15 | 0,13 | 0,09 |

| IX | | X | | | | XI | | | XII | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 30 | 15 30 | 6 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 |
| 0,17 | 0,14 | 0,05 | 0,13 | 0,14 | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 0,08 | 0,10 | 0,11 | 0,06 |
| 0,17 | 0,14 | 0,05 | 0,13 | 0,14 | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 0,07 | 0,10 | 0,11 | 0,06 |
| 0,17 | 0,13 | 0,05 | 0,13 | 0,14 | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 0,07 | 0,10 | 0,11 | 0,06 |
| 0,17 | 0,12 | 0,04 | 0,12 | 0,14 | 0,09 | 0,10 | 0,12 | 0,07 | 0,09 | 0,11 | 0,04 |
| 0,17 | 0,12 | 0,04 | 0,12 | 0,14 | 0,09 | 0,10 | 0,12 | 0,06 | 0,09 | 0,11 | 0,04 |
| 0,16 | 0,12 | 0,04 | 0,12 | 0,13 | 0,09 | 0,09 | 0,12 | 0,05 | 0,09 | 0,11 | 0,04 |
| 0,15 | 0,12 | 0,04 | 0,11 | 0,12 | 0,09 | 0,08 | 0,11 | 0,05 | 0,08 | 0,10 | 0,04 |
| 0,15 | 0,12 | 0,04 | 0,11 | 0,11 | 0,08 | 0,08 | 0,10 | 0,04 | 0,07 | 0,10 | 0,02 |
| 0,15 | 0,12 | 0,04 | 0,10 | 0,11 | 0,08 | 0,07 | 0,10 | 0,04 | 0,06 | 0,09 | |
| 0,14 | 0,12 | | 0,10 | 0,11 | 0,07 | 0,06 | 0,09 | 0,03 | 0,05 | 0,08 | |
| 0,14 | 0,11 | | 0,08 | 0,11 | 0,07 | 0,06 | 0,07 | 0,02 | 0,05 | 0,06 | |
| 0,13 | 0,10 | | 0,07 | 0,08 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,02 | 0,03 | 0,06 | |
| 0,12 | 0,09 | | 0,07 | 0,07 | 0,05 | 0,04 | 0,06 | | 0,03 | 0,04 | |
| 0,11 | 0,07 | | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,05 | | | | |
| 0,11 | 0,07 | | 0,05 | 0,06 | 0,04 | 0,03 | 0,04 | | | | |
| 0,10 | 0,07 | | 0,05 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,04 | | | | |

Таблица 4

**Отклонение нитенсивностей прямой радиации на перпендикулярную поверхность в отдельные годы от средней многолетней (июнь)**

| Год | 6 ч. 30 м. | Отклонение | % | 9 ч. 30 м. | Отклонение | % | 12 ч. 30 м. | Отклонение | % | 15 ч. 30 м. | Отклонение | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Тбилиси | | | | | | | |
| 1952 | 0,97 | 0,15 | 18,3 | 1,27 | 0,04 | 3,2 | 1,34 | 0,05 | 3,9 | 1,18 | 0,00 | 0,0 |
| 1953 | 0,86 | 0,04 | 4,9 | 1,27 | 0,04 | 3,2 | 1,32 | 0,03 | 2,3 | 1,23 | 0,05 | 4,2 |
| 1954 | 0,76 | —0,06 | —7,3 | 1,14 | —0,09 | —7,3 | 1,25 | —0,04 | —3,1 | 1,16 | —0,02 | —1,7 |
| 1955 | 0,79 | —0,03 | —3,7 | 1,24 | 0,01 | 0,8 | 1,32 | 0,03 | 2,3 | 1,16 | —0,02 | —1,7 |
| 1956 | 0,77 | —0,05 | —6,1 | 1,20 | —0,03 | —2,4 | 1,29 | 0,00 | —2,3 | 1,20 | 0,02 | 1,7 |
| 1957 | 0,81 | —0,01 | —1,2 | 1,25 | 0,02 | 1,6 | 1,26 | —0,03 | —2,3 | 1,18 | 0,00 | 0,0 |
| 1958 | 0,76 | —0,06 | —7,3 | 1,23 | 0,00 | 0,0 | 1,24 | —0,05 | —3,9 | 1,18 | 0,00 | 0,0 |
| Среднее | 0,82 | | ±6,9 | 1,23 | | ±2,6 | 1,29 | | ±2,5 | 1,18 | | ±1,3 |
| | | | | | Одесса | | | | | | | |
| 1952 | 0,74 | —0,12 | —13,9 | 1,29 | 0,11 | 9,3 | 1,29 | 0,04 | 3,2 | 1,20 | 0,07 | 6,2 |
| 1953 | 0,86 | 0,00 | 0,0 | 1,06 | —0,12 | —10,2 | 1,27 | 0,02 | 1,6 | 1,15 | 0,02 | 1,8 |
| 1954 | 0,86 | 0,00 | 0,0 | 1,20 | 0,02 | 1,7 | 1,28 | 0,03 | 2,4 | 1,20 | 0,07 | 6,2 |
| 1955 | 0,80 | —0,06 | —7,0 | 1,12 | —0,06 | —5,1 | 1,21 | —0,04 | —3,2 | 1,11 | —0,02 | —1,8 |
| 1956 | 0,81 | —0,05 | —5,8 | 1,16 | —0,02 | —1,7 | 1,19 | —0,06 | —4,8 | 1,05 | —0,08 | —7,1 |
| 1957 | 0,90 | 0,04 | 4,6 | 1,17 | —0,01 | —0,8 | 1,22 | —0,03 | —2,4 | 1,08 | —0,05 | —4,4 |
| 1958 | 1,02 | 0,16 | 18,6 | 1,29 | 0,11 | 9,3 | 1,27 | 0,02 | 1,6 | 1,12 | —0,01 | —0,9 |
| Среднее | 0,86 | | ±7,1 | 1,18 | | ±5,4 | 1,25 | | ±2,7 | 1,13 | | ±4,1 |
| | | | | | Воейково | | | | | | | |
| 1952 | 1,03 | 0,07 | 7,3 | 1,21 | 0,04 | 3,3 | 1,32 | 0,12 | 10,0 | 1,13 | 0,03 | 2,7 |
| 1953 | 0,94 | —0,02 | —2,1 | 1,11 | —0,06 | —5,1 | 1,17 | 0,03 | 2,5 | 1,07 | —0,03 | —2,7 |
| 1954 | 0,89 | —0,07 | —7,3 | 1,23 | 0,06 | 5,1 | 1,16 | —0,04 | —3,3 | — | — | — |
| 1955 | 0,97 | 0,01 | 1,0 | 1,21 | 0,04 | 3,4 | 1,21 | 0,01 | 0,8 | 1,08 | —0,02 | —1,8 |
| 1956 | 0,87 | —0,09 | —9,4 | 1,10 | —0,07 | —6,0 | 1,14 | —0,06 | —5,0 | 0,98 | —0,12 | —11,4 |
| 1957 | 0,97 | 0,01 | 1,0 | 1,12 | —0,05 | —4,3 | 1,13 | —0,07 | —5,8 | 1,18 | 0,08 | 7,3 |
| 1958 | 1,08 | 0,12 | 12,5 | 1,25 | 0,08 | 6,8 | 1,26 | 0,06 | 5,0 | 1,18 | 0,08 | 7,3 |
| Среднее | 0,96 | | ±5,8 | 1,17 | | ±4,9 | 1,20 | | ±4,6 | 1,10 | | ±5,5 |

Таблица 5

**Коэффициенты прозрачности атмосферы**

| φ | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Год |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 40° | 0,818 | 0,810 | 0,789 | 0,756 | 0,746 | 0,741 | 0,710 | 0,730 | 0,758 | 0,780 | 0,805 | 0,817 | 0,772 |
| 50 | 0,805 | 0,791 | 0,800 | 0,759 | 0,754 | 0,744 | 0,737 | 0,735 | 0,766 | 0,785 | 0,809 | 0,811 | 0,775 |
| 60 | 0,824 | 0,815 | 0,803 | 0,796 | 0,779 | 0,758 | 0,763 | 0,763 | 0,798 | 0,815 | 0,825 | 0,838 | 0,798 |
| 68 | | 0,834 | 0,799 | 0,813 | 0,812 | 0,788 | 0,792 | 0,808 | 0,818 | 0,818 | | | 0,809 |

Следует заметить, что рассмотренные коэффициенты прозрачности и индексы мутности отражают средние условия атмосферы в том или ином месяце; в отдельные дни могут наблюдаться значительные отклонения от приведенных величин.

На основании данных, положенных в основу табл. 5 и 6, нами построен график связи $P_2$ и $N$ (рис. 2). Этим графиком можно пользоваться при сравнении характеристик прозрачности, приводимых в различных работах. Как следует из графика, нормальной атмосфере (по Махоткину) соответствует коэффициент прозрачности 0,76 (приведенный к массе 2).

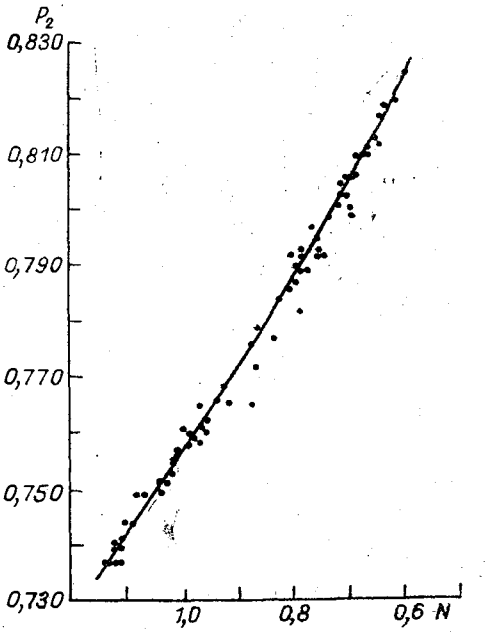



Рис. 2. График связи коэффициента прозрачности ($P_2$) и индекса мутности ($N$).

Перейдем к рассмотрению закономерностей в распределении отдельных видов радиации для условий ясного неба.

Прямая радиация на перпендикулярную поверхность (табл. 1) имеет выраженный суточный ход, определяемый высотой солнца или массой атмосферы. Максимальные величины прямой солнечной радиации относятся к сроку 12 час. 30 мин. (если рассматривать только сроки наблюдений), минимальные — к сроку 18 час. 30 мин. В годовом ходе астрономический фактор — высота солнца — перекрывается другим: прозрачностью атмосферы, вследствие чего годовой ход прямой радиации не следует точно за кривой годового хода высоты солнца. Так, максимальные величины радиации в полуденные часы (срок 12 час. 30 мин.), достигающие 1,30—1,35 кал/см² мин. наблюдаются в южных широтах в марте. К северу от 52° с. ш. максимум

Таблица 6

**Индекс мутности $N$**

| φ | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Год |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 40° | 0,60 | 0,69 | 0,80 | 1,00 | 1,07 | 1,12 | 1,31 | 1,17 | 1,00 | 0,86 | 0,71 | 0,64 | 0,92 |
| 50 | 0,66 | 0,78 | 0,79 | 0,99 | 1,00 | 1,10 | 1,14 | 1,14 | 0,95 | 0,82 | 0,66 | 0,67 | 0,89 |
| 60 | 0,54 | 0,65 | 0,72 | 0,77 | 0,86 | 1,00 | 0,97 | 0,94 | 0,74 | 0,65 | 0,66 | 0,52 | 0,75 |
| 68 | | 0,53 | 0,74 | 0,67 | 0,70 | 0,82 | 0,79 | 0,70 | 0,64 | 0,63 | | | 0,69 |

**Суммарная радиация** (кал/см² мин.)

| Широта | I | | | II | | | III | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 6 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 6 30 | 9 30 |
| 38° | 0,50 | 0,77 | 0,31 | 0,67 | 0,97 | 0,48 | 0,10 | 0,87 | 1,15 | 0,65 | 0,25 | 1,06 |
| 40 | 0,47 | 0,72 | 0,26 | 0,64 | 0,93 | 0,45 | 0,10 | 0,85 | 1,14 | 0,64 | 0,25 | 1,03 |
| 42 | 0,42 | 0,69 | 0,21 | 0,60 | 0,89 | 0,42 | 0,10 | 0,84 | 1,11 | 0,63 | 0,25 | 1,00 |
| 44 | 0,38 | 0,63 | 0,16 | 0,56 | 0,84 | 0,39 | 0,10 | 0,80 | 1,07 | 0,61 | 0,26 | 0,98 |
| 46 | 0,33 | 0,57 | 0,15 | 0,53 | 0,80 | 0,37 | 0,10 | 0,77 | 1,04 | 0,58 | 0,27 | 0,96 |
| 48 | 0,29 | 0,51 | 0,13 | 0,49 | 0,77 | 0,34 | 0,10 | 0,75 | 1,02 | 0,56 | 0,27 | 0,95 |
| 50 | 0,26 | 0,49 | 0,11 | 0,45 | 0,71 | 0,31 | 0,10 | 0,73 | 0,98 | 0,54 | 0,28 | 0,93 |
| 52 | 0,21 | 0,43 | 0,09 | 0,42 | 0,65 | 0,28 | 0,09 | 0,70 | 0,95 | 0 52 | 0,28 | 0,90 |
| 54 | 0,17 | 0,37 | 0,06 | 0,38 | 0,60 | 0,25 | 0,09 | 0,66 | 0,89 | 0,49 | 0,28 | 0,88 |
| 56 | 0,14 | 0,31 | 0,05 | 0,34 | 0,55 | 0,22 | 0,09 | 0,62 | 0,83 | 0,46 | 0,28 | 0,86 |
| 58 | 0,12 | 0,25 | 0,04 | 0,29 | 0,50 | 0,20 | 0,08 | 0,57 | 0,78 | 0,43 | 0,28 | 0,83 |
| 60 | 0,08 | 0,19 | | 0,25 | 0,44 | 0,17 | 0,08 | 0,54 | 0,72 | 0,40 | 0,28 | 0,80 |
| 62 | 0,06 | 0,16 | | 0,22 | 0,38 | 0,14 | 0,08 | 0,50 | 0,67 | 0,36 | 0,28 | 0,78 |
| 64 | | 0,14 | | 0,20 | 0,35 | 0,13 | 0,07 | 0,48 | 0,62 | 0,34 | 0,28 | 0,75 |
| 66 | | 0,13 | | 0,18 | 0,33 | 0,12 | 0,06 | 0,45 | 0,57 | 0,32 | 0,28 | 0,73 |
| 68 | | | | 0,14 | 0,30 | 0,09 | | 0,38 | 0,51 | 0,29 | 0,28 | 0,71 |

| Широта | VII | | | | | VIII | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 18 30 | 6 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 18 30 | 6 30 | 9 30 |
| 38° | 0,35 | 1,10 | 1,35 | 0,91 | 0,11 | 0,28 | 1,04 | 1,30 | 0,82 | 0,07 | 0,15 | 0,94 |
| 40 | 0,36 | 1,09 | 1,33 | 0,90 | 0,12 | 0,28 | 1,03 | 1,28 | 0,80 | 0,07 | 0,15 | 0,92 |
| 42 | 0,37 | 1,08 | 1,31 | 0,90 | 0,14 | 0,28 | 1,01 | 1,26 | 0,79 | 0,07 | 0,16 | 0,90 |
| 44 | 0,38 | 1,07 | 1,28 | 0,89 | 0,15 | 0,28 | 0,97 | 1,21 | 0,78 | 0,07 | 0,16 | 0,88 |
| 46 | 0,40 | 1,05 | 1,26 | 0,88 | 0,17 | 0,29 | 0,94 | 1,16 | 0,76 | 0,08 | 0,17 | 0,85 |
| 48 | 0,42 | 1,03 | 1,24 | 0,87 | 0,18 | 0,29 | 0,92 | 1,13 | 0,74 | 0,09 | 0,16 | 0,82 |
| 50 | 0,43 | 1,02 | 1,23 | 0,87 | 0,20 | 0,30 | 0,91 | 1,10 | 0,73 | 0,10 | 0,16 | 0,78 |
| 52 | 0,44 | 1,01 | 1,22 | 0,87 | 0,22 | 0,30 | 0,89 | 1,08 | 0,72 | 0,11 | 0,15 | 0,75 |
| 54 | 0,44 | 1,00 | 1,20 | 0,86 | 0,24 | 0,31 | 0,88 | 1,05 | 0,71 | 0,12 | 0,15 | 0,71 |
| 56 | 0,45 | 0,99 | 1,17 | 0,84 | 0,25 | 0,32 | 0,85 | 1,02 | 0,69 | 0,13 | 0,15 | 0,68 |
| 58 | 0,46 | 0,97 | 1,14 | 0,82 | 0,27 | 0,32 | 0,82 | 0,98 | 0,66 | 0,14 | 0,15 | 0,65 |
| 60 | 0,47 | 0,93 | 1,10 | 0,80 | 0,28 | 0,32 | 0,80 | 0,94 | 0,64 | 0,15 | 0,16 | 0,62 |
| 62 | 0,47 | 0,90 | 1,06 | 0,79 | 0,29 | 0,32 | 0,78 | 0,91 | 0,63 | 0,17 | 0,16 | 0,58 |
| 64 | 0,48 | 0,89 | 1,03 | 0,79 | 0,31 | 0,32 | 0,76 | 0,88 | 0,62 | 0,18 | 0,16 | 0,54 |
| 66 | 0,49 | 0,89 | 1,01 | 0,78 | 0,34 | 0,33 | 0,75 | 0,85 | 0,62 | 0,20 | 0,17 | 0,51 |
| 68 | 0,50 | 0,88 | 1,00 | 0,78 | 0,36 | 0,35 | 0,74 | 0,83 | 0,61 | 0,21 | 0,18 | 0,48 |

Таблица 7

**в ясные дни** (средняя многолетняя)

| IV | | | V | | | | | VI | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 30 | 15 30 | 18 30 | 6 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 18 30 | 6 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 18 30 |
| 1,34 | 0,81 | | 0,38 | 1,15 | 1,39 | 0,89 | 0,08 | 0,40 | 1,16 | 1,38 | 0,92 | 0,12 |
| 1,29 | 0,78 | | 0,39 | 1,14 | 1,36 | 0,87 | 0,09 | 0,42 | 1,15 | 1,36 | 0,91 | 0,14 |
| 1,26 | 0,76 | | 0,40 | 1,12 | 1,34 | 0,86 | 0,10 | 0,44 | 1,14 | 1,35 | 0,90 | 0,16 |
| 1,22 | 0,74 | | 0,40 | 1,10 | 1,31 | 0,85 | 0,11 | 0,45 | 1,11 | 1,33 | 0,90 | 0,18 |
| 1,19 | 0,72 | 0,05 | 0,41 | 1,08 | 1,29 | 0,84 | 0,12 | 0,46 | 1,10 | 1,30 | 0,89 | 0,19 |
| 1,15 | 0,70 | 0,05 | 0,42 | 1,07 | 1,26 | 0,84 | 0,13 | 0,47 | 1,10 | 1,28 | 0,88 | 0,20 |
| 1,12 | 0,69 | 0,05 | 0,43 | 1,06 | 1,23 | 0,83 | 0,14 | 0,48 | 1,09 | 1,26 | 0,87 | 0,21 |
| 1,10 | 0,68 | 0,06 | 0,44 | 1,04 | 1,20 | 0,83 | 0,16 | 0,49 | 1,07 | 1,25 | 0,87 | 0,24 |
| 1,08 | 0,67 | 0,07 | 0,45 | 1,02 | 1,17 | 0,82 | 0,18 | 0,50 | 1,05 | 1,23 | 0,87 | 0,26 |
| 1,03 | 0,65 | 0,08 | 0,45 | 1,01 | 1,14 | 0,81 | 0,19 | 0,50 | 1,03 | 1,20 | 0,87 | 0,28 |
| 0,98 | 0,63 | 0,09 | 0,46 | 0,98 | 1,11 | 0,79 | 0,21 | 0,51 | 1,01 | 1,17 | 0,86 | 0,30 |
| 0,95 | 0,61 | 0,10 | 0,46 | 0,96 | 1,09 | 0,77 | 0,23 | 0,52 | 0,99 | 1,15 | 0,84 | 0,31 |
| 0,92 | 0,60 | 0,10 | 0,47 | 0,95 | 1,07 | 0,76 | 0,24 | 0,52 | 0,98 | 1,11 | 0,83 | 0,33 |
| 0,90 | 0,59 | 0,10 | 0,47 | 0,94 | 1,05 | 0,75 | 0,26 | 0,53 | 0,97 | 1,07 | 0,82 | 0,35 |
| 0,87 | 0,58 | 0,11 | 0,48 | 0,92 | 1,03 | 0,74 | 0,27 | 0,55 | 0,96 | 1,05 | 0,81 | 0,37 |
| 0,85 | 0,58 | 0,13 | 0,50 | 0,89 | 1,00 | 0,71 | 0,28 | 0,56 | 0,93 | 1,05 | 0,80 | 0,40 |

| IX | | X | | | | XI | | | XII | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 30 | 15 30 | 6 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 | 9 30 | 12 30 | 15 30 |
| 1,19 | 0,65 | 0,08 | 0,82 | 1,00 | 0,40 | 0,63 | 0,81 | 0,26 | 0,50 | 0,71 | 0,21 |
| 1,15 | 0,64 | 0,08 | 0,78 | 0,95 | 0,40 | 0,60 | 0,77 | 0,24 | 0,46 | 0,67 | 0,18 |
| 1,11 | 0,62 | 0,08 | 0,74 | 0,92 | 0,39 | 0,56 | 0,73 | 0,21 | 0,42 | 0,62 | 0,15 |
| 1,07 | 0,60 | 0,07 | 0,70 | 0,87 | 0,37 | 0,52 | 0,68 | 0,19 | 0,37 | 0,56 | 0,11 |
| 1,05 | 0,58 | 0,07 | 0,65 | 0,81 | 0,34 | 0,46 | 0,63 | 0,16 | 0,32 | 0,50 | 0,07 |
| 1,02 | 0,55 | 0,06 | 0,61 | 0,77 | 0,31 | 0,43 | 0,57 | 0,13 | 0,28 | 0,45 | 0,06 |
| 0,98 | 0,54 | 0,05 | 0,58 | 0,72 | 0,28 | 0,39 | 0,52 | 0,11 | 0,24 | 0,40 | 0,05 |
| 0,94 | 0,52 | 0,05 | 0,54 | 0,67 | 0,25 | 0,32 | 0,46 | 0,09 | 0,18 | 0,34 | 0,03 |
| 0,88 | 0,50 | 0,05 | 0,50 | 0,61 | 0,22 | 0,27 | 0,40 | 0,08 | 0,14 | 0,29 | |
| 0,83 | 0,49 | | 0,45 | 0,56 | 0,20 | 0,21 | 0,32 | 0,05 | 0,12 | 0,24 | |
| 0,80 | 0,48 | | 0,40 | 0,49 | 0,18 | 0,18 | 0,27 | 0,03 | 0,08 | 0,20 | |
| 0,78 | 0,45 | | 0,35 | 0,43 | 0,16 | 0,15 | 0,21 | 0,02 | 0,05 | 0,15 | |
| 0,74 | 0,41 | | 0,31 | 0,40 | 0,15 | 0,12 | 0,18 | | 0,03 | 0,10 | |
| 0,69 | 0,38 | | 0,27 | 0,37 | 0,15 | 0,10 | 0,15 | | | | |
| 0,65 | 0,35 | | 0,23 | 0,33 | 0,14 | 0,07 | 0,13 | | | | |
| 0,58 | 0,33 | | 0,18 | 0,26 | 0,12 | 0,03 | 0,12 | | | | |

Возможные месячные и годовые суммы суммарной рассеянной и прямой

| Месяц | Радиация | Широта | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 38 | 40 | 42 | 44 | 46 | 48 | 50 |
| I | $Q$ | 8,09 | 7,38 | 6,66 | 5,89 | 5,24 | 4,62 | 4,28 |
| | $D$ | 1,58 | 1,55 | 1,52 | 1,49 | 1,46 | 1,40 | 1,33 |
| | $S'$ | 6,51 | 5,83 | 5,15 | 4,40 | 3,78 | 3,22 | 2,95 |
| II | $Q$ | 10,16 | 9,63 | 9,07 | 8,48 | 7,95 | 7,45 | 6,80 |
| | $D$ | 1,82 | 1,85 | 1,79 | 1,74 | 1,93 | 1,93 | 1,96 |
| | $S'$ | 8,34 | 7,78 | 7,28 | 6,74 | 6,02 | 5,52 | 4,84 |
| III | $Q$ | 14,92 | 14,75 | 14,53 | 13,86 | 13,42 | 13,08 | 12,64 |
| | $D$ | 2,42 | 2,48 | 2,54 | 2,54 | 2,73 | 2,91 | 2,91 |
| | $S'$ | 12,50 | 12,27 | 11,99 | 11,32 | 10,69 | 10,17 | 9,73 |
| IV | $Q$ | 18,30 | 17,73 | 17,40 | 17,01 | 16,74 | 16,29 | 16,05 |
| | $D$ | 3,30 | 3,30 | 3,30 | 3,36 | 3,42 | 3,45 | 3,30 |
| | $S'$ | 15,00 | 14,43 | 14,10 | 13,65 | 13,32 | 12,84 | 12,75 |
| V | $Q$ | 21,05 | 20,83 | 20,68 | 20,43 | 20,27 | 20,18 | 20,06 |
| | $D$ | 3,63 | 3,63 | 3,57 | 3,57 | 3,75 | 3,81 | 3,72 |
| | $S'$ | 17,42 | 17,20 | 17,11 | 16,86 | 16,52 | 16,37 | 16,34 |
| VI | $Q$ | 20,88 | 20,85 | 20,91 | 20,79 | 20,76 | 20,79 | 20,67 |
| | $D$ | 3,57 | 3,57 | 3,57 | 3,51 | 3,69 | 3,87 | 3,87 |
| | $S'$ | 17,31 | 17,28 | 17,34 | 17,28 | 17,07 | 16,92 | 16,80 |
| VII | $Q$ | 20,68 | 20,55 | 20,55 | 20,43 | 20,40 | 20,30 | 20,43 |
| | $D$ | 3,88 | 3,81 | 3,88 | 3,75 | 3,81 | 3,84 | 3,91 |
| | $S'$ | 16,80 | 16,74 | 16,67 | 16,68 | 16,59 | 16,46 | 16,52 |
| VIII | $Q$ | 18,94 | 18,69 | 18,44 | 17,89 | 17,45 | 17,11 | 16,93 |
| | $D$ | 3,47 | 3,35 | 3,38 | 3,38 | 3,41 | 3,44 | 3,38 |
| | $S'$ | 15,47 | 15,34 | 15,06 | 14,51 | 14,04 | 13,67 | 13,55 |
| IX | $Q$ | 15,30 | 15,00 | 14,58 | 14,13 | 13,80 | 13,38 | 12,87 |
| | $D$ | 2,76 | 2,76 | 2,67 | 2,58 | 2,58 | 2,58 | 2,46 |
| | $S'$ | 12,54 | 12,24 | 11,91 | 11,55 | 11,22 | 10,80 | 10,41 |
| X | $Q$ | 12,21 | 11,72 | 11,25 | 10,65 | 9,86 | 9,24 | 8,62 |
| | $D$ | 2,17 | 2,14 | 2,14 | 1,95 | 1,95 | 1,92 | 1,80 |
| | $S'$ | 10,04 | 9,58 | 9,11 | 8,68 | 7,91 | 7,32 | 6,82 |
| XI | $Q$ | 8,67 | 8,19 | 7,59 | 6,96 | 6,24 | 5,64 | 5,04 |
| | $D$ | 1,53 | 1,50 | 1,47 | 1,47 | 1,38 | 1,26 | 1,17 |
| | $S'$ | 7,14 | 6,69 | 6,12 | 5,49 | 4,86 | 4,38 | 3,87 |
| XII | $Q$ | 7,22 | 6,67 | 6,08 | 5,24 | 4,53 | 3,97 | 3,41 |
| | $D$ | 1,33 | 1,36 | 1,30 | 1,15 | 1,15 | 1,12 | 1,05 |
| | $S'$ | 5,89 | 5,30 | 4,77 | 4,09 | 3,38 | 2,85 | 2,36 |
| Год | $Q$ | 176,42 | 171,99 | 167,74 | 161,73 | 156,66 | 152,05 | 147,80 |
| | $D$ | 31,46 | 31,30 | 31,13 | 30,49 | 31,26 | 31,53 | 30,86 |
| | $S'$ | 144,96 | 140,68 | 136,61 | 131,25 | 125,40 | 120,52 | 116,94 |

**радиации, приходящей на горизонтальную поверхность** (ккал/см$^2$)

(град.)

| 52 | 54 | 56 | 58 | 60 | 62 | 64 | 66 | 68 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3,66 | 2,94 | 2,45 | 1,92 | 1,30 | 1,05 | 0,71 | 0,53 | |
| 1,18 | 1,08 | 0,96 | 0,84 | 0,71 | 0,59 | 0,28 | 0,25 | |
| 2,48 | 1,86 | 1,49 | 1,08 | 0,59 | 0,46 | 0,43 | 0,28 | |
| 6,22 | 5,63 | 5,01 | 4,45 | 3,84 | 3,25 | 2,94 | 2,66 | 2,27 |
| 1,96 | 1,62 | 1,40 | 1,34 | 1,18 | 1,06 | 1,04 | 0,92 | 0,76 |
| 4,26 | 4,01 | 3,61 | 3,11 | 2,66 | 2,19 | 1,90 | 1,74 | 1,51 |
| 12,13 | 11,36 | 10,70 | 10,04 | 9,32 | 8,61 | 8,11 | 7,49 | 6,43 |
| 2,85 | 2,57 | 2,51 | 2,42 | 2,29 | 2,14 | 2,14 | 2,08 | 1,98 |
| 9,28 | 8,79 | 8,19 | 7,62 | 7,03 | 6,47 | 5,97 | 5,41 | 5,45 |
| 15,78 | 15,54 | 15,12 | 14,64 | 14,28 | 14,01 | 13,71 | 13,50 | 13,38 |
| 3,27 | 3,09 | 3,03 | 2,97 | 3,03 | 3,03 | 3,30 | 3,48 | 3,51 |
| 12,51 | 12,45 | 12,09 | 11,67 | 11,25 | 10,98 | 10,41 | 10,02 | 9,87 |
| 19,96 | 19,87 | 19,68 | 19,53 | 19,44 | 19,44 | 19,56 | 19,72 | 19,78 |
| 3,75 | 3,75 | 3,78 | 3,56 | 3,50 | 3,47 | 3,53 | 3,60 | 3,72 |
| 16,21 | 16,12 | 15,90 | 15,97 | 15,94 | 15,97 | 16,03 | 16,12 | 16,06 |
| 20,79 | 20,91 | 20,88 | 21,00 | 21,03 | 21,03 | 21,42 | | |
| 3,78 | 3,84 | 3,93 | 3,81 | 3,66 | 3,63 | 3,75 | | |
| 17,01 | 17,07 | 16,95 | 17,19 | 17,37 | 17,40 | 17,67 | | |
| 20,52 | 20,52 | 20,43 | 20,34 | 20,09 | 19,93 | 20,24 | 20,80 | |
| 3,88 | 3,88 | 3,78 | 3,75 | 3,44 | 3,32 | 3,38 | 3,56 | |
| 16,64 | 16,64 | 16,65 | 16,59 | 16,65 | 16,61 | 16,68 | 17,24 | |
| 16,74 | 16,62 | 16,24 | 15,78 | 15,44 | 15,31 | 15,13 | 15,13 | 15,13 |
| 3,26 | 3,16 | 3,13 | 2,98 | 2,94 | 2,79 | 2,67 | 2,70 | 2,45 |
| 13,48 | 13,46 | 13,11 | 12,80 | 12,50 | 12,52 | 12,46 | 12,43 | 12,65 |
| 12,39 | 11,79 | 11,22 | 10,95 | 10,47 | 9,84 | 9,27 | 8,82 | 8,13 |
| 2,40 | 2,31 | 2,25 | 2,28 | 1,98 | 1,74 | 1,68 | 1,65 | 1,62 |
| 9,99 | 9,48 | 8,67 | 8,67 | 8,49 | 8,10 | 7,59 | 7,17 | 6,51 |
| 7,87 | 7,16 | 6,45 | 5,67 | 4,96 | 4,50 | 4,06 | 3,60 | 2,82 |
| 1,58 | 1,52 | 1,46 | 1,33 | 1,01 | 0,96 | 0,81 | 0,78 | 0,74 |
| 6,29 | 5,64 | 4,99 | 4,34 | 3,94 | 3,54 | 3,25 | 2,82 | 2,08 |
| 4,29 | 3,66 | 2,82 | 2,31 | 1,80 | 1,41 | 1,08 | 0,87 | 0,30 |
| 1,05 | 0,99 | 0,81 | 0,69 | 0,57 | 0,48 | 0,39 | 0,30 | 0,21 |
| 3,24 | 2,67 | 2,01 | 1,62 | 1,23 | 0,93 | 0,69 | 0,57 | 0,09 |
| 2,76 | 2,54 | 2,11 | 1,55 | 1,02 | 0,71 | | | |
| 0,96 | 0,90 | 0,87 | 0,59 | 0,43 | 0,40 | | | |
| 1,80 | 1,64 | 1,24 | 0,96 | 0,59 | 0,31 | | | |
| 143,11 | 138,54 | 133,11 | 128,18 | 122,99 | 119,09 | | | |
| 29,92 | 28,71 | 27,91 | 26,56 | 24,75 | 23,61 | | | |
| 113,19 | 109,83 | 105,20 | 101,62 | 98,24 | 95,48 | | | |

сдвигается на апрель, а севернее 60° с. ш. — на май. В сроки 9 час. 30 мин. и 15 час. 30 мин. максимальные величины 1,17—1,25 и 1,10—1,20 кал/см² мин. соответственно отмечаются в мае и в июне.

В распределении по широтам прямая солнечная радиация определяется также высотой солнца и прозрачностью атмосферы. Так, в холодный период (с сентября по март) прямая радиация убывает с возрастанием широты, а в теплый период (с апреля по август) величина прямой солнечной радиации на севере имеет одни и те же значения, что и на юге (в мае и июле на севере она даже больше, чем на юге).

Величины прямой радиации, приходящей на горизонтальную поверхность $S'$, полученные аналогичным способом графического осреднения по годам и широте, приведены в табл. 2. Здесь видна прямая зависимость интенсивности радиации от высот солнца в срок наблюдения. Повсеместно максимальные значения приходятся на июнь, минимальные — на декабрь.

Интенсивность прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность убывает с юга на север, за исключением утреннего срока (6 час. 30 мин.) в период с апреля по сентябрь и вечернего срока (18 час. 30 мин.) в период с апреля по август.

Интенсивность рассеянной радиации (табл. 3) для условий ясного неба определяется величиной прямой радиации и прозрачностью атмосферы. Интенсивность рассеянной радиации имеет выраженный суточный ход с максимумом в срок 12 час. 30 мин. и минимумом в срок 18 час. 30 мин. Величина рассеянной радиации уменьшается с юга на север, причем относительное уменьшение более резко выражено зимой (например, в срок 12 час. 30 мин. с 0,12 до 0,05) и слабее летом (в срок 12 час. 30 мин. с 0,19 до 0,15). Интенсивность рассеянной радиации составляет 7—14% прямой радиации $S'$.

Значения интенсивности суммарной радиации в ясные дни, представленные в табл. 7, получены на основании данных табл. 2 и 3. Такой метод определения суммарной радиации, т. е. суммирование прямой радиации на горизонтальную поверхность и рассеянной радиации ($Q = S' + D$), принят на актинометрической сети Гидрометслужбы. Закономерности суточного и годового хода в распределении суммарной радиации по широтам полностью повторяют отмеченные выше закономерности в прямой радиации на горизонтальную поверхность. Максимальные значения суммарной радиации наблюдаются в полуденный срок в мае, июне и июле, достигая на юге 1,30—1,35 кал/см² мин. (38—40° с. ш.) и уменьшаясь к северу до 1,00—1,05 кал/см² мин. (66—68° с. ш.). Минимальные значения отмечаются в декабре; в срок 12 час. 30 мин. на юге суммарная радиация составляет 0,70 кал/см² мин., уменьшаясь к северу до нуля.

По интенсивностям суммарной и рассеянной радиации для ясного неба нами были вычислены возможные суточные, а затем и месячные суммы радиации. Вычисление суточных сумм производилось методом подсчета площадей трапеций. Месячные суммы получались умножением суточных сумм на число календарных дней в месяце. В табл. 8 приведены возможные суммы суммарной, рассеянной и прямой радиации на горизонтальную поверхность для широт через 2°.

Максимальные месячные суммы прямой радиации наблюдаются повсеместно в июне, причем благодаря увеличению продолжительности дня на севере величина радиации почти не изменяется по территории. Так, на широте 38° с. ш. месячная сумма составляет 17,31 ккал/см², на широте 50° — 16,80 ккал/см², на широте 64° — 17,70 ккал/см². В июле месячная сумма повсеместно меньше, чем в июне, но тоже очень мало изменяется по территории. В остальные месяцы года суммы прямой радиации плавно убывают с юга на север. Приведенные в табл. 8 суммы прямой радиации хорошо согласуются с данными М. С. Аверкиева [3]. Но отмеченный Аверкиевым сдвиг максимума радиации с июня по июль на широте 40° с. ш.

нашими расчетами не подтверждается. Ниже приводятся месячные суммы прямой радиации в июне и в июле для 4 пунктов, расположенных в широтной зоне 38—40° с. ш. (табл. 9).

Годовые суммы прямой радиации на юге (38° с. ш.) достигают 145 ккал/см², в средних широтах (54° с. ш.) 110 ккал/см², на севере (68° с. ш.) около 90 ккал/см².

Месячные суммы рассеянной радиации имеют максимум в июне, но не везде, а только в северных и умеренных широтах до 54° с. ш. Южнее максимум рассеянной радиации сдвигается на июль, что следует объяснить увеличением мутности в этих широтах в июле по сравнению с июнем. Вычисленные коэффициенты прозрачности для июля подтверждают это. В период с апреля по июль месячные суммы рассеянной радиации почти не изменяются по территории, составляя повсеместно около 3,5 ккал/см². Годовые суммы рассеянной радиации уменьшаются с юга на север от 31,5 до 22 ккал/см².

Таблица 9

**Месячные суммы прямой радиации на горизонтальную поверхность** (ккал/см²)

| Станция | φ | VI | VII |
|---|---|---|---|
| Термез . . | 37°14′ | 17,63 | 16,05 |
| Ашхабад | 37 58 | 17,34 | 16,80 |
| Фергана . . | 40 23 | 17,66 | 17,13 |
| о. Артема | 40 28 | 17,69 | 16,74 |

Годовые суммы суммарной радиации составляют 176 ккал/см² на юге, уменьшаясь до 116 ккал/см² к северу.

Чтобы судить об отклонениях месячных сумм, вычисленных для отдельных лет, от величин, приведенных в табл. 8, нами были вычислены месячные суммы суммарной радиации за июнь по трем станциям за период с 1952 по 1958 г. (табл. 10).

Таблица 10

**Возможные суммы суммарной радиации** (июнь) **и отклонения их от средней широтной величины**

| Станция | φ | Среднеширотное значение | 1952 | 1953 | 1954 | 1955 | 1956 | 1957 | 1958 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Тбилиси . . | 41°43′ | 20,90 | 21,80 | 21,48 | 19,58 | 21,43 | 21,98 | 21,34 | 20,85 |
| | | Отклонение (%) | +4,3 | +2,3 | −6,3 | +2,5 | +5,2 | +2,1 | −0,2 |
| Одесса . . | 46 26 | 20,74 | 21,10 | 20,90 | 22,30 | 20,60 | 20,65 | 21,22 | 22,22 |
| | | Отклонение (%) | +1,7 | +0,8 | +7,5 | −0,7 | −0,4 | +2,3 | +7,1 |
| Воейково | 59 57 | 21,03 | 22,06 | 19,89 | 19,76 | 21,14 | 19,93 | 20,75 | 21,04 |
| | | Отклонение (%) | +4,9 | −5,4 | −6,0 | +0,5 | −5,2 | −1,3 | 0,0 |

Как следует из табл. 10, отклонения месячных сумм в отдельные годы от среднеширотной величины находятся в пределах 0—7%.

Представляет интерес сравнить месячные суммы суммарной радиации с данными Т. Г. Берлянд [4].

Различие месячных сумм составляет 5—10% в сторону превышения сумм, вычисленных Т. Г. Берлянд, что и следовало ожидать. При вычислении возможных сумм радиации Берлянд, пользуясь методом Украинцева [9], принимала во внимание максимальные суммы радиации. При наших расчетах осреднялись значения радиации, включая и максимальные и минимальные интенсивности радиации. Отклонение крайних значений радиации от средней величины и составляет около 10%, как указывалось выше (см. рис. 1).

Некоторая доля различия в суммах должна быть отнесена и за счет метода подсчета сумм. В нашем случае расчет произведен по срочным

наблюдениям методом трапеций. Берлянд при определении возможных сумм использовала данные самописцев. Но, как показали сравнения указанных методов для случаев безоблачного неба, проведенные Е. П. Барашковой, различие суммы в большинстве случаев составляет 4—5%, причем и с тем и с другим знаком. Об этом же свидетельствует и сравнение сумм, рассчитанных по срочным наблюдениям, с суммами, полученными по методу Л. Г. Махоткина, сводящемуся практически к графическому интегрированию ежечасных значений радиации [7]. Отсутствие систематического знака отклонения, т. е. занижения сумм при подсчете методом трапеций по срочным наблюдениям, следует объяснить значительными погрешностями в регистрации радиации (7—10% по данным Е. П. Барашковой, Ю. К. Росса).

### *ЛИТЕРАТУРА*


1. Аверкиев М. С. О возможности определения переводного множителя актинометра без сравнения с эталонным прибором. Вестник Московского университета, № 10. 1955.
2. Аверкиев М. С. Рассеянная радиация безоблачного неба. Метеорология и гидрология, № 5. 1956.
3. Аверкиев М. С. Возможные месячные и годовые суммы прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при различной прозрачности атмосферы для широт 40—70°. Вестник Московского университета, № 2. 1956.
4. Будыко М. И., Берлянд Т. Г., Зубенок Л. И. Методика климатологических расчетов составляющих теплового баланса. Труды ГГО, вып. 48. 1954.
5. Махоткин Л. Г. Прямая радиация и прозрачность атмосферы. Изв. АН СССР, сер. геофизич., № 5. 1957.
6. Махоткин Л. Г. Итоги работ по изучению вариаций прямой солнечной радиации. Труды ГГО, вып. 80. 1959.
7. Махоткин Л. Г. О вычислении возможных суточных сумм прямой радиации. Труды ГГО, вып. 80. 1959.
8. Сивков С. И. Общий метод приведения интенсивности солнечной радиации к определенному числу масс атмосферы. Труды ГГО, вып. 14 (76). 1949.
9. Украинцев В. Н. Приближенное вычисление сумм прямой и рассеянной солнечной радиации. Метеорология и гидрология, № 6. 1939.


## РЕЗЮМЕ


В статье обобщен материал наблюдений актинометрических станций СССР за период 1952—1958 гг. при условии ясного неба. Приводятся средние значения составляющих радиационного баланса по широтам (прямая радиация на перпендикулярную и горизонтальную поверхность, рассеянная и суммарная радиация) за каждый месяц по срокам. Дана характеристика прозрачности атмосферы (коэффициент прозрачности приведен к массе 2). Вычислены месячные и годовые суммы возможной радиации по широтам.

*Б. В. ТАРНИЖЕВСКИЙ*

# О ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНИХ МЕСЯЧНЫХ И ГОДОВЫХ СУММ РАДИАЦИИ

В последнее время все большее число работ посвящается вопросу определения прихода солнечной радиации и радиационного баланса отдельных географических районов и всей земли в целом. Естественно, что во всех этих случаях используются средние величины сумм радиации, поскольку эти суммы изменчивы в более или менее широких пределах. Колебания сумм радиации зависят от облачности, которая является весьма изменчивым фактором, и от изменений прозрачности атмосферы.

В актинометрической литературе вопрос о колебаниях месячных и годовых сумм всех видов солнечной радиации (прямой, рассеянной, суммарной) затрагивался неоднократно [3, 4, 8, 9, 13, 14]. Установлено, что годовые суммы радиации являются относительно устойчивыми и не испытывают значительных колебаний от года к году, в то время как месячные суммы радиации варьируют в гораздо более широких пределах. Наиболее изменчивы месячные суммы радиации в те месяцы, когда погода наиболее непостоянна, а абсолютные величины сумм радиации малы.

В литературе обычно указываются максимальные наблюдавшиеся отклонения в процентах от средней величины за весь период наблюдений. Такие данные имеются, например, для Павловска по месячным [9] и годовым [8, 9] суммам прямой радиации и для Одессы [3]. Абсолютные и процентные значения отклонений месячных и годовых сумм прямой, рассеянной и суммарной радиации по наблюдениям в Ташкенте приведены в работах Ярославцева [13, 14]. Кроме того, для Ташкента выпущен подробный актинометрический справочник [1], позволяющий получать различные характеристики радиационного режима в этом пункте. Указание абсолютных или процентных максимальных отклонений определяет диапазон изменения сумм радиации, однако это является недостаточным для оценки точности определения средних величин сумм радиации. Между тем этот вопрос является весьма важным, так как климатологические расчеты с использованием материала актинометрических наблюдений, например, определение радиационного и теплового балансов, основаны на средних суммах радиаций (месячных или годовых). Поэтому оценка точности найденной средней величины при данном числе лет наблюдений, а также и обратная задача — определение числа лет наблюдений, обеспечивающего заданную точность, представляют теоретический и практический интерес.

В литературе этот вопрос до сего времени не рассматривался, если не считать вышедшей в 1933 г. работы С. М. Горленко [4], которая явилась первой попыткой привлечения в актинометрию средств и методов математической статистики.

Указанная задача сводится по существу к известной из математической статистики задаче о необходимом объеме выборки из бесконечной генеральной совокупности, обеспечивающем необходимую точность при заданной надежности [6, 10, 11].

Нами были использованы имеющиеся в литературе данные о месячных и годовых суммах радиации для Павловска [7], Одессы [3] и Ташкента [1]. При этом для Павловска учитывались поправки, установленные Янишевским [12] для рассеянной радиации.

Указанные ряды наблюдений рассматривались как случайная выборка из бесконечной генеральной совокупности с нормальным распределением изучаемого признака (сумм радиации). При этих предположениях доверительная оценка полученных средних величин проводилась, как это указывается в руководствах по математической статистике [6, 10, 11], с использованием распределения Стьюдента по неравенству

$$-\frac{\bar{S}}{\sqrt{n}}t<\bar{x}-a<\frac{\bar{S}}{\sqrt{n}}t,$$

где $a$ — средняя генеральной совокупности, $\bar{x}$ — средняя выборки, $\bar{S}$ — стандарт (среднее квадратическое отклонение) выборки, по которому приближенно оценивается стандарт генеральной средней, $n$ — число членов выборки (в нашем случае $n$ является числом лет наблюдений), $t$ — параметр распределения Стьюдента $P=f(t, k)$, где индекс $k$ выражает так называемое число степеней свободы.

При заданной надежности $\alpha=1-P$ и определенном $k$, зависящем от $n$, по таблицам определяется $t$. Таким образом определяется точность $\varepsilon=\bar{x}-a$, которая может быть выражена как в абсолютных единицах, так и в процентах относительно $\bar{x}$.

Если известен диапазон изменения стандарта месячных и годовых сумм прямой, рассеянной и суммарной радиации, то нетрудно при некоторой заданной надежности рассчитать точность определения средней для различного числа лет наблюдений. Эти стандарты были определены для трех указанных пунктов: Павловска, Ташкента и Одессы, расположенных на разных широтах и в различных физико-географических зонах. При этом установлено, что стандарты месячных и годовых сумм радиации колеблются в диапазоне от 0,05 до 6,32 ккал/см$^2$.

Для определения точности сумм радиации мы задали 90-процентную надежность, полагая ее достаточной для климатологических расчетов. Результаты расчетов точности определения средних месячных сумм прямой, рассеянной и суммарной радиации при надежности 0,9 для различных значений стандартов (от 0,05 до 7,0 ккал/см$^2$) и разном числе лет наблюдений приведены в табл. 1.

Как пользоваться этой таблицей, поясним на примере. Так, по пятнадцатилетним наблюдениям в Карадаге [2] среднегодовая сумма прямой радиации на перпендикулярную лучам поверхность составляет 129,3 ккал/см$^2$, а стандарт годовых сумм — 3,22 ккал/см$^2$. По таблице находим, что при таком стандарте и пятнадцатилетием ряде наблюдений точность определения среднегодовой суммы при надежности 0,9 составляет 1,45 ккал/см$^2$, или 1,1%. Иными словами, с вероятностью, равной 0,9, мы можем утверждать, что по пятнадцатилетним наблюдениям в Карадаге средняя годовая сумма прямой радиации на перпендикулярную поверхность определена с точностью 1%. В январе средняя за 15 лет сумма прямой радиации составила 4,0 ккал/см$^2$ при стандарте месячных сумм в этом месяце 1,43 ккал/см$^2$. По таблице находим, что при этих условиях точность определения средней месячной суммы в январе составляет 0,65 ккал/см$^2$, или 16,2%.

Таблица 1

**Точность определения средних месячных и годовых сумм радиации $\varepsilon = \bar{x} - a$ (ккал/см²) при надежности 0,9**

| Число лет наблюдений | Стандарты (ккал/см²) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,05 | 0,10 | 0,25 | 0,50 | 0,75 | 1,00 | 1,25 | 1,50 | 1,75 |
| 2 | 0,22 | 0,45 | 1,12 | 2,24 | 3,36 | 4,48 | 5,60 | 6,72 | 7,84 |
| 3 | 0,08 | 0,17 | 0,42 | 0,84 | 1,27 | 1,69 | 2,11 | 2,54 | 2,96 |
| 5 | 0,05 | 0,10 | 0,24 | 0,48 | 0,71 | 0,95 | 1,19 | 1,42 | 1,66 |
| 10 | 0,03 | 0,06 | 0,14 | 0,29 | 0,44 | 0,58 | 0,72 | 0,87 | 1,02 |
| 15 | 0,02 | 0,04 | 0,11 | 0,22 | 0,34 | 0,45 | 0,56 | 0,68 | 0,79 |
| 20 | 0,02 | 0,04 | 0,10 | 0,20 | 0,29 | 0,39 | 0,49 | 0,58 | 0,68 |
| 30 | 0,02 | 0,03 | 0,08 | 0,16 | 0,23 | 0,31 | 0,39 | 0,46 | 0,54 |
| 40 | 0,01 | 0,03 | 0,06 | 0,13 | 0,20 | 0,26 | 0,32 | 0,39 | 0,46 |

| Число лет наблюдений | Стандарты (ккал/см²) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 6,0 | 7,0 |
| 2 | 8,96 | 11,20 | 13,44 | 15,68 | 17,92 | 20,16 | 22,40 | 26,88 | 31,36 |
| 3 | 3,38 | 4,22 | 5,07 | 5,92 | 6,76 | 7,60 | 8,45 | 10,14 | 11,83 |
| 5 | 1,90 | 2,38 | 2,85 | 3,32 | 3,80 | 4,28 | 4,75 | 5,70 | 6,65 |
| 10 | 1,16 | 1,45 | 1,74 | 2,03 | 2,32 | 2,61 | 2,90 | 3,48 | 4,06 |
| 15 | 0,90 | 1,12 | 1,35 | 1,58 | 1,80 | 2,02 | 2,25 | 2,70 | 3,15 |
| 20 | 0,78 | 0,98 | 1,17 | 1,36 | 1,56 | 1,76 | 1,95 | 2,34 | 2,73 |
| 30 | 0,62 | 0,78 | 0,93 | 1,08 | 1,24 | 1,40 | 1,55 | 1,86 | 2,17 |
| 40 | 0,52 | 0,65 | 0,78 | 0,91 | 1,04 | 1,17 | 1,30 | 1,56 | 1,82 |

Таким образом, для любого пункта и любого вида радиации (прямой, рассеянной, суммарной), подсчитав стандарт месячных и годовых сумм радиации, по табл. 1 легко определить точность средних сумм при надежности 0,9.

Все эти выкладки были проведены в предположении, что месячные и годовые суммы радиации подчиняются нормальному закону распределения, подобно тому, как это имеет место для ряда других метеорологических величин, например, для среднегодовых скоростей ветра [5]. Однако это предположение нуждается в доказательстве, так как, помимо случайного характера отклонений от средних, могут проявляться и какие-либо закономерные тенденции, такие, как, например, одиннадцатилетний цикл солнечной активности. Для проверки соответствия данного эмпирического распределения теоретическому в математической статистике используются обычно так называемые критерии согласия $\chi^2$ Пирсона или $\lambda$ Колмогорова. Естественно, что для такой проверки желательно использовать выборку достаточного объема. Максимальный объем выборки, которым мы располагали, составлял 27 членов (лет) для прямой радиации по Ташкенту [1]. При таком малом объеме выборки использование критерия $\chi^2$ Пирсона затруднительно, так как для этого необходимо объединять выборку в группы численностью не менее 5 членов и число таких групп будет слишком мало. Более удобно использование критерия $\lambda$ Колмогорова. Известно, что если вероятность $P(\lambda)$, определяемая по таблицам по найденному $\lambda$, будет больше 0,05, то расхождение между данным эмпирическим и нормальным распределениями можно

рассматривать как случайное и данное эмпирическое распределение можно считать хорошим приближением к нормальному. По двадцатисемилетнему ряду наблюдений прямой радиации в Ташкенте были определены для годовых и некоторых месячных сумм критерии $\lambda$ и величины $P(\lambda)$; в результате установлено, что наблюденное распределение достаточно хорошо соответствует нормальному. Тем самым подтверждается правомерность наших выкладок по определению точности средних сумм радиации.

В качестве примера точности определения месячных и годовых сумм радиации приведем данные по пунктам Ташкенту, Павловску и Одессе.

Так, в табл. 2 указана точность в процентах определения средних значений месячных и годовых сумм радиации при надежности 0,9. Заметим, что для полной сравнимости по всем этим пунктам при определении статистических параметров были использованы десятилетние ряды наблюдений.

Таблица 2

**Точность определения средних значений месячных и годовых сумм радиации (%) по десятилетнему ряду наблюдений при надежности 0,9**

| Виды радиации | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Год |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ташкент** | | | | | | | | | | | | | |
| Прямая . . | 18 | 12 | 14 | 8 | 7 | 6 | 3 | 4 | 2 | 8 | 14 | 12 | 2 |
| Рассеянная | 12 | 13 | 8 | 6 | 7 | 8 | 8 | 7 | 11 | 8 | 12 | 14 | 4 |
| Суммарная | 6 | 9 | 10 | 6 | 5 | 4 | 2 | 3 | 2 | 4 | 9 | 8 | 2 |
| **Павловск** | | | | | | | | | | | | | |
| Прямая . . | 26 | 21 | 14 | 12 | 10 | 12 | 14 | 12 | 16 | 13 | 22 | 43 | 4 |
| Рассеянная | 13 | 12 | 11 | 9 | 3 | 5 | 7 | 7 | 7 | 9 | 13 | 15 | 3 |
| Суммарная | 12 | 12 | 11 | 7 | 5 | 5 | 7 | 8 | 8 | 6 | 17 | 15 | 2 |
| **Одесса** | | | | | | | | | | | | | |
| Прямая . . | 22 | 29 | 10 | 11 | 10 | 8 | 7 | 10 | 8 | 27 | 16 | 32 | 2 |

Не останавливаясь подробно на толковании данных, помещенных в этой таблице, ограничимся замечанием о том, что даже такой довольно продолжительный период наблюдений, как 10 лет, не обеспечивает большой точности для зимних месяцев, особенно для пунктов, расположенных в относительно высоких широтах.

Представляет интерес показать на примере, какая длительность наблюдений необходима для обеспечения некоторой заданной точности. Принимая за нижний предел точности, достаточной для климатологических расчетов, 10% при надежности 0,9, можно определить необходимую длительность наблюдений для этих условий. В табл. 3 приводятся данные о необходимой длительности наблюдений для тех же трех пунктов. Данные этой таблицы свидетельствуют о том, что заданная относительно низкая точность обеспечивается для годовых сумм радиации небольшим рядом наблюдений (3—4 года). Что же касается месячных сумм радиации, то необходимое число лет наблюдений колеблется в весьма широких пределах, составляя в зимний период иногда несколько десятков лет. Это необходимо учитывать в климатологических расчетах, в которых используются месячные суммы радиации. Если использовать короткие ряды наблюдения, порядка нескольких лет, то

результаты, которые для летних месяцев могут быть удовлетворительными, приведут в зимние месяцы к значительной ошибке. [1]

Таблица 3

**Число лет наблюдений, необходимое для определения средних месячных и годовых сумм радиации с точностью 10% при надежности 0,9**

| Вид радиации | I | II | IП | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Год |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Ташкент | | | | | | | |
| Прямая . . | 28 | 15 | 19 | 7 | 7 | 5 | 3 | 4 | 3 | 8 | 18 | 14 | 3 |
| Рассеянная | 15 | 15 | 8 | 6 | 7 | 7 | 8 | 6 | 13 | 8 | 14 | 18 | 4 |
| Суммарная | 5 | 9 | 10 | 6 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 9 | 7 | 3 |
| | | | | | | Павловск | | | | | | | |
| Прямая . . | 57 | 36 | 19 | 15 | 11 | 13 | 18 | 15 | 23 | 15 | 40 | — | 4 |
| Рассеянная | 16 | 15 | 13 | 8 | 3 | 5 | 7 | 6 | 6 | 9 | 15 | 20 | 3 |
| Суммарная | 15 | 13 | 12 | 7 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 5 | 26 | 21 | 3 |
| | | | | | | Одесса | | | | | | | |
| Прямая . . | 38 | 70 | 10 | 12 | 11 | 8 | 6 | 10 | 7 | 57 | 23 | 82 | 3 |

Все сказанное заставляет также сделать вывод о том, что при проверке пригодности той или иной эмпирической формулы, предложенной для определения месячных или годовых сумм радиации, необходимо использовать ряды наблюдений, длительность которых обеспечивает определение средних с необходимой точностью. Без выполнения этого требования предлагаемая формула не может быть применена без риска получить ошибочные результаты.

## *ЛИТЕРАТУРА*


1. Актинометрический справочник. Под ред. И. Н. Ярославцева. Вып. 1—3. Ташкент. 1953—1955 г.
2. Барашкова Е. П. Прямая радиация в Карадаге. Труды ГГО, вып 68. 1957.
3. Белецкий Ф. А. Вариации месячных сумм прямой солнечной радиации в Одессе. Метеорология и гидрология, № 1. 1947.
4. Горленко С. М. К вопросу об устойчивости реального солнечного кадастра. Бюллетень постоянной актинометрической комиссии, № 1 (24). 1933.
5. Гриневич Г. А. Опыт разработки элементов малого ветроэнергетического кадастра Средней Азии и Казахстана. АН УзССР. Ташкент. 1952.
6. Дунин-Барковский И. В. и Смирнов Н. В. Теория вероятностей и математическая статистика в технике. Гостехиздат. 1955.
7. Калитин Н. Н. Суммарная радиация в Павловске. Труды ГГО, вып. 19 (81) 1949.
8. Калитин Н. Н. Актинометрия. Гидрометеоиздат. Л. 1938.
9. Калитин Н. Н. Вариации месячных сумм тепла солнечной радиации. Метеорология и гидрология, № 1. 1946.
10. Романовский В. И. Математическая статистика. ГОНТИ. Л.—М. 1938.


[1] *От редактора.* По нашему мнению, при практическом использовании месячных сумм радиации нет необходимости всегда требовать одну и ту же точность для зимних и летних месяцев (как это указывает автор), а следует иметь в виду абсолютные величины месячных сумм. Так, зимой месячные суммы прямой радиации даже в южных широтах не превосходят 3—7 ккал/см$^2$. Поэтому точность определения средних значений месячных сумм даже 20—25% (см. табл. 2) составит всего лишь 0,6—1,7 ккал/см$^2$.

11. Романовский В. И. Применение математической статистики в опытном деле. Гостехиздат. 1947.
12. Янишевский Ю. Д. Вопросы методики измерения пиранометрами и рассеянная радиация в Павловске. Труды ГГО, вып. 26 (88). 1951.
13. Ярославцев И. Н. О колебаниях месячных и годовых сумм теплоты радиаций солнца, неба и земли. Труды ТГО, вып. 13. 1957.
14. Ярославцев И. Н. О колебаниях сумм теплоты от радиации солнца и неба и распределение энергии этих радиаций по времени для Ташкента. В книге „Использование солнечной энергии", сб. 1. АН СССР. Л.—М. 1957.

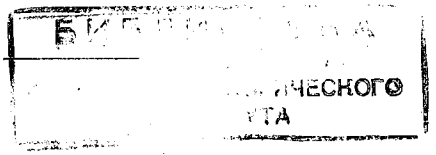
## РЕЗЮМЕ

В статье рассматриваются вопросы объективной оценки точности определения средних сумм радиации. Предлагается использование для этой цели известных приемов математической статистики при определении средней выборки из бесконечной генеральной совокупности с нормальным распределением изучаемого признака. Отмечается, что месячные и годовые суммы радиации следуют распределению, удовлетворительной апроксимацией которого является нормальное распределение. Рассчитана таблица точности определения сумм радиации в зависимости от стандарта и числа лет наблюдений. Приводятся примеры точности расчета средних сумм радиации по десятилетнему ряду наблюдений для Павловска, Ташкента и Одессы.

## СОДЕРЖАНИЕ


| | Стр. |
|---|---|
| Н. П. Русин. Радиационный баланс снежной поверхности Антарктиды . . . | 3 |
| Н. П. Русин. Горизонтальный перенос снега в Антарктиде . . . . . | 31 |
| С. А. Смирнов. Особенности формирования и некоторые характеристики снежного покрова в оазисе Бангера . . . . . | 38 |
| И. Д. Копанев. О температуре воздуха в Антарктиде . . . . . | 45 |
| И. Д. Копанев. Об измерении осадков в Антарктиде . . . . . | 48 |
| З. И. Пивоварова, Т. Т. Плешкова. Актинометрические наблюдения в СССР во время Международного геофизического года . . . . . | 52 |
| Н. Я. Каулин, М. С. Занина. К методике измерения снежного покрова . | 61 |
| И. А. Берлин. О некоторых особенностях распределения относительной влажности в горных районах . . . . . | 71 |
| Л. В. Дубровин. Графический метод критического контроля наблюдений за температурой почвы по глубинным термометрам . . . . . | 80 |
| З. И. Пивоварова. Характеристика радиационного режима при ясной погоде . . . . . | 84 |
| Б. В. Тарнижевский. О точности определения средних месячных и годовых сумм радиации . . . . . | 101 |





Редактор *Т. В. Ушакова* Техн. редактор *Н. В. Волков*

Корректоры: *Е. П. Баскакова* и *Н. И. Оршер*

Сдано в набор 20/V 1959 г. Подписано к печати 3/XI 1959.

Бумага 70 × 108¹/₁₆. Бум. л. 3,38. Печ. л. 9,25. Уч.-изд. л. 9,54.

Тираж 1200 экз. М-46328. Индекс МЛ-338.

Гидрометеорологическое издательство. Ленинград, В-53., 2-я линия, д. № 23.

Заказ № 271. Цена 6 руб. 70 коп.

Типография № 8 Управления полиграфической промышленности Ленсовнархоза
Ленинград, Прачечный пер., д. № 6.