

УДК 556.5

## РЕЗУЛЬТАТЫ АКТИНОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ В ДОЛИНЕ ЛЕДНИКА НЕКРАСОВА

© 2025 г. М. Р. Кузнецова<sup>а,\*</sup>, Г. В. Пряхина<sup>б,\*\*</sup>, В. А. Распутина<sup>б,\*\*\*</sup>, Д. С. Зырянова<sup>б,\*\*\*\*</sup>

<sup>а</sup>Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,  
Санкт-Петербург, Россия

<sup>б</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

\*E-mail: rotefliege@mail.ru

\*\*E-mail: g65@mail.ru

\*\*\*E-mail: lerasputina88@gmail.com

\*\*\*\*E-mail: levienche13@gmail.com

Поступила в редакцию 09.11.2023 г.

После доработки 11.12.2024 г.

Принята к публикации 10.03.2025 г.

В статье представлены результаты полевых актинометрических измерений, выполненных в июле 2023 г. в долине горного ледника Некрасова (Южно-Чуйский хребет, Алтай). Измерены величины суммарной поступающей и отраженной солнечной радиации; полевые работы выполнены в период с 14.07.2023 по 27.07.2023, использован пиранометр “Пеленг СФ-06”. Установлен выраженный суточный ход суммарной солнечной радиации, аппроксимиремый параболой; значительные изменения приходящей радиации в утренние (9 часов) и вечерние (18 часов) часы обусловлены затеняющим влиянием рельефа. Определены величины альbedo природных поверхностей долины ледника Некрасова: снежник в долине (0.39), сухая морена без мха (0.10) и со мхом (0.11), снег на леднике (0.44), снежник в краевой части ледника (0.25), влажный фирн (0.27), песок на влажном льду (0.09), ручей на леднике (0.11).

*Ключевые слова:* солнечная радиация, альbedo поверхностей, горные ледники, пиранометр, Алтай

DOI: 10.31857/S0869607125010012, EDN: LIZNAT

### ВВЕДЕНИЕ

При выполнении разного рода тепло-балансовых расчетов требуются данные актинометрических наблюдений. При расчетах таяния ледников методом теплового баланса необходимы значения величин поступления суммарной солнечной радиации и альbedo поверхностей различного типа. Существуют методики, позволяющие оценивать величины этих характеристик расчетным способом (например, [8; 14]), а в случае альbedo поверхностей — по спутниковым снимкам (например, [1]). Тем не менее подобные расчеты могут требовать оценки применимости для конкретного района (особенно если речь о региональных зависимостях) или верификации. Пригодные спутниковые снимки могут отсутствовать из-за плотной облачности или иметь неудовлетворительное для изучаемого объекта разрешение, а расчет поступления солнечного излучения к земной поверхности будет осложняться из-за необходимости учета состояния атмосферы в конкретное время и в конкретной географической точке. Все это обуславливает актуальность получения материалов фактических измерений: именно

они наиболее достоверно отражают реальные значения величин суммарной солнечной радиации и альbedo поверхностей различного типа. Так, для района Эльбруса силами сотрудников Института географии РАН и МГУ им. М.В. Ломоносова были получены суточный ход величины приходящей солнечной радиации, суточный ход альbedo поверхности ледника и суточный ход радиационного баланса [9; 10]. В работе [15] сравнивались результаты расчета составляющих теплового баланса по разным методикам с натурными данными для горного ледника Джанкуат (Кавказ). Также для ледника Джанкуат за период 2007–2015 гг. для сезона абляции получен осредненный суточный ход элементов теплового баланса [11]. В исследовании [13] представлен суточный ход приходящей солнечной радиации в течение сезона абляции для ледника французских Альп за отдельные годы. Однако в районе исследования (Алтай) в настоящее время практически отсутствуют данные актинометрических наблюдений. Целью настоящей работы является анализ результатов полевых актинометрических измерений, выполненных в долине ледника Некрасова (Южно-Чуйский хребет, Алтай) в июле 2023 г. Подобные работы в данном районе ранее не проводились.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы получены в ходе комплексной географической экспедиции Санкт-Петербургского государственного университета (СПбГУ) на Алтай в долину ледника Некрасова летом 2023 г. при участии авторов настоящей статьи. Ледник расположен на территории Южно-Чуйского хребта; относится к горным ледникам карового типа. Общая длина 1.5 км; ширина карового углубления порядка 1.4 км, ширина в нижней краевой части от 300 м и более; абсолютные высотные отметки 2960–3600 м.

Полевые актинометрические работы включали измерение величины поступающей к поверхности суммарной солнечной радиации и отраженной солнечной радиации от природных поверхностей различного типа в долине и на леднике. Первая точка измерений располагалась в центральной части долины вне ледника на высоте 2770 м над уровнем моря, а вторая — на леднике, на высоте 2975 м над уровнем моря (рис. 1).

Измерения суммарной приходящей радиации осуществляли в период с 14.07.2023 по 27.07.2023. В силу организационных причин при отсутствии возможности автоматической записи показаний прибора измерения проводились с различной дискретностью. Наиболее подробные измерения были выполнены 19.07.2023 в период с 9:30 до 19:40 и с интервалом 1 час. В другие дни — 14–15.07.2023, 18.07.2023, 22–25.07.2023, 27.07.2023 — выполнено по 3–5 измерений: интервал составил 2 часа, временной диапазон с 9 до 18 часов. В отдельных случаях (17.07.2023, 20–21.07.2023, 26.07.2023) выполняли 1–2 измерения в период максимальных значений — с 12 до 14 часов. Измерения отраженной солнечной радиации на внеледниковых поверхностях проводили 14–15.07.2023, а на леднике Некрасова — 17.07.2023 и 24.07.2023. Координаты точек измерений были зафиксированы инструментально с помощью приемника GPS; дополнительно на участках измерений были оставлены вешки-маркеры.

Использован пиранометр “Пеленг СФ-06” (Беларусь), данная модель используется и на сети Росгидромета [2]. Относительная погрешность измерения составляет  $\pm 10\%$ ; на момент выполнения работ прибор имел действующее свидетельство о поверке. При выполнении измерений поступающей радиации головка пиранометра размещалась горизонтально, на открытом незатененном пространстве, непосредственно на поверхности. При выполнении измерений отраженной радиации головка пиранометра удерживалась помощником наблюдателя горизонтально, направленной к исследуемой поверхности, на высоте 0.5 м от поверхности и на расстоянии вытянутой руки,

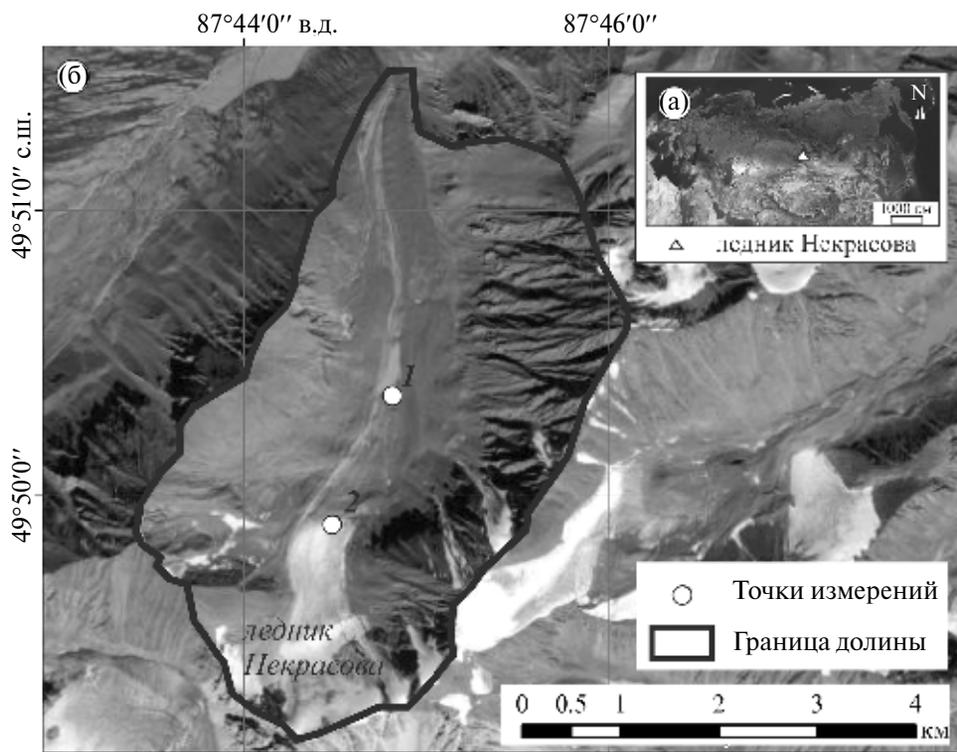


Рис. 1. Схема расположения точек актинометрических измерений.

Fig. 1. The scheme of the location of actinometric measurements points.

при этом помощник располагался с северной стороны, чтобы не затенять поверхность и саму головку прибора. Горизонтальность размещения контролировалась с помощью пузырькового строительного уровня. Измерения и предварительная обработка данных осуществлялись в соответствии с методическими рекомендациями для данного прибора: перед выполнением серии измерений в течение двух минут датчик выдерживался под закрытой крышкой, после чего записывали показания (место нуля,  $MO$ ); затем не менее двух минут — с открытой крышкой, после чего снимали показания величины солнечной радиации ( $Q_{изм}$ ). Каждый вид показаний снимали трижды, расчет величин солнечной радиации выполняли на основании средних арифметических значений ( $Q_{ср. изм}$ ,  $MO_{ср. изм}$ ), пересчет единиц измерений в  $Вт/м^2$  выполняли по формуле:

$$Q = \frac{Q_{ср. изм} - MO_{ср. изм}}{10.34} \times 1000. \quad (1)$$

Аналогичным образом определены величины отраженной радиации ( $R$ ). Величины альbedo ( $A$ ) рассчитаны как отношение отраженной солнечной радиации к суммарной:

$$A = \frac{R}{Q}. \quad (2)$$

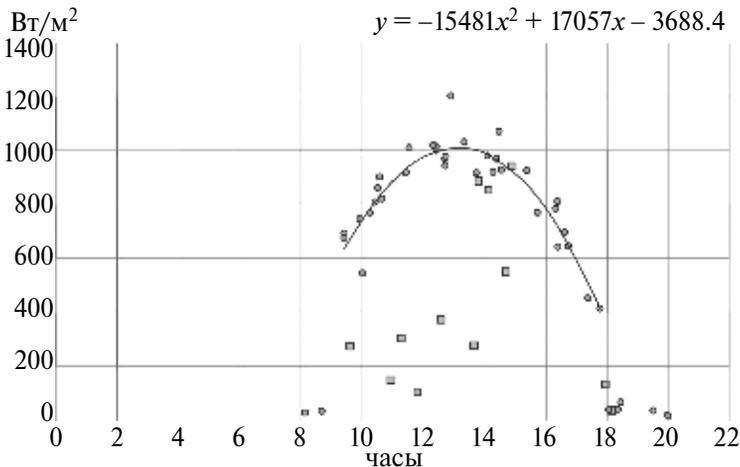
Для определения альbedo ледника также были использованы спутниковые снимки MODIS MOD10A1.006 Terra Snow Cover Daily Global500m [12].

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В июле в долине Некрасова световой день начинается в 4:30 утра, однако из-за экспозиции долины и крутых высоких бортов солнечные лучи попадают на поверхность западного борта (восточной экспозиции) начиная с 8:00 и полностью освещают долину с 9:00. Вечером освещенность начинает снижаться после 18:00, а полностью исчезает после 20:00; закат происходит после 22:30. При измерениях суммарной солнечной радиации пиранометр находился в центре долины (рис. 1), утром интенсивность поступления солнечной радиации при попадании солнечных лучей на датчик тут же возрастала с 30–35 до 600–700 Вт/м<sup>2</sup>, а вечером, когда солнце уходило за борт долины, резко снижалась с 400 до 70 Вт/м<sup>2</sup> и менее. Это обстоятельство, выявленное еще на этапе полевых работ, определило средний период выполнения измерений — с 9:00 до 18:00.

Величины суммарной солнечной радиации в долине ледника Некрасова имеют выраженный суточный ход (рис. 2), аппроксимируемый параболой. При аппроксимации использованы результаты измерений при ясном небе, в период с 9 до 18 часов (солнце находится над горизонтом). Максимальные значения зафиксированы в период с 12 до 14 часов и составляют порядка 1050–1100 Вт/м<sup>2</sup>, максимальное измеренное составило 1206 Вт/м<sup>2</sup> 21.07.2023 в 13:00 (исключено из рассмотрения при аппроксимации как очевидное завышенное). На графике квадратами отмечены измерения, при выполнении которых солнце было перекрыто облаками в той или иной степени; за некоторым исключением, они в несколько раз ниже, чем значения в те же часы при безоблачном небе. Рассчитанная с учетом аппроксимации средняя величина суммарной солнечной радиации за сутки при ясном небе составляет 26.6 МДж/м<sup>2</sup>.

Измерения отраженной от различных поверхностей радиации позволили оценить величины альbedo для различных типов природных поверхностей (рис. 3). В долине



**Рис. 2.** Суточный ход суммарной солнечной радиации. Точками показаны измерения при солнце, не закрытом облаками; квадратами — при наличии облачности.

**Fig. 2.** The diurnal variation of solar radiation. Measurements made when the sun was not covered by clouds are shown as dots; when the cloud cover — as squares.

ледника Некрасова наиболее распространенным типом является морена, на отдельных участках перекрытая мхом; также на территории представлены снежники (табл. 1). Внутрисуточные закономерности изменения альбедо не прослеживаются. Наибольшая средняя величина альбедо снежника — 0.39; альбедо сухой морены в 3.5 раза ниже.

Поверхность ледника Некрасова неоднородна, поэтому были выбраны несколько характерных типов: снег на льду, влажный фирн, песок, ручьи, снежник в краевой части ледника (рис. 2, табл. 2). Альбедо снега на леднике наиболее высокое — 0.44, альбедо снежника в краевой части ниже — 0.35. Отражающая способность влажного фирна еще ниже — 0.27, а у ручьев на ледниковой поверхности — 0.11. Величина альбедо песка на влажном льду сопоставима с альбедо сухой морены и составляет 0.09.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Выполненные полевые работы показали, что вследствие особенности конфигурации долины ледника Некрасова, ее затеняемости в утренние и вечерние часы, основное поступление солнечной радиации к поверхности в июле приходится на интервал времени с 9 до 18 часов, при этом суточный ход величин суммарной солнечной радиации аппроксимируется параболой. Суточная сумма суммарной солнечной радиации, определенная по этой параболе, составляет 26.6 МДж/м<sup>2</sup>, тогда как максимально возможная суточная сумма суммарной солнечной радиации в июле для 50° с.ш. составляет порядка 31 МДж/м<sup>2</sup> (Кондратьев, 1965).

Закрытость горизонта в точке измерений суммарной радиации (точка 1 согласно рис. 1) составляет от 9° до 32° (среднее 22°); для сравнения: на леднике в точке 2 закрытость ниже, от 5° до 31° (среднее 18°) (рис. 4). Закрытость горизонта в точках определяли с использованием программы ArcGIS и цифровой модели рельефа района.

Учитывая рассчитанное по полученным данным среднее суточное значение поступающей суммарной радиации, можно оценить величину поступающей радиации за месяц (июль) ( $Q_B$ ): при отсутствии облачности оно будет составлять порядка 825 МДж/м<sup>2</sup>. Чтобы можно было сопоставить результат с известными в литературе данными фактических наблюдений, необходимо учесть облачность. Общая



**Рис. 3.** Типы поверхностей на леднике Некрасова и в долине (фото сделано 17.07.2023). а — краевая часть ледника и склон долины; б — ледник Некрасова.

**Fig. 3.** Types of surfaces on the Nekrasov glacier and in the valley (photo made 17.07.2023). а — edge part of the glacier and the valley slope; б — the Nekrasov glacier.

**Таблица 1.** Альbedo внеледниковых поверхностей**Table 1.** The albedo of non-glacial surfaces

| Дата                | Время | Альbedo внеледниковых поверхностей |                |              |
|---------------------|-------|------------------------------------|----------------|--------------|
|                     |       | Снежник                            | Морена (сухая) | Морена и мох |
| 14.07.2023          | 10:45 | 0.36                               | 0.10           | 0.13         |
|                     | 12:48 | 0.38                               | 0.10           | 0.11         |
|                     | 14:40 | 0.41                               | 0.09           | 0.11         |
|                     | 16:45 | 0.42                               | 0.11           | 0.12         |
|                     | 18:36 | 0.40                               | 0.08           | 0.09         |
| 15.07.2023          | 10:20 | 0.35                               | 0.10           | 0.11         |
|                     | 12:48 | 0.40                               | 0.09           | 0.10         |
|                     | 14:50 | 0.34                               | 0.08           | 0.07         |
|                     | 18:06 | 0.49                               | 0.11           | 0.13         |
| Среднее             |       | 0.39                               | 0.10           | 0.11         |
| <i>max значение</i> |       | <i>0.49</i>                        | <i>0.11</i>    | <i>0.13</i>  |
| <i>min значение</i> |       | <i>0.34</i>                        | <i>0.08</i>    | <i>0.07</i>  |

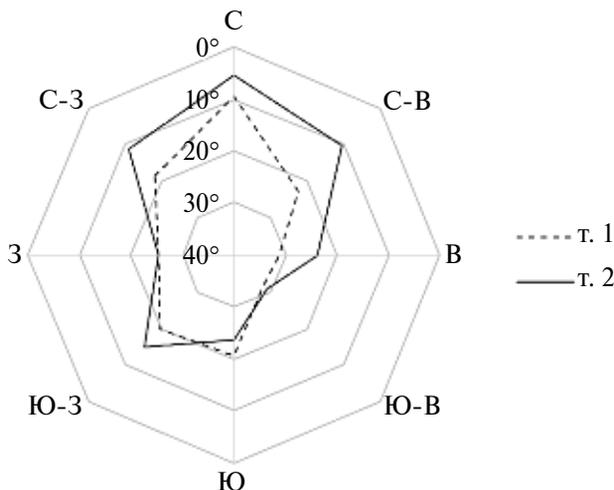
**Таблица 2.** Альbedo различных типов поверхностей ледника Некрасова**Table 2.** The albedo of different surface types of the Nekrasov glacier

| Дата       | Альbedo типов поверхностей на леднике Некрасова |              |                       |                  |         |
|------------|---|--------------|-----------------------|------------------|---------|
|            | Снег на леднике                                 | Влажный фирн | Песок на влажном льду | Ручей на леднике | Снежник |
| 17.07.2023 | 0.43  | 0.28         | 0.09                  | 0.11             | 0.35    |
| 24.07.2023 | 0.47  | 0.26         | 0.11                  | 0.11             | -       |
| Среднее    | 0.44  | 0.27         | 0.09                  | 0.11             | 0.35    |

облачность ( $n$ ) за период 11–31.07.2023 (экспедиционные измерения были начаты 11 июля) составляла 4.7 балла (или 0.49 в долях от единицы) — ее же приняли как среднюю за июль. Расчет выполнен по формуле [8]:

$$Q = Q_0 \times (1 - 0.38 \times (1 + n)) \times n. \quad (3)$$

Тогда оцененная величина месячной суммы суммарной радиации ( $Q$ ) за июль с учетом наличия облачности составляет 596 МДж/м<sup>2</sup>. Для сравнения: средняя месячная многолетняя величина суммарной солнечной радиации в Кош-Агаче в июле составляет 690 МДж/м<sup>2</sup> согласно [7]. В то же время, согласно исследованию (Севастьянов, 2020), месячная сумма суммарной радиации в Кош-Агач достигает 725 МДж/м<sup>2</sup>, а для Алтае-Саянской горной страны в целом варьирует от 570 до 750 МДж/м<sup>2</sup> в зависимости от конкретного пункта измерений. С учетом горизонтальных градиентов (Севастьянов, 2020) относительно станции Кош-Агач величина



**Рис. 4.** Закрытость горизонта в точках актинометрических измерений. Нумерация точек соответствует представленной на рис. 1.

**Fig. 4.** The sky view in actinometric measurements points. The points numbering corresponds to the one shown in Fig. 1.

суммарной солнечной радиации в долине Некрасова в июле будет составлять порядка  $742 \text{ МДж/м}^2$ .

Полученные величины альbedo природных поверхностей исследуемой территории варьируют от 0.44 (снег на леднике) до 0.09 (песок на влажном льду). С одной стороны, большая отражательная способность характерна для снежно-ледовых поверхностей, с другой стороны, альbedo сухих поверхностей выше, чем у аналогичных влажных (песок на влажном льду — 0.09, сухая морена — 0.11; снег на леднике — 0.44, влажный фирн — 0.27, ручей на леднике — фактически переувлажненный снег и фирн — 0.11). Различие в величине альbedo снега на леднике и снежников, вероятно, обусловлено следующим: снег на леднике практически не загрязнен, тогда как снежники — и в краевой части ледника, и в долине — покрыты сверху мелкой песчаной пылью, выносимыми с морены частицами. Указанные выводы в целом согласовываются с общеизвестными закономерностями и характерными величинами для типов ледниковых поверхностей [4; 5], хотя и имеются некоторые отличия (табл. 3); также несколько различаются формулировки названий самих типов. Рассчитанное альbedo снежников сопоставимо с представленным в литературе для тающего и загрязненного [5] и влажного [4] снега. Величина альbedo влажного фирна занижена: близка к нижнему значению диапазона по [5]; отметим, что в [4] величина альbedo фирна приводится не для влажного, а для случая слабозагрязненного фирна, что, вероятно, и объясняет такое различие в полученном результате. Альbedo загрязненного льда (песка на льду) в 2 раза ниже литературного значения [4]; это может быть связано с тем, что песок и сам лед на момент измерений, пришедшихся на период активной абляции, находились во влажном состоянии. Альbedo морены практически не отличается от табличных [5] значений. Случай ручья, сформировавшегося на поверхности ледника, в указанных публикациях не рассматривался.

Наибольшую площадь ледника Некрасова, согласно визуальным экспедиционным оценкам, занимали следующие типы поверхностей: влажный фирн, снег

на леднике и снежники; среднее альbedo этих поверхностей будет характеризовать альbedo ледника в целом. Вычисленное по материалам измерений, оно составило 0.35. На момент подготовки статьи спутниковые снимки MODIS за июль 2023 г. отсутствовали в доступе, однако, согласно снимкам за июль 2022 г., также охватывавший период абляции, величина альbedo ледника составляла 0.36. Иными словами, результаты оценок по материалам полевых работ и спутниковым снимкам не противоречат друг другу.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные в долине ледника Некрасова данные о величине альbedo природных поверхностей и суточном ходе суммарной солнечной радиации не противоречат данным актинометрических наблюдений, представленным в литературе. Величины альbedo, определенные для различных типов природных поверхностей (морена, загрязненный лед, фирн и др.), могут быть полезны при выполнении различных оценок или расчетов как собственно в долине ледника Некрасова, так и в других горных территориях Алтая — в силу большой распространенности указанных поверхностей для этого района. В то же время полученные результаты измерений суммарной солнечной радиации характеризуют ее фактические величины непосредственно в точке измерений в долине ледника Некрасова. Эти данные представляют интерес в том числе потому, что были получены здесь впервые. С одной стороны, они являются уникальными для конкретной точки выбранной долины, с другой стороны — являются некоторым вкладом в общий объем актинометрических измерений в горных областях, расширяя географию измерений в целом, а также дополняя представления о современных природных условиях Алтая.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 22-67-00020 “Изменения климата, ледников и ландшафтов Алтая в прошлом, настоящем и будущем как осно-

**Таблица 3.** Соответствие величин альbedo различных типов поверхностей: по данным полевых работ и по литературным данным

**Table 3.** Correspondence between albedo of different surface types: according to field data and to published data

| По данным полевых работ                  |         | Альbedo по литературным данным |      |       |
|--|---------|--------------------------------|------|-------|
| Тип поверхности                          | Альbedo | [5]                            | [4]  | [8]   |
| Снег на леднике                          | 0.44    | 0.30–0.65                      |      | -     |
| Снежник (в долине)                       | 0.39    |                                | 0.47 | -     |
| Снежник (у ледника)                      | 0.35    | 0.30–0.60                      |      | -     |
| Влажный фирн                             | 0.27    | 0.30–0.45                      | 0.47 | -     |
| Ручей на леднике                         | 0.11    | -                              | -    | -     |
| Морена и мох (сухие)                     | 0.11    |                                | -    | 13–14 |
| Морена (сухая)                           | 0.10    | 0.12–0.15                      | -    | -     |
| Песок на влажном льду (загрязненный лед) | 0.09    | -                              | 0.17 | -     |

ва модели адаптации населения внутриконтинентальных горных районов Евразии к климатообусловленным изменениям среды”. Авторы благодарят Банцева Д.В., Ганюшкина Д.А. и Свирипова С.С. за помощь в организации и выполнении экспедиционных работ.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Журавский Д. М., Прохорова У. В., Иванов Б. В., Янжура А. С., Куприков Н. М., Куратов М. В. Полевые испытания методики фотограмметрической оценки альбеда снежно-ледниковых поверхностей // Исследование Земли из космоса. 2019. № 4. С. 18–28. <https://doi.org/10.31857/S0205-96142019418-28>
2. Заключение о состоянии и работе метеорологической, актинометрической и теплобалансовой сетей Росгидромета в 2022 году // [voeikovmgo.ru](http://voeikovmgo.ru): [сайт] / Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова. СПб., [2022]. URL: [http://voeikovmgo.ru/images/stories/publications/2023/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BB%D1%8E%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5\\_2022.pdf](http://voeikovmgo.ru/images/stories/publications/2023/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BB%D1%8E%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_2022.pdf) (дата обращения: 05.11.2023).
3. Кондратьев К. Я. Актинометрия / Монография. Л.: Гидрометеоздат, 1965. 691 с.
4. Коновалов В. Г. Таяние и сток следников в бассейнах рек Средней Азии. Под ред. Сулова В. Ф. Л.: Гидрометеоздат, 1985. 238 с.
5. Красс М. С., Мерзликін В. Г. Радиационная теплофизика снега и льда. Монография. Л.: Гидрометеоздат, 1990. 261 с.
6. Севастьянов В. В. Радиационные факторы климатообразования Алтае-Саянской горной области в период современных изменений климата // Геосферные исследования. 2020. № 1. С. 102–115. <https://doi.org/10.17223/25421379/14/8>
7. Севастьянов В. В., Андрейчик М. Ф. Радиационный режим Алтае-Саянской горной страны // Вестник Тувинского государственного университета. Естественные и сельскохозяйственные науки. 2011. № 2, вып. 9. С. 116–121.
8. Сивков С. И. Методы расчета характеристик солнечной радиации. Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1968. 232 с.
9. Торопов П. А., Михаленко В. Н., Кутузов С. С., Морозова П. А., Шестакова А. А. Температурный и радиационный режим ледников на склонах Эльбруса в период абляции за последние 65 лет // Лед и снег. 2016. Т. 56, № 1. С. 5–19.
10. Торопов П. А., Шестакова А. А., Полохов А. А., Семенова А. А., Михаленко В. Н. Особенности летнего метеорологического режима Западного плато Эльбруса // Лед и снег. 2020. Т. 60, № 1. С. 58–76.
11. Торопов П. А., Шестакова А. А., Смирнов А. М., Поповнин В. В. Оценка компонентов теплового баланса ледника Джанкуат (Центральный Кавказ) в период абляции в 2007–2015 годах // Криосфера Земли. 2018. Т. 22, № 4. С. 42–54.
12. Google Earth Engine, данные спутниковых снимков MODIS MOD10A1.006 Terra Snow Cover Daily Global500m // [Earthengine.google.co](http://earthengine.google.co): [сайт]. URL: <https://earthengine.google.com/> (дата обращения: 28.09.2021).
13. Litt M., Sicart J.-E., Six D., Wagnon P., Helgason W. D. Surface-layer turbulence, energy balance and links to atmospheric circulations over a mountain glacier in the French Alps // The Cryosphere. 2017. Vol. 11. P. 971–987.
14. Rohrer M. B., Braun L. N. Long-Term Records of Snow Cover Water Equivalent in the Swiss Alps // Nordic Hydrology. 1994. № 25. P. 65–78.
15. Toropov P. A., Shestakova A. A., Smirnov A. M. Methodological aspects of heat balance components estimation on mountain glaciers // Russian Journal of Earth Sciences. 2017. Vol. 17, ES4002.

## Results of Actinometric Measurements in the Valley of the Nekrasov Glacier

M. R. Kuznetsova<sup>1, \*</sup>, G. V. Pryakhina<sup>2, \*\*</sup>, V. A. Rasputina<sup>2, \*\*\*</sup>, D. S. Zyryanova<sup>2, \*\*\*\*</sup>

<sup>1</sup>Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup>St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

\*E-mail: rotefliege@mail.ru

\*\*E-mail: g65@mail.ru

\*\*\*E-mail: lerasputina88@gmail.com

\*\*\*\*E-mail: levienche13@gmail.com

**Abstract.** Results of field actinometric measurements that were obtained in July 2023 in the valley of Nekrasov mountain glacier (the South Chujsky Range, Altai) are shown in the paper. Values of total incoming and of reflected solar radiation were measured; field works were carried out between 14.07.2023 and 27.07.2023, the pyranometer “Peleng SF-06” was used. Expressed daily cycle of the total solar radiation is found and approximated by a parabola; major variations of incoming radiation in the morning (9 a.m.) and in the evening (6 p.m.) are caused by shading of the relief. The albedo values of nature surfaces in the valley of Nekrasov glacier are determined: snowfield in the valley (0.39), dry moraine without moss (0.10) and with moss (0.11), snow cover on the glacier (0.44), snowfield in the edge part of glacier (0.25), wet firn (0.27), sand on wet ice (0.09), stream on the glacier (0.11).

*Keywords:* solar radiation, albedo of surfaces, mountain glaciers, pyranometer, Altai

## REFERENCES

1. Zhuravskij D. M., Proxorova U. V., Ivanov B. V., Yanzhura A. S., Kuprikov N. M., Kurapov M. V. Polevye ispytaniya metodiki fotogrammetricheskoy ocenki al'bedo snezhno-lednikovyx poverxnostej // Issledovanie Zemli iz kosmosa. 2019. № 4. S. 18–28. <https://doi.org/10.31857/S0205-96142019418-28>
2. Zaklyuchenie o sostoyanii i rabote meteorologicheskoy, aktinometricheskoy i teplobalansovoy setej Rosgidrometa v 2022 godu // voeikovmgo.ru: [online] / Glavnaya geofizicheskaya observatoriya im. A. I. Voejkova. SPb, [2022]. URL: [http://voeikovmgo.ru/images/stories/publications/2023/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BB%D1%8E%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5\\_2022.pdf](http://voeikovmgo.ru/images/stories/publications/2023/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BB%D1%8E%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_2022.pdf) (дата обращения: 05.11.2023).
3. Kondrat'ev K. Ya. Aktinometriya / Monografiya. L.: Gidrometeoizdat, 1965. 691 s.
4. Kononov V. G. Tayanie i stok s lednikov v bassejnax rek Srednej Azii. Pod red. Suslova V. F. L.: Gidrometeoizdat, 1985. 238 s.
5. Krass M. S., Merzlikin V. G. Radiacionnaya teplofizika snega i l'da. Monografiya. L.: Gidrometeoizdat, 1990. 261 s.
6. Sevast'yanov V. V., Andrejchik M. F. Radiacionnyj rezhim Altae-Sayanskoj gornoj strany // Vestnik Tuvinskogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennyye i sel'skoxozyajstvennyye nauki. 2011. № 2, vyp. 9. S. 116–121.
7. Sevast'yanov V. V. Radiacionnye faktory klimatoobrazovaniya Altae-Sayanskoj gornoj oblasti v period sovremennykh izmenenij klimata // Geosfernye issledovaniya. 2020. № 1. S. 102–115. <https://doi.org/10.17223/25421379/14/8>
8. Sivkov S. I. Metody rascheta karakteristik solnechnoj radiacii. L.: Gidrometeorologicheskoe izdatel'stvo, 1968. 232 s.

9. *Toropov P. A., Mixalenko V. N., Kutuzov S. S., Morozova P. A., Shestakova A. A.* Temperaturnyj i radiacionnyj rezhim lednikov na sklonax El'brusa v period ablyacii za poslednie 65 let // *Led i sneg*. 2016. T. 56, № 1. S. 5–19.

10. *Toropov P. A., Shestakova A. A., Polyuxov A. A., Semenova A. A., Mixalenko V. N.* Osobennosti letnego meteorologicheskogo rezhima Zapadnogo plato El'brusa // *Led i sneg*. 2020. T. 60, № 1. S. 58–76.

11. *Toropov P. A., Shestakova A. A., Smirnov A. M., Popovnin V. V.* Ocenka komponentov teplovogo balansa lednika Dzhankuat (Central'nyj Kavkaz) v period ablyacii v 2007–2015 godax // *Kriosfera Zemli*. 2018. T. 22, № 4. S. 42–54.

12. Google Earth Engine, satellite images data MODIS MOD10A1.006 Terra Snow Cover Daily Global500m // *Earthengine.google.co*: [online]. Available at: <https://earthengine.google.com/> (Accessed 28.09.2021).

13. *Litt M., Sicart J.-E., Six D., Wagnon P., Helgason W. D.* Surface-layer turbulence, energy balance and links to atmospheric circulations over a mountain glacier in the French Alps // *The Cryosphere*. 2017. Vol. 11. P. 971–987.

14. *Rohrer M. B., Braun L. N.* Long-Term Records of Snow Cover Water Equivalent in the Swiss Alps // *Nordic Hydrology*. 1994. № 25. P. 65–78.

15. *Toropov P. A., Shestakova A. A., Smirnov A. M.* Methodological aspects of heat balance components estimation on mountain glaciers // *Russian Journal of Earth Sciences*. 2017. Vol. 17, ES4002.