

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДИСТАНЦИОННОГО  
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

СПОСОБ ДИСТАНЦИОННОЙ ОЦЕНКИ АЛЬБЕДО ПРИ ПОМОЩИ  
ФОТОРЕГИСТРИРУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

© 2018 Д. М. Журавский<sup>1</sup>, Б. В. Иванов<sup>1,2\*</sup>, С. В. Кашин<sup>1</sup>, Н. М. Куприков<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГНЦ РФ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт»,  
Санкт-Петербург

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет

\*E-mail: b\_ivanov@aari.ru

Поступила в редакцию 26.02.2017 г.

Разработан и испытан способ определения альбеда поверхности с применением фоторегистрирующего устройства и актинометрического оборудования. Предлагаемый метод основан на использовании доступной измерительной техники, позволяющей корректно оценить альбеда, сократив временные затраты на сбор данных. При анализе собранных фотографических данных для расчета яркости снимаемой сцены учитываются исчисленные данные экспозиции, влияющие на экспозицию параметры объектива и фоторегистрирующего устройства, данные параметров съемки. Яркость нормируется для исключения влияния ошибки экспонетрии. Альбеда представляется как функция измеренной суммарной солнечной радиации и нормированной яркости. Рассматриваются теоретические основы предложенного метода, результаты испытания в полевых условиях. На основании полученных результатов делается вывод о возможности использования метода, его дальнейшем усовершенствовании и применении для сбора натуральных данных.

**Ключевые слова:** альбеда, дистанционные методы, солнечная радиация, экспонетрия, фотограмметрия

DOI: 10.7868/S0205961418010050

ВВЕДЕНИЕ

Альбеда поверхности ( $A$ ) – безразмерная величина, характеризующая ее диффузную отражательную способность. Это отношение интенсивности радиации, отраженной от горизонтальной поверхности ( $R$ ), к интенсивности суммарной радиации ( $Q$ ), на нее поступающей (Бедрицкий, 2008). На сегодняшний день, несмотря на важность учета  $A$  при вычислении энергетического баланса поверхности, измерения интегрального альбеда *in situ* выполняются рутинными методами и не могут быть использованы для оценки отражательных характеристик в разных точках больших полигонов. Это накладывает существенные ограничения на объемы получаемых данных и результаты моделирования. Расчеты  $A$  с помощью спутниковых данных обеспечивают информацией в среднем по площади альбеда, но при этом сильно зависят от сочетания благоприятных погодных условий и времени нахождения спутника над конкретным участком исследуемой поверхности. Съемка при помощи гиперспектральных камер требует существенных финансовых затрат, связанных с высокой стоимостью оборудования. В то же время их применение

в гидрометеорологии недостаточно развито. Многие современные предлагаемые методы и решения, например, такие, как программный продукт “Альбеда” Московского физико-технического института (МФТИ) (<http://geo.mipt.ru/albedo/>) для обработки гиперспектральных данных, несмотря на название, не призваны решать задачу определения альбеда поверхности.

Предлагаемый метод позволяет оперативно получить данные об альбеда преимущественно в диапазоне фотосинтетической активной радиации (ФАР, 400–700 нм) на больших площадях для уточнения и усовершенствования существующих термодинамических моделей снежно-ледяного покрова при помощи доступных технических средств.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДА

Современные фотоаппараты, независимо от сложности их конструкции и применяемых технологий, имеют ряд ключевых элементов: объектив, затвор, светочувствительную поверхность (матрицу). Одновременно с непрерывным усовершенствованием конструкций и возрастающей

точностью работы, происходят стандартизация и усовершенствование методов построения изображения и его правильного экспонирования. Международная организация по стандартизации (ISO) в 1998 г. выпустила стандарт для цифровой фотографии, устанавливающий зависимость между величиной сигналов матрицы и конкретными экспозиционными индексами. Это сыграло определенную роль в унификации и приведении моделей цифровых фотоаппаратов к единым принципам оценки экспозиции и светочувствительности, позволило избежать усложнения и путаницы в методологии и терминологии. В 2006 г. этот стандарт был усовершенствован и дополнен.

С учетом стандартизации процессов экспониметрии и приведения фотографии к единым стандартам, а также повышения точности фототехники и качества снимков возник вопрос о возможности применения современных фотоаппаратов как регистраторов не только событий, но и параметров снимаемых объектов как структурных, так и яркостных. Зачастую снимки являются единственными материалами, которые могут позволить оценить те или иные параметры снимаемой поверхности. Цифровая фотография может быть использована для определения альбедо поверхности, связывая между собой величину экспозиции и яркость снимаемого объекта с солнечной радиацией, приходящей на горизонтальную поверхность. Фотографическая техника позволяет оценить, исходя из данных о параметрах съемки и данных снимка, яркость снимаемой (исследуемой) поверхности.

В первую очередь предположение актуально для видимого диапазона и диапазона ФАР (*фотосинтетически активной радиации*). Это связано со спектральной чувствительностью кремниевых сенсоров (КМОП (CMOS)) современных потребительских камер, занимающей диапазон от 0.4 до 1.1 мкм с удаленными фильтрами, и от 0.4 до 0.7 мкм – с фильтрами. Однако основы метода должны быть справедливы и для устройств с расширенным диапазоном (камеры с ИК-каналом, мульти- и гиперспектральные устройства).

Под экспозицией в фотографии понимают количество актинического излучения (т.е. только воздействующего на чувствительный элемент), получаемого светочувствительным элементом (Канцеленбоген, 1981). Для видимого излучения экспозиция ( $H$ ) выражается как произведение освещенности ( $E$ ) на выдержку ( $t$ ) и измеряется в люкс-секундах

$$H = Et. \quad (1)$$

Выдержка регулируется затвором, а освещенность напрямую связана с характеристиками объектива и его

относительным отверстием. Относительное отверстие – это отношение диаметра входного зрачка объектива ( $D$ ) к его заднему фокусному расстоянию ( $f'$ ). Оно выражается отношением

$$\frac{D}{f'} = \frac{1}{N}, \quad (2)$$

где  $N$  – диафрагменное число (при числителе, приведенном к единице).

Величина освещенности  $E$ , помимо характеристик объектива, зависит от яркости снимаемого объекта (поверхности). Рассмотрение освещенности как величины, зависящей от яркости объекта  $L$  (кд/м<sup>2</sup>) и характеристик объектива  $q$  (безразмерный коэффициент), при определенных  $N$  и  $t$ , позволяет представить  $H$  в уравнении (1) в следующем виде:

$$H = \frac{qLt}{N^2}. \quad (3)$$

Коэффициент  $q$  можно вычислить через уравнение

$$q = \frac{\pi}{4}Tv(\theta)\cos^4\theta, \quad (4)$$

где  $T$  – коэффициент пропускания;  $v(\theta)$  – коэффициент виньетирования;  $\theta$  – угол относительно оптической оси объектива. Наиболее часто  $q = 0.65$ , при  $T = 0.9$ ,  $v = 0.98$ ,  $\theta = 10^\circ$ . Однако при известных параметрах объектива можно рассчитать величину этого коэффициента для любого конкретного случая с высокой точностью (ISO 12232:1998).

Одно из свойств цифровой фотографии – возможность получения, при одной и той же экспозиции, изображения разной степени яркости, – достигается при помощи изменения светочувствительности матрицы фотоаппарата, что выражается в изменении предварительного усиления электрических сигналов от нее и их преобразования в цветовое пространство “sRGB”, регламентируемое стандартом ISO 12232:2006. Зависимость между параметрами цветового пространства и сигналами от светочувствительной матрицы устанавливается производителями и называется экспозиционным индексом. Его значения выбираются таким образом, чтобы при равных параметрах съемки и получаемого цифрового и аналогового изображений соответствовать чувствительности пленки для получения такого же изображения. По этой причине экспозиционный индекс в цифровой фотографии называют “эквивалентной светочувствительностью ISO”.

Стандарт ISO 12232 устанавливает зависимость между величиной сигналов матрицы и конкретными экспозиционными индексами и предлагает производителям пять методик определения конкретных значений экспозиционного индекса:

1) методика “REI” (рекомендуемый экспозиционный индекс), – единственная методика, применимая к цветовым пространствам, иным, чем sRGB, разрешающая производителям самостоятельно решать, при каких значениях экспозиционного индекса изображение правильно экспонируется;

2) методика, основанная на соотношении сигнал/шум (применяется в любительской фототехнике);

3) методика точки насыщения – основывается на максимальной яркости снимка и подбирает экспозиционный индекс так, чтобы избежать переэкспонирования его участков;

4) методика стандартной выходной чувствительности (средний уровень яркости изображения принимается равным таковому при съемке серой карты с 18%-ной отражательной способностью при изменении экспозиции экспонетрической системой, откалиброванной согласно стандарта ISO 2721 без применения экспокоррекции).

В методиках 1 и 2 определение яркости объекта по параметрам съемки возможно только при накоплении выборки изображений поверхностей известной яркости с известными параметрами съемки и последующем расчете зависимостей между ними, поскольку эти данные сложно найти в открытом доступе. Последнее накладывает ограничения на выявление связи между экспозицией и эквивалентной светочувствительностью.

Методики 3 и 4 представляются наиболее перспективными для расчетов и опираются на регламентированные стандартом закономерности. Так, для методики по точке насыщения экспозиционный индекс (эквивалентная светочувствительность  $S$ ) определяется по формуле

$$S = \frac{78}{H_{sat}}, \quad (5)$$

где  $H_{sat}$  – максимальная экспозиция, не приводящая к переэкспонированию.

Для методики 4 выходная чувствительность, эквивалентная светочувствительность  $S$ , определяется по формуле:

$$S = \frac{10}{H_{sos}}, \quad (6)$$

где  $H_{sos}$  это экспозиция, равная 118 в 8-битном изображении в цветовом пространстве sRGB, соответствующем отображению серой карты при гамма-коррекции 2.2. Эти методики очень близки, и, переход от одной к другой, не составит большого труда. Более подробно методики и причины установления коэффициентов 10 и 78 в числителях

уравнений описываются в самом стандарте (ISO 12232:2006).

Согласно уравнению (5), (6), и зная светочувствительность, на которой был сделан снимок, можно вычислить  $H$ :

$$H = \frac{G}{S}. \quad (7)$$

Учитывая уравнение (3), можно получить следующее выражение:

$$\frac{G}{S} = \frac{qLt}{N^2}. \quad (8)$$

Из него следует, что яркость объекта съемки  $L$  (в кд/м<sup>2</sup>) равна

$$L = \frac{GN^2}{qtS}, \quad (9)$$

где  $G$  – коэффициент уравнения, равный 10 для методики 4 или 78 – для методики 3, или имеет иное значение для других методик, выбранных производителем фототехники.

Определение яркости объекта исходя из параметров съемки – этап, связывающей параметры съемки и альbedo. Однако съемка занимает определенное время, на протяжении которого могут меняться многие параметры, влияющие на освещенность, – например, прозрачность атмосферы, угол возвышения солнца над горизонтом и т.д. Измеренные величины суммарной радиации ( $Q$ ) позволяют учесть изменения в освещенности и получить корректные данные для вычислений альbedo в различных условиях по предварительно составленному уравнению. Измерение  $Q$  осуществляется при помощи стандартного оборудования – термоэлектрических пиранометров различных производителей. Помимо переменного фактора (временная изменчивость приходящей радиации), существует погрешность, вызванная несистематической ошибкой экспонетрии. В действительности, если посмотреть на снимки поверхностей, можно увидеть, что они близки по яркости, но не абсолютно идентичны. Для исключения погрешности при расчете нормированной яркости необходимо вычислить яркость каждого снимка. Таким образом можно представить альbedo как функцию суммарной радиации  $Q$  и нормированной яркости  $L'$

$$A' = f(Q, L'), \quad (10)$$

где величина  $Q$  известна из измерений, а для расчета величины  $L'$  необходимо иметь ряд дополнительных вычислений.

“Нейтральный серый” в RGB-пространстве соответствует яркости, равной 128. Относительно этой величины, обозначаемой  $l_{128}$  и рассчитывается

коэффициент нормирования за ошибку экспонометрии ( $K_{\text{эсп}}$ )

$$K_{\text{эсп}} \frac{l_n}{l_{128}}, \quad (11)$$

где  $l_n$  яркость снимка в пространстве RGB.

Тогда величина  $L'$  нормированной яркости вычисляется простым уравнением

$$L' = L K_{\text{эсп}}. \quad (12)$$

После получения для каждого наблюдения численных значений  $L'$  и  $Q$  значения альbedo получаются из решения следующего уравнения множественной регрессии:

$$A' = \alpha L' + \beta Q + \gamma, \quad (13)$$

где  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – эмпирические коэффициенты, рассчитанные для выбранного оборудования и условий съемки.

Уточнение коэффициентов уравнения для конкретного оборудования производится, если выбранное оборудование на подготовительном этапе использовалось для съемки эталонных поверхностей с известной величиной  $A$ .

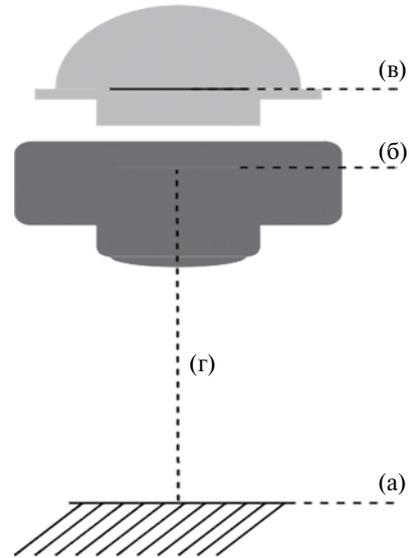
Раскрытие формулы (13) имеет вид

$$\begin{aligned} A' &= \alpha \frac{GN^2}{q tS} \frac{l_n}{l_{128}} \beta Q + \gamma = \\ &= \alpha \frac{GN^2}{\frac{\pi}{4} T v(\theta) \cos^4 \theta tS} \frac{l_n}{l_{128}} \beta Q + \gamma. \end{aligned} \quad (14)$$

## МЕТОДИКА РАСЧЕТОВ

Для расчета коэффициентов  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  с помощью уравнения (14) отобраным оборудованием в определенных условиях и на выбранных режимах осуществляется сбор данных на эталонных поверхностях (значения альbedo которых известно или предварительно рассчитано стандартным методом). Съемка эталонных поверхностей и сбор данных выполняются фоторегистрирующим устройством и актинометрическим прибором. Для достижения наилучших результатов необходимо осуществить съемку эталонных поверхностей на режимах и расстояниях, предполагаемых на этапе массового сбора данных. Рисунок 1 иллюстрирует техническое решение на примере фотоаппарата и пиранометра.

Точность метода обеспечивается максимальной одновременной регистрацией параметров от фото- и актинометрического оборудования при съемке плоских горизонтальных поверхностей



**Рис. 1.** Принципиальная схема технического решения для сбора данных: (а) – поверхность; (б) – плоскость чувствительного элемента фотоаппарата; (в) – плоскость чувствительного элемента пиранометра; (г) – оптическая ось объектива.

с соблюдением взаимной параллельности плоскостей (а), (б), (в). Применительно к сбору натуральных данных при помощи пиранометра и фотоаппарата это означает горизонтальность чувствительной площадки пиранометра, светочувствительной матрицы фотоаппарата и снимаемой подстилающей поверхности. После сбора фотоматериалов и данных о суммарной радиации при помощи (14) выполняется расчет величин  $A'$  для исследуемых поверхностей.

## НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Проверка предложенного метода для оценки альbedo была осуществлена в марте 2015 г. на ледяном покрове Онежского озера. Цель испытаний – расчет альbedo поверхности льда ( $A'$ ) предлагаемым новым способом с учетом произвольного набора технических средств, сравнение с величинами альbedo ( $A$ ), полученными стандартным методом (Гущин, Барашкова, 1973) для проверки точности предложенного решения.

Все работы осуществлялись в дневное время в условиях ясного неба (отсутствие облачности). Поверхность льда – ровная, гладкая, местами заснеженная (см. рис. 2).

В качестве оборудования были намеренно выбраны простейшие технические средства, для которых известны не все параметры (например, коэффициенты  $G$  и  $q$ ), – чтобы продемонстрировать гибкость метода и возможность получения

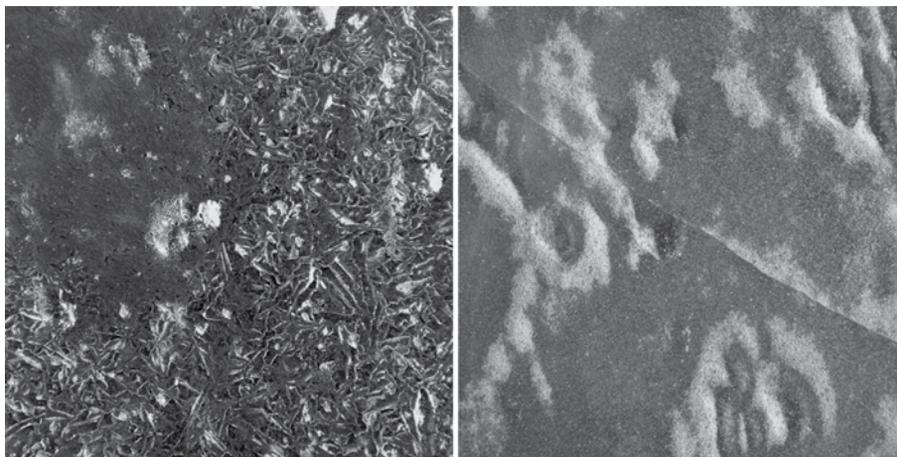


Рис. 2. Примеры состояния поверхности льда Онежского озера во время осуществления измерений (эквивалентное фокусное расстояние ЭФР = 31.21 мм, дистанция съемки ~1.6 м).

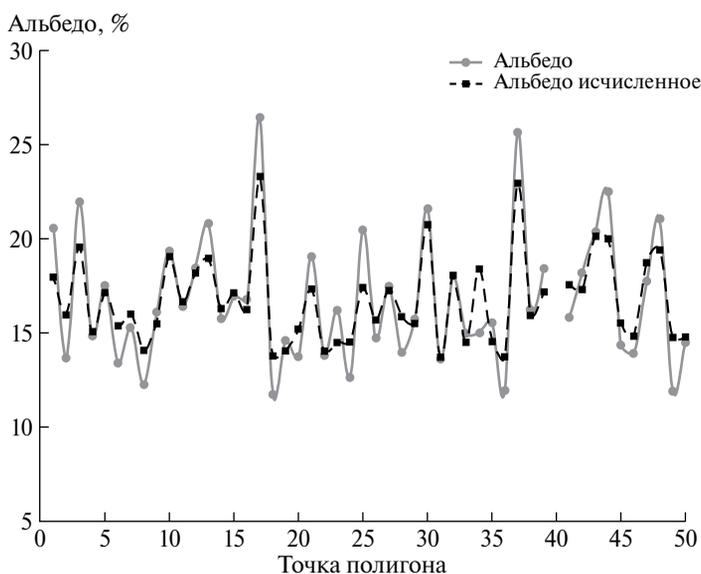


Рис. 3. Изменчивость величин альbedo, полученных двумя методами.

качественных данных при использовании “простейшего” оборудования. Были отобраны пиранометр Янишевского М-80 и широко распространенная модель телефона iPhone-5с (в качестве фоторегистрирующего устройства). При этом выбирались поверхности разного вида: заснеженные, без снежного покрова, трещиноватые, гладкие и т.д. Общее количество точек, на которых были осуществлены сравнительные измерения, равняется 49. Съемка поверхности льда на камеру осуществлялась с высоты 1.6 м. Пиранометр располагался на этой же высоте. На основании измеренных величин  $Q$  и  $R$  (стандартный метод) рассчитаны значения  $A$ . Сделаны следующие допущения: коэффициент  $G$  был принят равным 10, поскольку производитель оборудования не разглашает информацию

о выбранном методе определения экспозиционного индекса, а  $q$  – равным 0.65. Диафрагменное число  $N$ , выдержка  $t$ , эквивалентная светочувствительность  $S$  известны и были получены из метаданных снимков. В графическом редакторе были получены значения средней яркости снимков в пространстве RGB ( $I_n$ ), что позволило вычислить величину нормированной яркости  $L'$ .

На основании полученных данных о  $Q$ ,  $L'$  и полученных для контрольных точек величин  $A$  рассчитали значения коэффициентов в уравнении множественной регрессии (13) – в нашем случае они составили:  $\alpha = 0.0025$ ;  $\beta = -0.0304$ ;  $\gamma = 29.5917$ , а уравнение регрессии приобрело следующий вид:

$$A' = 0.0025L' - 0.0304Q + 29.5917. \quad (15)$$

С помощью полученного уравнения (15) на основании данных измерения  $Q$  и фотоснимков было рассчитано альbedo на всех точках полигона.

На рис. 3 представлены результаты сравнения величин альbedo, полученных стандартным и предложенным нами методом.

Коэффициент корреляции между рядами величин альbedo, полученных стандартным и оригинальными методами, составляет 0.92. С использованием нового метода в течение очень короткого интервала времени (менее часа) были получены оценки альbedo для значительной площади. Применение стандартного метода потребовало бы гораздо больше времени, что при естественных изменениях освещенности (высота Солнца, характер облачности, атмосферные явления) неизбежно скажется на точности полученных результатов.

#### ВЫВОДЫ О ПРИМЕНИМОСТИ МЕТОДА, РЕКОМЕНДАЦИИ, ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

Полученные результаты позволяют сделать вывод о высоком потенциале предлагаемого нами технического решения, которое заключается не только в возможности его применения для измерения альbedo, но и проектирования специальных альбедометрических комплексов на основе предложенных принципов. Указанный метод обеспечивает возможность быстрого и качественного сбора данных на больших площадях.

Сопоставляя предложенное нами решение со стандартным приемом определения альbedo, необходимо напомнить, что использование походного альбедометра (головка пиранометра в кардановом подвесе) имеет ряд существенных недостатков, связанных с:

- инерционностью пиранометра (около 30–45 с), что предполагает определенную продолжительность индивидуального измерения (приходящей и отраженной радиаций);
- погрешностью, обусловленной разницей условий освещенности во время регистрации показаний приходящей и отраженной радиаций (изменяемость характеристик облачности);
- необходимостью постоянного контроля расстояния от поверхности до прибора.

Наш метод позволяет осуществлять регистрацию нужных данных ( $Q$ ,  $L'$ ) простыми средствами измерений и в режиме, близком к непрерывному. Это обеспечивает получение за короткие промежутки времени значительных объемов данных (по количеству и площади) о состоянии

подстилающей поверхности. Вследствие непрерывного измерения пиранометром суммарной солнечной радиации в одной точке и его неизменного положения (приемной пластиной вверх) влияние инерционности прибора сводится к минимуму, что существенно сокращает время каждого измерения и повышает точность рассчитываемых величин альbedo.

Преимущества предложенного технического решения заключаются в следующем:

- в возможности выбора оборудования с необходимыми характеристиками (тип пиранометра, камеры, объектива), от которых зависят площадь съемки и выбор технических носителей (БПЛА, научные суда, измерения *in situ*);
- в почти непрерывной регистрации альbedo по мгновенным измерениям в выбранных точках;
- в экономичности, поскольку для большинства задач предложенный метод предоставляет существенное удешевление получения данных в сравнении с возможным применением промышленных фотометров и проекционных яркомеров;
- в возможности непрерывного уточнения результатов съемки, так как эмпирические коэффициенты для каждого комплекта оборудования по мере накопления данных обычных измерений и измерений выбранным методом могут уточняться и пересчитываться, повышая точность всех собранных этим оборудованием данных;
- в использовании камер с различными спектральными диапазонами (метод предполагает возможность применения более сложных технических решений, например, гиперспектральных камер, в том числе в совокупности с мультиспектральными радиометрами).

Разумеется, существует и ряд проблем и ограничений, которые необходимо учитывать при использовании метода. Основной проблемой при выборе “потребительской электроники” в качестве измерительного прибора является ограниченность спектрального диапазона. Как уже упоминалось выше, спектральная чувствительность кремния, наиболее часто применяемого в современных КМОП-матрицах, находится между 0.4 и 1.1 мкм. В настоящий момент это означает эффективность предложенного решения, прежде всего в ФАР-диапазоне (0.4–0.7 мкм), и при определении альbedo поверхностей и материалов, имеющих равномерное спектральное распределение отражательной способности. В случае со льдом и снегом спектральное распределение альbedo достаточно равномерно до длины волны 1 мкм, что охватывает максимум мощности солнечного излучения и позволяет достичь репрезентативных результатов.

Также существуют необходимость контрольных измерений для вычисления эмпирических коэффициентов в случае изменения условий сбора данных и учет особенностей технического несовершенства используемого оборудования. К последним можно отнести алгоритмы экспонетрии фоторегистрирующего устройства, погрешность механических приводов диафрагмы объективов некоторых систем, разницу между указанными производителем и реальными значениями чувствительности ISO (<https://www.dxomark.com>) и др.

Наиболее корректные результаты можно получить на относительно плоских поверхностях с минимальным уклоном, — таких, как ровный морской, озерный и речной лед, поверхность ледника, тундры, невзволнованная поверхность моря. Влияние шероховатости поверхности и наклонов поверхности требует дальнейшего детального изучения.

Работа выполнена в рамках плановой тематики ЦНТП Росгидромета (раздел 1.5.3.7), при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-00471 “Термодинамика торосов — новый взгляд на теплообмен между атмосферой и ледяным покровом в Арктике. Натурные эксперименты, моделирование” и российско-швейцарского проекта “Зимний режим крупнейших Европейских озер. Синхронизация физических и биологических процессов” (2015–2016).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Ильинский И.* Зонная система экспонирования // “Фотомагазин”. 1998. № 1–2. С. 94–98.

*Канцеленбоген Э.Д.* Фотокинетика: Энциклопедия / Гл. ред. Е.А. Иофис. М.: Сов. энциклопедия, 1981.

МФТИ: Альbedo — программное обеспечение для обработки гиперспектральных данных <http://geo.mipt.ru/albedo/>

Российский Гидрометеорологический энциклопедический словарь / Под ред. А.И. Бедрицкого. СПб.: Летний сад, 2008.

Руководство гидрометеорологическим станциям по актинометрическим наблюдениям / Под. ред. Г.П. Гущина, Е.П. Барашковой. Л.: Гидрометеоиздат, 1973.

<http://www.dxomark.com/Cameras/Nikon/D610—Measurements>

ISO 12232:1998 Photography — Electronic still-picture cameras — Determination of ISO speed: [http://www.iso.org/iso/ru/home/store/catalogue\\_ics/catalogue\\_detail\\_ics.htm?csnumber=21020](http://www.iso.org/iso/ru/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=21020)

ISO 12232:2006 Photography — Digital still cameras — Determination of exposure index, ISO speed ratings, standard output sensitivity, and recommended exposure index: [http://www.iso.org/iso/ru/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=37777](http://www.iso.org/iso/ru/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=37777)

## The Method of Albedo Remote Measuring Using Photorecording Equipment

**D. M. Zhuravski<sup>1</sup>, B. V. Ivanov<sup>1,2\*</sup>, S. V. Kaschin<sup>1</sup>, N. M. Kuprikov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> State Science Center “Arctic and Antarctic Research Institute”, Saint-Petersburg

<sup>2</sup> Saint-Petersburg State University

\*E-mail: [b\\_ivanov@aari.ru](mailto:b_ivanov@aari.ru)

The method for determining the surface albedo with photorecording devices and solar radiation equipment is designed and tested. The proposed method is based on the utilization of the available measurement technique, which allows estimating correctly the albedo, reducing the time spent on data collection. In the analysis of the collected photographic data to calculate the brightness of the scene takes into account the data calculated exposure affecting the exposure of the lens parameters and photorecording devices, data capture options. The brightness is normalized to exclude the impact of exposure metering errors. Albedo is represented as a function of the measured total solar radiation and the normalized luminance. The theoretical foundations of the proposed method, the results of field trials, concludes that the possibility of using the method, its further improvement and use to collect field data on the basis of the results obtained.

**Keywords:** albedo, remote sensing, solar radiation, the exposure meter, photogrammetry

## REFERENCES

<http://www.dxomark.com/Cameras/Nikon/D610—Measurements>

*Ilnskiy I.* Zonnaya sistema eksponirovaniya [Zonal system of exposure] // “Fotomagazin”. 1998. № 1–2. P. 94–98. (In Russian).

ISO 12232:1998 Photography-Electronic still-picture cameras-Determination of ISO speed: [http://www.iso.org/iso/ru/home/store/catalogue\\_ics/catalogue\\_detail\\_ics.htm?csnumber=21020](http://www.iso.org/iso/ru/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=21020)

ISO 12232:2006 Photography — Digital still cameras — Determination of exposure index, ISO speed ratings, standard output sensitivity, and recommended exposure index: [http://www.iso.org/iso/ru/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=37777](http://www.iso.org/iso/ru/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=37777)

[www.iso.org/iso/ru/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=37777](http://www.iso.org/iso/ru/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=37777)

*Kantselenbogen E.D.* Fotokinotekhnika: Entsiklopediya [Photokinetics: Encyclopedia] / Gl. red. Ye.A. Iofis. M.: Sovetskaya entsiklopediya, 1981. (In Russian).

MFTI: Al'bedo – programmnoe obespechenie dlya obrabotki giperspektral'nykh dannykh [MFTI: Albedo – software for processing hyperspectral data] <http://geo.mipt.ru/albedo/> (In Russian).

Rossiyskiy Gidrometeorologicheskiy entsiklopedicheskiy slovar' [Russian Hydrometeorological encyclopaedic dictionary] / Pod red. A.I. Bedritskogo. SPb.: Letniy sad, 2008. (In Russian).

Rukovodstvo gidrometeorologicheskim stantsiyam po aktinometricheskim nablyudeniym [A guide to hydrometeorological stations on actinometric observations] / Pod. red. G.P. Gushchina, Ye.P. Barashkovoy. L.: Gidrometeoizdat, 1973. (In Russian).