

высотой в 30 км над поверхностью Земли. ВГА – это мониторинг альбедо на верхней границе атмосферы с помощью спутниковых измерений, что позволяет выявлять изменения альбедо в различных климатических зонах планеты. УДК 551.5:528.8(15)

## ГЕОГРАФИЯ

# О ВОЗМОЖНОСТИ МОНИТОРИНГА КРУПНОМАСШТАБНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ ПО СПУТНИКОВЫМ ИЗМЕРЕНИЯМ АЛЬБЕДО

Ю.А. Скляров, Ю.И. Бричков\*, А.И. Котума, Н.В. Семенова

Саратовский государственный университет,  
кафедра метеорологии и климатологии

E-mail: sklyarov@sgu.ssu.runnet.ru, kafmeteo@sgu.ru

\*Саратовский государственный университет,  
НИИ механики и физики

Крупнейшие климатические аномалии в центральной зоне Тихого океана Эль-Ниньо (теплый период) и Ла-Ниньо (холодный период) вызывают соответствующие изменения альбедо на верхней границе атмосферы. Во время пика Эль-Ниньо измерения со спутников показывают высокие (более 40%) значения альбедо, во время развития Ла-Ниньо – низкие (10–15%). Приводятся подробности развития соответствующих процессов в Тихом океане, глобальные карты распределений альбедо по спутниковым измерениям. Обосновывается вывод о возможности мониторинга различных климатических аномалий по спутниковым измерениям альбедо.

**About possibility of monitoring of the large scale climatic anomalies by satellite albedo measurements**

**Yu.A. Sklyarov, Yu.I. Brichkov, A.I. Kotuma, N.V. Semenova**

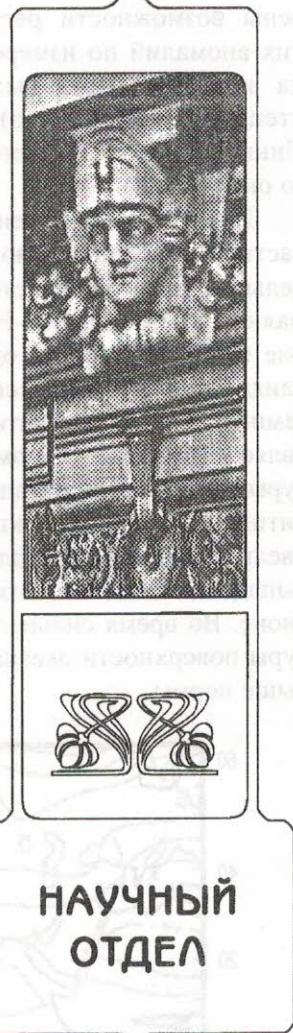
The greatest climatic anomalies in the central zone of the Pacific El-Nino (warm episode) and La-Nino (cold episode) cause corresponding change of albedo on the top of atmosphere. On the time of peak of El-Nino the satellite measurements of albedo shows high (more than 40%) values, and on the time when La-Nino develops albedo is low (10–15%). The details of development of corresponding processes in the Pacific and maps of global distribution of albedo on the base of satellite measurements are given. The conclusion of possibility to monitor of different climatic anomalies by satellite observations of albedo is made.

Для организации долговременного мониторинга крупномасштабных климатических аномалий можно использовать спутниковые измерения альбедо у верхней границы атмосферы (ВГА). За ВГА условно принимается поверхность высотой 30 км над поверхностью Земли. Для этих целей наиболее подходят широкоугольные и среднеугольные радиометры [1]. Они не имеют движущихся деталей (как у сканеров) и работают по 15 и более лет. С точки зрения разрешающей способности предпочтительнее среднеугольные радиометры. Если у широкоугольных радиометров (надирный угол от центра до края поля зрения ( $\Pi_3$ )  $\approx 60^\circ$ ) разрешение на ВГА составляет  $10\text{--}15^\circ$  дуги большого круга, то у среднеугольных  $\approx 5^\circ$ .

За последние 10 лет созданная в Саратовском государственном университете аппаратура – измеритель солнечной постоянной второго поколения (ИСП-2) и входящий в ее состав радиометр ИКОР (измеритель коротковолновой отраженной радиации) – работала на двух российских ИСЗ «Метеор-3» №7 и «Ресурс-01» №4 в рамках совместных российско-французских экспериментов. Теория и оценки применительно к радиометру ИКОР приведены в [2], там же содержится анализ условий наблюдений. Разрешающая способность радиометра ИКОР адекватна выбранной глобальной сетке с ячейками  $5^\circ \times 5^\circ$  дуги большого круга для обработки наблюдений с ИСЗ. Нами были разработаны методы обработки спутниковых измерений уходящей коротковолновой радиации с получе-

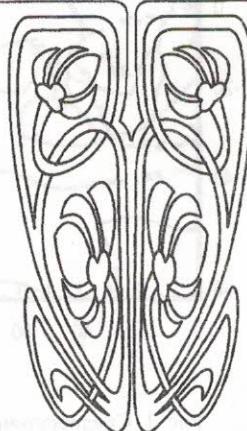
нием оценки альбедо верхней границы атмосферы. В работе показано, что мониторинг альбедо на высоте 30 км над поверхностью Земли может быть организован с помощью спутникового измерения альбедо. В результате получены карты распределения альбедо в Тихом океане, что позволяет выявлять изменения альбедо в различных климатических зонах планеты.

Мониторинг альбедо на высоте 30 км над поверхностью Земли может быть организован с помощью спутникового измерения альбедо.



826

НАУЧНЫЙ  
ОТДЕЛ





нием мгновенных величин альбено, построением широтных распределений альбено вдоль витков, построением карт глобального распределения альбено на указанной сетке, построением изолиний распределения альбено (итоги в [3, 4], там же и соответствующая литература).

Учитывая, что модернизированная аппаратура ИКОР включена в состав гелиофеофизического аппаратурного комплекса для работы на перспективном ИСЗ «Метеор-М», рассмотрены возможности регистрации климатических аномалий по измерениям альбено на ВГА на примере известных крупномасштабных «теплых» (Эль-Ниньо) и «холодных» (Ла-Ниньо) эпизодов в экваториальной части Тихого океана (ТО).

Известно, что в центральной и восточной частях экваториальной зоны Тихого океана в отдельные годы развивается климатическая аномалия, называемая Эль-Ниньо – Южное колебание (ЭНЮК), которая оказывает значительное влияние на климатические условия над всем земным шаром. Климатическая аномалия проявляется в значительном повышении температуры поверхности океана, что приводит к развитию мощной конвекции и, следовательно, увеличению общего количества облачности и выпадению интенсивных осадков в данном регионе. Во время сильного Эль-Ниньо температуры поверхности океана могут быть на 2–4°C выше нормы.

За рубежом выполнены работы, в которых говорится о возможности регистрации ЭНЮК по данным различных компонентов радиационного баланса. По данным измерений широколучальным радиометром с ИСЗ «Nimbus-7» в период 1982–1983 гг., во время пика эпизода Эль-Ниньо отмечались аномально высокие значения альбено (42,5%) в центральной зоне ТО, окруженные существенно более низкими значениями 15–20% (рис. 1) [5]. Аналогичная картина наблюдалась в эпизоде Эль-Ниньо в 1986–1987 гг. (рис. 2) [6]. Это полностью отражает природу явления (развитие мощной кучевой облачности при аномально высокой температуре поверхности океана, до 30°C, что и дает высокие значения альбено). Распределение альбено до пика данного события показано на рис. 3 [6]. Видно, что величины альбено вдоль экватора в Тихом океане распределены приблизительно равномерно.

Во время холодных эпизодов должна наблюдаться обратная картина. Аномально холодная поверхность океана (до 20–22°C) способствует подавлению облачности и осадков в центре Тихого океана, т.е. появлению сцены «оcean, ясно» с альбено 8–10%. В то же время высокие температуры поверхности наблюдаются в западной части Тихого океана (Индонезия, северная Австралия). Здесь развивается конвективный процесс, образующий кучевую облачность с существенно более высокими значениями альбено.

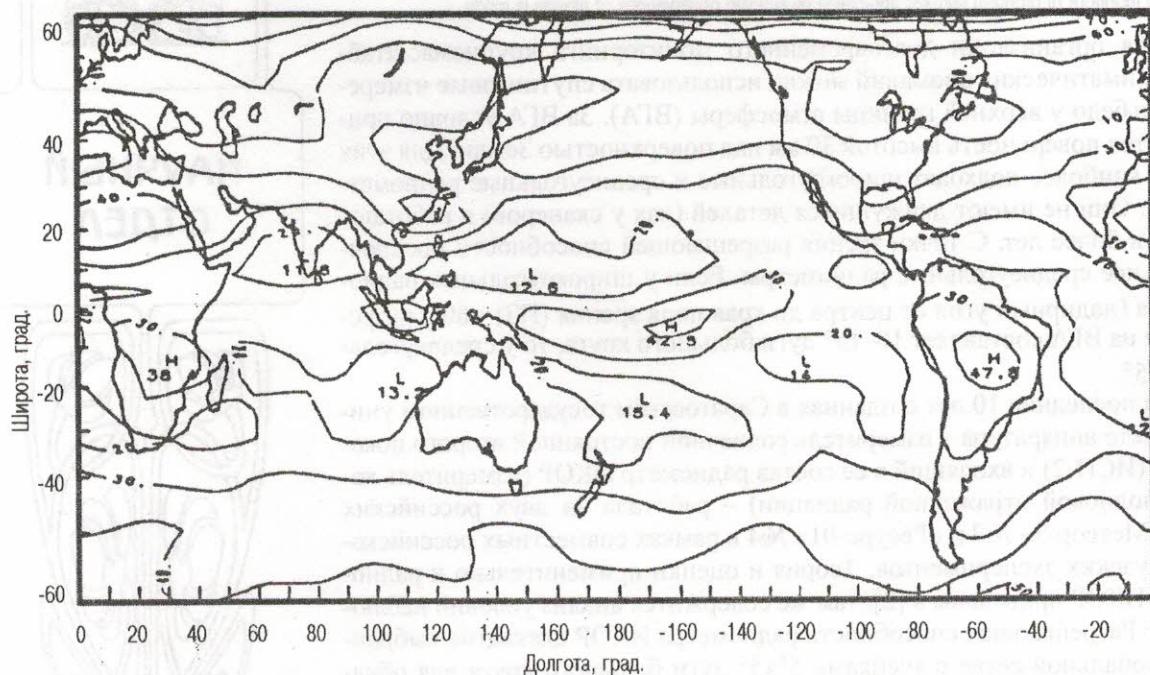


Рис. 1. Среднесуточное распределение альбено (%) на верхней границе атмосферы для января 1983 г. [5]

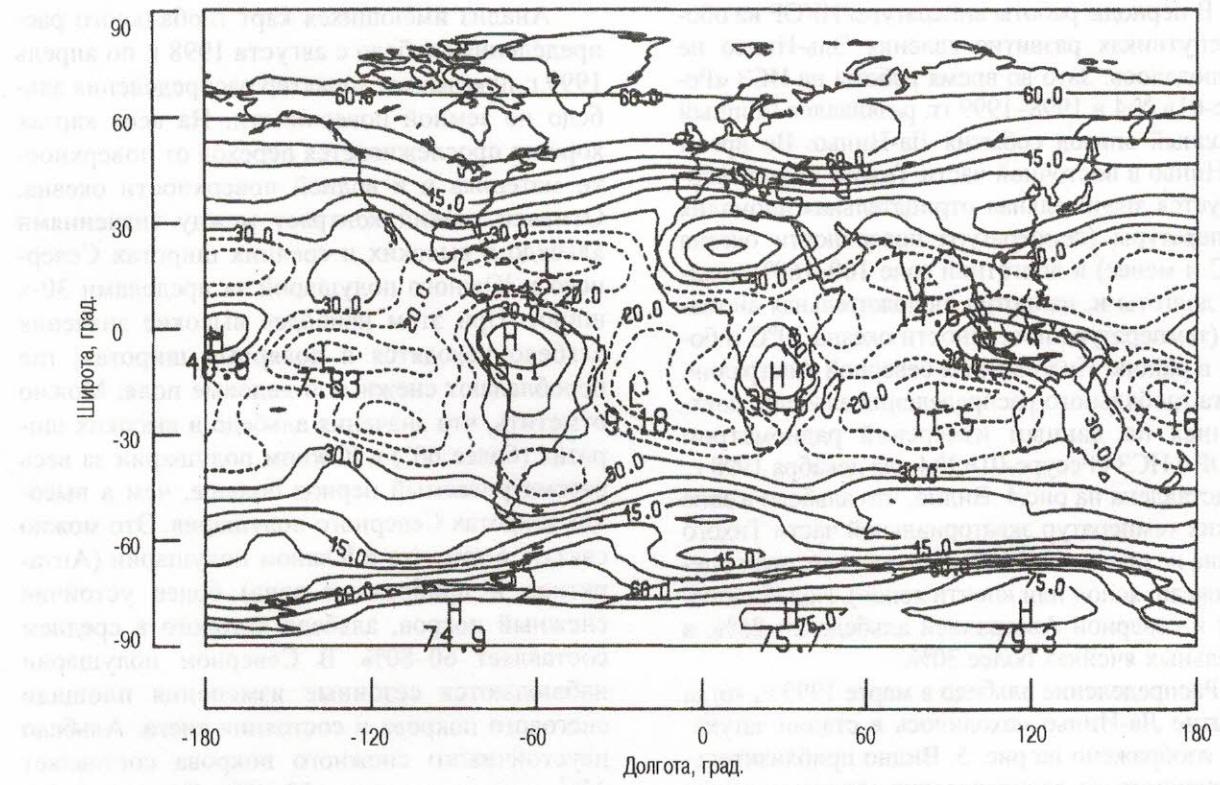


Рис. 2. Распределение альбедо (%) в январе 1987 г. [6], пик Эль-Ниньо. Аномально высокие значения альбедо (40,8%) в районе меридиана 180°

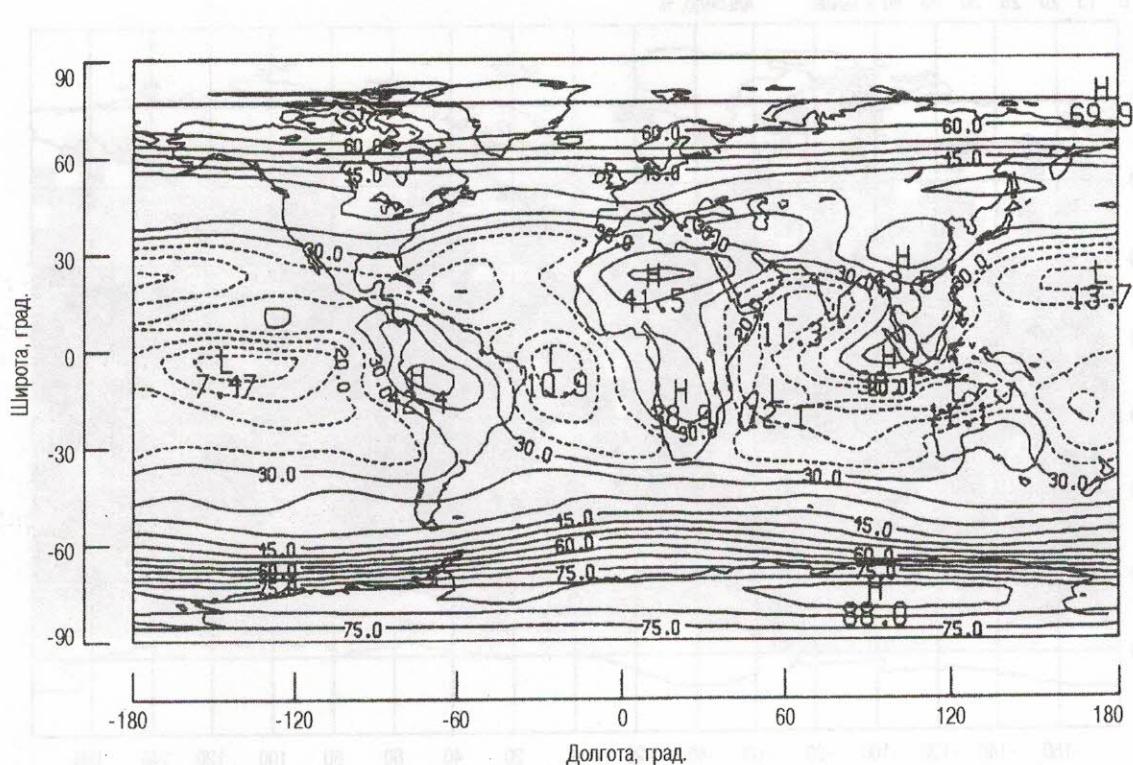


Рис. 3. Распределение альбедо (%) в октябре 1986 г. [6]



В периоды работы аппаратуры ИКОР на обоих спутниках развитие явления Эль-Ниньо не наблюдалось. Зато во время работы на ИСЗ «Ресурс-01» №4 в 1998–1999 гг. развивался мощный холодный эпизод события Ла-Ниньо. Во время Ла-Ниньо в восточной части Тихого океана формируется значительная отрицательная аномалия температуры (температура поверхности океана 22°C и менее) в долготной зоне 100–160° западной долготы и, напротив, положительная аномалия (температура поверхности океана 30°C и более) в районе Индонезии и северной Австралии. Карта глобального распределения альбедо, построенная по данным измерений радиометром ИКОР с ИСЗ «Ресурс-01» №4 для декабря 1998 г., представлена на рис. 4. Видно, что альбето в зоне низких температур экваториальной части Тихого океана не превышает 10% (это соответствует сцене «океан, ясно» или «почти ясно»). Над Индонезией и северной Австралией альбето 20–25%, в отдельных ячейках более 30%.

Распределение альбето в марте 1999 г., когда событие Ла-Ниньо находилось в стадии затухания, изображено на рис. 5. Видно приблизительно равномерное распределение среднемесячных величин альбето в рассматриваемой зоне.

Анализ имеющихся карт глобального распределения альбето с августа 1998 г. по апрель 1999 г. показывает характер распределения альбето по земной поверхности. На всех картах хорошо прослеживается переход от поверхности материка к водной поверхности океана. Отмечен резкий контраст между значениями альбето в высоких и средних широтах Северного и Южного полушарий за пределами 30-х широт. При этом наиболее высокие значения альбето находятся в полярных широтах, где преобладают снежные и ледовые поля. Можно отметить, что значения альбето в высоких широтах (более 60°) в Южном полушарии за весь рассматриваемый период больше, чем в высоких широтах Северного полушария. Это можно связать с тем, что в Южном полушарии (Антарктида и прибрежная зона) более устойчив снежный покров, альбето которого в среднем составляет 60–80%. В Северном полушарии наблюдаются сезонные изменения площади снегового покрова и состояния снега. Альбето неустойчивого снежного покрова составляет 45%, а морского льда – 30–40%. Поэтому в Северном полушарии по картам распределения

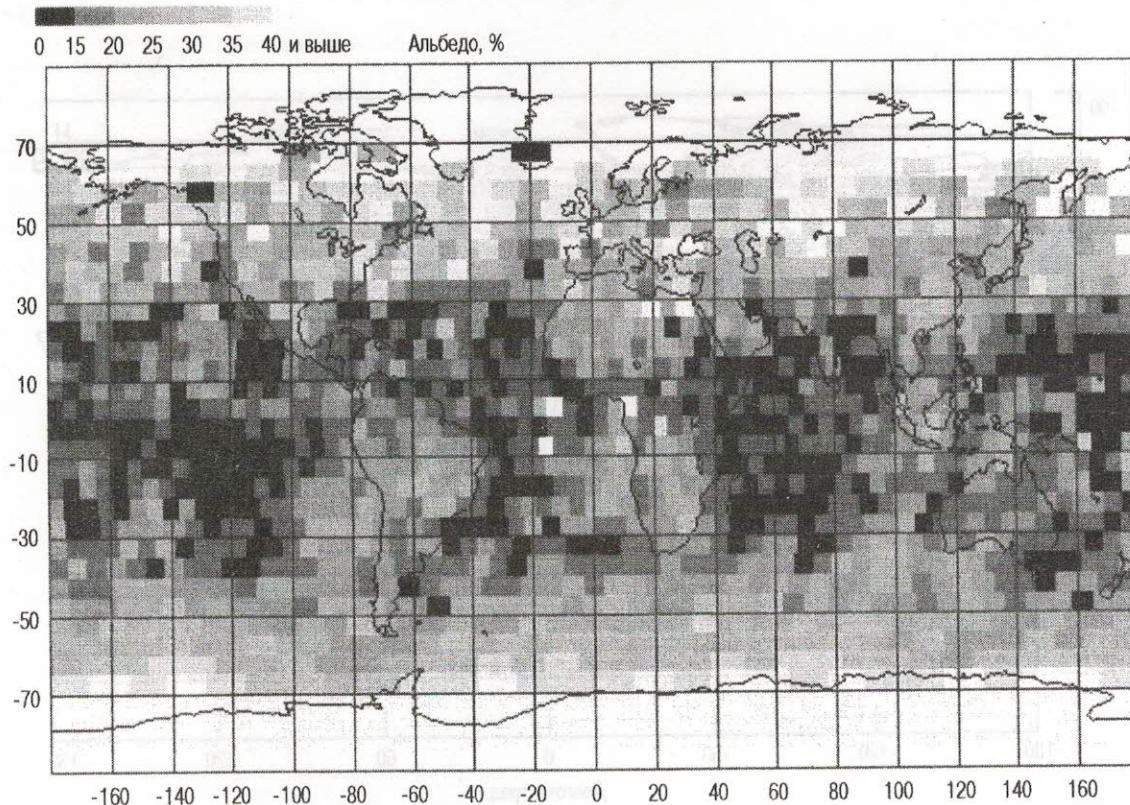


Рис. 4. Карта среднемесячных значений альбето, осредненных по ячейкам 5°x5° дуги большого круга, за декабрь 1998 г., по данным измерений радиометра ИКОР с ИСЗ «Ресурс-01» №4

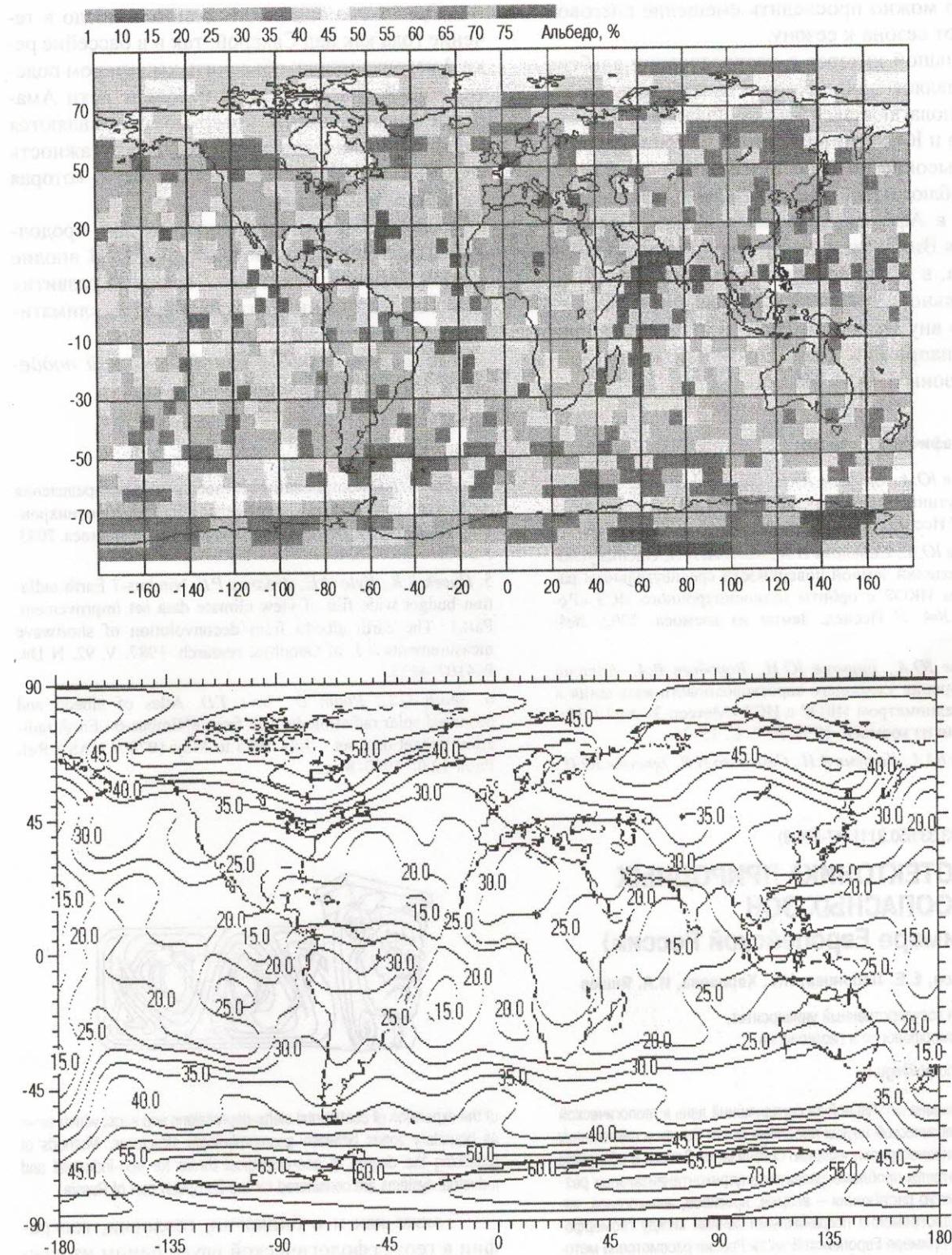


Рис. 5. Карта среднемесячных значений альбедо, осредненных по ячейкам глобальной сетки  $5^{\circ} \times 5^{\circ}$  дуги большого круга, за март 1999 г., по данным измерений радиометра ИКОР с ИСЗ «Ресурс-01» №4 (а) и карта изолиний распределения альбедо за март 1999 г. по тем же данным (б)



альбедо можно проследить смещение снеговой линии от сезона к сезону.

Большой интерес в распределении альбедо представляет тропическая и экваториальная зона, располагающаяся между широтами  $30^{\circ}$  Северного и Южного полушарий. В тропиках наиболее высокие значения альбедо в течение всего года наблюдаются над пустынями, такими как Сахара в Африке, Большая песчаная, Большая пустыня Виктория в Австралии, пустыня Гоби в Евразии, в зонах конвективной облачности над Центральной Америкой и над акваториями океанов во внутритропической зоне конвергенции (ВЗК) (например, в восточной части экваториальной зоны Тихого океана).

#### Библиографический список

1. Скляров Ю.А., Бричков Ю.И., Воробьев В.А. О двух методах спутниковых измерений уходящих радиационных потоков // Исслед. Земли из космоса. 1993. №6. С. 3–11.
  2. Скляров Ю.А., Семенова Н.В., Котума А.И. Оценка условий наблюдений земной поверхности среднеугольным радиометром ИКОР с орбиты гелиосинхронного ИСЗ «Ресурс-01» №4. // Исслед. Земли из космоса. 2002. №4. С. 14–20.
  3. Скляров Ю.А., Бричков Ю.И., Воробьев В.А., Котума А.И. Измерения уходящего коротковолнового излучения и альбедо радиометром ИКОР с ИСЗ «Метеор-3» № 7 // Исслед. Земли из космоса. 1999. № 2. С. 15–26.
  4. Скляров Ю.А., Котума А.И., Семенова Н.В., Бричков Ю.И.,
- Скляров В.П. О построении карт глобального распределения альбедо по наблюдениям радиометра ИКОР с гелиосинхронного ИСЗ «Ресурс-01» №4. // Исслед. Земли из космоса. 2003. №3. С. 14–21.
5. Husek R.R., Kyle H.L., Ardanuy P.E. Nimbus-7 Earth radiation budget wide field of view climate data set improvement. Part.1. The earth albedo from deconvolution of shortwave measurements // J. of Geophys. research. 1987. V. 92. N D4. P. 4107–4123.
6. Smith G.L., Rutan D., Bess T.D. Atlas of albedo and absorbed solar radiation derived from «Nimbus-6» Earth radiation budget data set – July 1975 to May 1978 // NASA Ref. Publ. 1230. 1990. 86 p.

УДК [551.243.33:550.311] (47-924.8)

## МОРФОТЕКТОНИКА ПРИРОДНЫХ ЭНЕРГООПАСНЫХ ЗОН (на примере Европейской России)

Г.И. Худяков, Е.Е. Лобанова, Н.Г. Харлаева, И.А. Яшков

Саратовский государственный университет,  
кафедра геоморфологии и геэкологии

E-mail: geomorph@sgu.ru

Статья посвящена актуальной на сегодняшний день в геологической и геоморфологической науках проблеме роста Земли и связанному с этим общепланетарному явлению океанизации Земли. В обзорном виде рассмотрены проблемы развития внутриконтинентальных разломных структур растяжения – впадин, прогибов, авлакогенов, являющихся одновременно пограничными зонами между геоморфоблоками. На примере Европейской части России рассмотрена методика выявления степени геоэкологической опасности для природно-производственных и производственных систем.

**Morphotectonics of natural energy active zones (for the European part of Russia)**

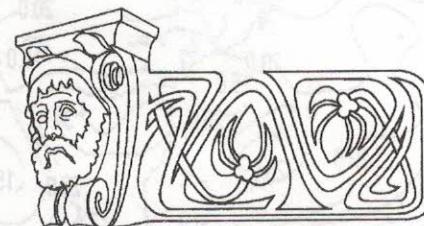
G.I. Khudyakov, E.E. Lobanova, N.G. Kharlaeva, I.A. Yashkov

The article looks into the problem of the Earth growth and the planetary phenomenon of the oceanization of the Earth topical for the present-day geology and geomorphology. The article gives an overview of the issue

Однаково высокие значения альбедо в течение года как над Сахарой, так и в бассейне реки Амазонка можно объяснить характером подстилающей поверхности. В бассейне реки Амазонка подстилающей поверхностью являются влажные тропические леса. Высокая влажность способствует образованию облачности, которая увеличивает альбедо.

Таким образом, при непрерывной и продолжительной регистрации альбедо с ИСЗ вполне возможно вести мониторинг всех фаз развития обоих типов явлений, а также и других климатических аномалий.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №03-05-64953).*



of the expansion of continental clefts-depressions and sags, which serve as boundary zones between geomorphologic structures. Methods of assessing the degree of geo-ecological threat for eco-industrial and industrial systems are considered for the European part of Russia.

Также как и в биологии, геологии, географии в геоморфологической науке одним из важнейших методологических принципов является сравнительный подход к анализу основного объекта её изучения – объёмной геоморфологической структуры. С помощью сравнительной геоморфологии выявляются причинно-следственные связи между морфогенетически различными формами геоморфологического пространства. Геоморфологическое пространство, по