

## Геоинформационные системы в задачах пространственно-временного прогнозирования условий аэрокосмической съемки

# 11, ноябрь 2013

DOI: 10.7463/1113.0619681

Веселов Ю. Г., Конуркин В. А., Островский А. С., Тихонычев В. В.

УДК 778.35

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

Россия, Воронеж, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил

[vesel\\_foto@mail.ru](mailto:vesel_foto@mail.ru)

[VUNZ\\_VVS@rambler.ru](mailto:VUNZ_VVS@rambler.ru)

[Ostrovsky\\_Aleksandr@mail.ru](mailto:Ostrovsky_Aleksandr@mail.ru)

### Введение

Прогнозирование условий аэрокосмической съемки тесно связано с прогнозом погоды, который несет в себе информацию о количестве, типе и высоте нижнего края облачности, явлениях погоды (атмосферные осадки, туман, дымка, мгла, пыльная и песчаная буря и др.), метеорологической дальности видимости, температуре воздуха, направлении и скорости ветра, а также косвенную информацию об освещенности земной поверхности в заданном спектральном диапазоне оптического излучения, ожидаемые характеристики спектральных отражательной или излучательной способностях земной поверхности и объектов съемки.

В условиях динамично меняющейся метеорологической обстановки важной является задача прогноза эффективности применения оптико-электронных систем дистанционного зондирования местности на заданном участке, которая неразрывно связана с прогнозом погоды. Причем для обеспечения оценки эффективности применения АФС необходимо иметь математический аппарат оценки параметров, характеризующих условия съемки, а также математические модели АФС. Нанесение слоя эффективности

применения на географическую подложку позволит эффективно распределять силы и средства при решении задач дистанционного зондирования местности.

В данном случае речь идет о формировании высоко динамичного слоя непрерывных явлений геинформационной системы [1], большая динамика которого обусловлена высокой динамикой изменения метеорологических условий.

Такая постановка задачи рассматривается впервые и требует для ее реализации формирования математического аппарата расчета параметров атмосферы и подстилающей поверхности.

### **Оценка возможности формирования геинформационных систем условий аэрокосмической съемки**

Современные методы, средства, интеллектуальные системы и вычислительные машины, используя большие объемы информации (наземные, аэрологические, гидрологические и спутниковые наблюдения), позволяют производить с высокой оправдываемостью краткосрочные (до 3 суток) и с меньшей – долгосрочные (от 3 суток до 12 месяцев) прогнозы погоды.

Прогнозирование условий аэрокосмической съемки должно обеспечить получение наилучшего качества изображений аппаратуры наблюдения. В настоящее время съемка одного и того же участка земной поверхности может выполняться многоспектральными оптико-электронными системами, обеспечивающими съемку земной поверхности в различных спектральных диапазонах и условиях (воздушная и космическая съемка). При этом отражательные и излучательные свойства объектов съемки будут различны для указанных диапазонов оптического излучения. Если при выполнении черно-белого аэрофотографирования достаточно знания интегральных коэффициентов отражения, то в случае узких спектральных диапазонов необходима спектральная информация об объектах съемки. Так как спектральные диапазоны могут меняться, то целесообразно иметь систему прогнозирования, адаптирующуюся к аппаратуре аэрокосмической съемки.

Речь идет о создании для аппаратуры наблюдения специальной системы прогнозирования условий съемки, что приведёт не только к многообразию аппаратуры съемки, но и к вынужденному многообразию систем прогнозирования.

В настоящее время интенсивно развиваются географические информационные системы (ГИС), представляющие собой – программно методический комплекс, способный вводить, хранить, обновлять, манипулировать, анализировать и выводить все виды географически привязанной информации [2]. На районы съемки, как правило, имеются электронные карты различных масштабов, которые периодически уточняются.

Информация об объектах в ГИС сохраняется в виде векторных и растровых слоев. Это позволяет удобно представлять информацию о пространственных характеристиках объектов и их свойствах.

#### **Анализ спектральных характеристик типовых фоноцелевых обстановок**

В настоящее время имеется достаточно подробная информация о результатах измерения спектральных характеристик отражения объектов и подстилающих поверхностей для различных спектральных диапазонов [3]. На рисунке 1 изображены спектральные коэффициенты отражения различных почв и видов растительности (а), а также индикатрисы отражения потока излучения  $\Phi$  для сухих и мокрых покровов (б) [4].

После наступления темноты и ночью отраженное излучение от земной поверхности практически не наблюдается. С рассветом это излучение интенсивно нарастает и достигает максимума, когда направление солнечных лучей совпадает с направлением визирования. После захода солнца отраженное излучение вновь быстро падает.

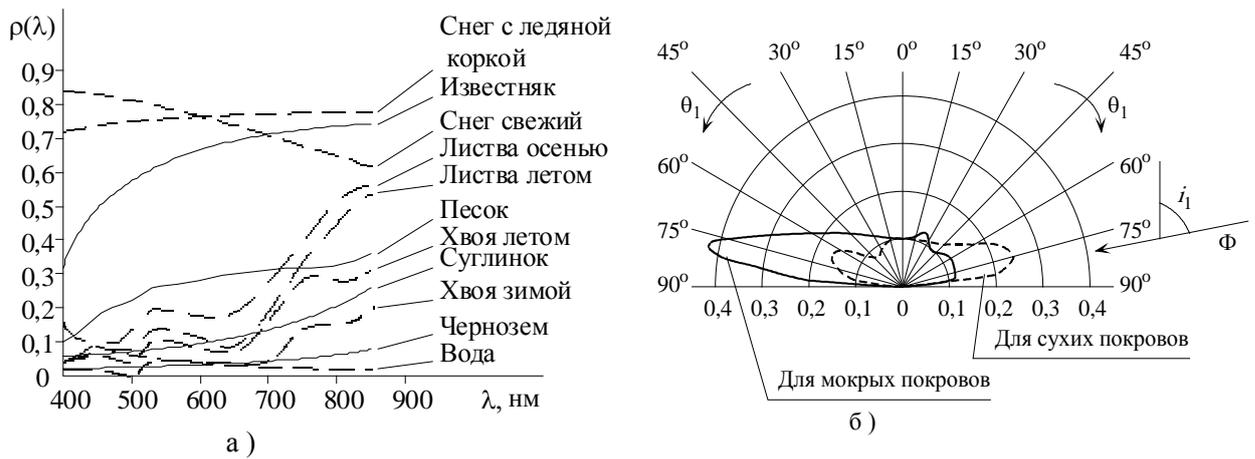


Рисунок 1 – Спектральные коэффициенты отражения некоторых почв и видов растительности (а) и индикатрисы отражения сухих и мокрых покровов (б)

Типовыми естественными источниками оптического излучения являются, например, Солнце, Луна, облака, атмосфера, земная и водная поверхности. Их излучение может обеспечивать наблюдение и ведение аэрофотосъемки объектов, часто оно представляет собой мешающий фон.

Спектральное распределение плотности излучения Солнца за пределами атмосферы примерно такое же, как у черного тела с температурой 6000 К (рис. 2.) Около половины солнечной энергии излучается в инфракрасной области спектра, 40% – в видимой области и 10% – в ультрафиолетовой и рентгеновской областях спектра оптических излучений.

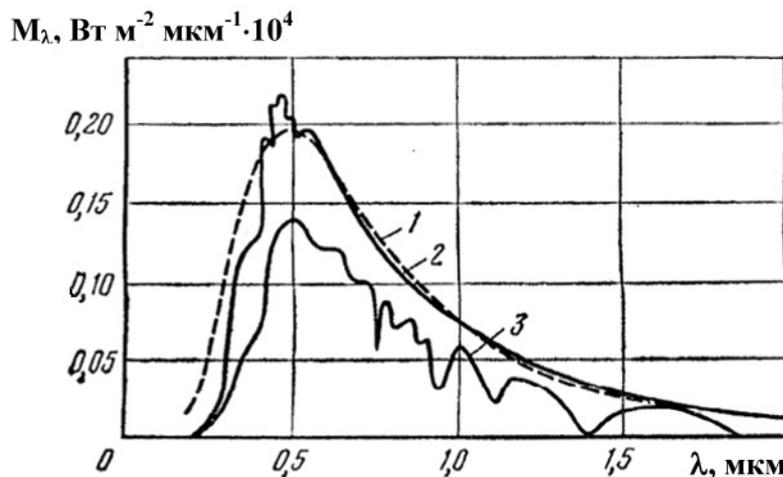


Рисунок 2 – Спектральная плотность энергетической светимости черного тела при температуре 6000 К (1) и Солнца за пределами атмосферы (2) и на уровне моря (3)

Излучение Солнца при прохождении через атмосферу поглощается и рассеивается компонентами атмосферы, в результате чего до поверхности Земли доходит лишь излучение с длинами волн 0,3...3 мкм (рис. 1.). Мощность и спектральный состав солнечного излучения, дошедшего до поверхности Земли, зависит от высоты Солнца и состояния атмосферы.

Освещенность земной поверхности Солнцем изменяется в широких пределах в зависимости от времени года, времени суток, географических координат освещаемого участка местности, облачности и состояния атмосферы. Некоторые данные, характеризующие влияние отмеченных факторов на освещенность земной поверхности, приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Изменение освещенности земной поверхности за счет прямого и рассеянного солнечного излучения, лк · 10<sup>3</sup>

Условия	Высота Солнца, град							
	5	10	15	20	30	40	50	55
Освещенность земной поверхности при безоблачной погоде	4	9	15	23	39	58	76	85
Освещенность в тени, безоблачно	3	4	6	7	9	12	14	15
Освещенность в пасмурную погоду, сплошная облачность	2	3	4	6	9	12	15	16
Отношение освещенности в тени к освещенности на Солнце	0,75	0,44	0,40	0,30	0,22	0,21	0,18	0,18

Если известны оптические параметры явлений погоды во время съемки, то искажение освещенности оптического изображения может быть учтено [5, 6]. Ухудшение же разрешения и связанная с ним генерализация изображения носят необратимый характер. Поэтому, во время съемки, целесообразно прогнозировать прозрачность атмосферы и по возможности выполнять съемку при хорошей прозрачности, подобно тому, как это делают

применительно к облачному покрову. На рисунках 3, 4, 5 показаны графики зависимости интегральной прозрачности атмосферы от времени суток и года, а также среднегодовые значения интегральной прозрачности атмосферы [7].

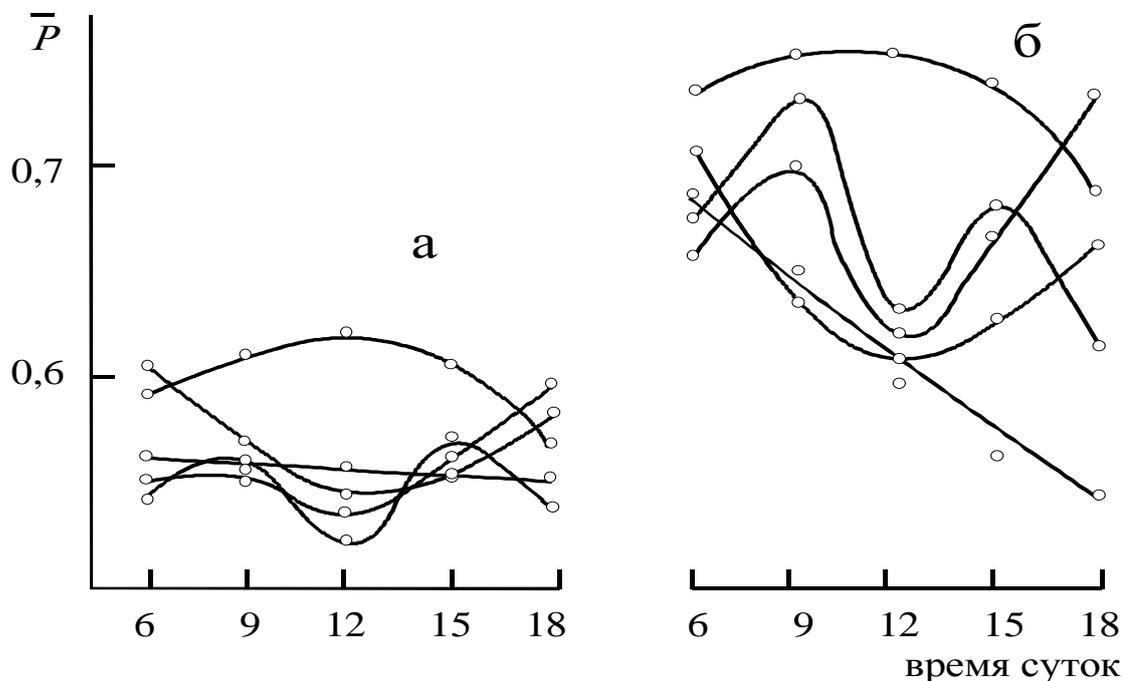


Рисунок 3 – Дневной ход интегральной прозрачности атмосферы по данным станции Аральское море: *а* - данные, усредненные за три летних месяца (июнь - август 1978 г.), *б* - за три зимних месяца (ноябрь - январь 1978—1979 гг.)

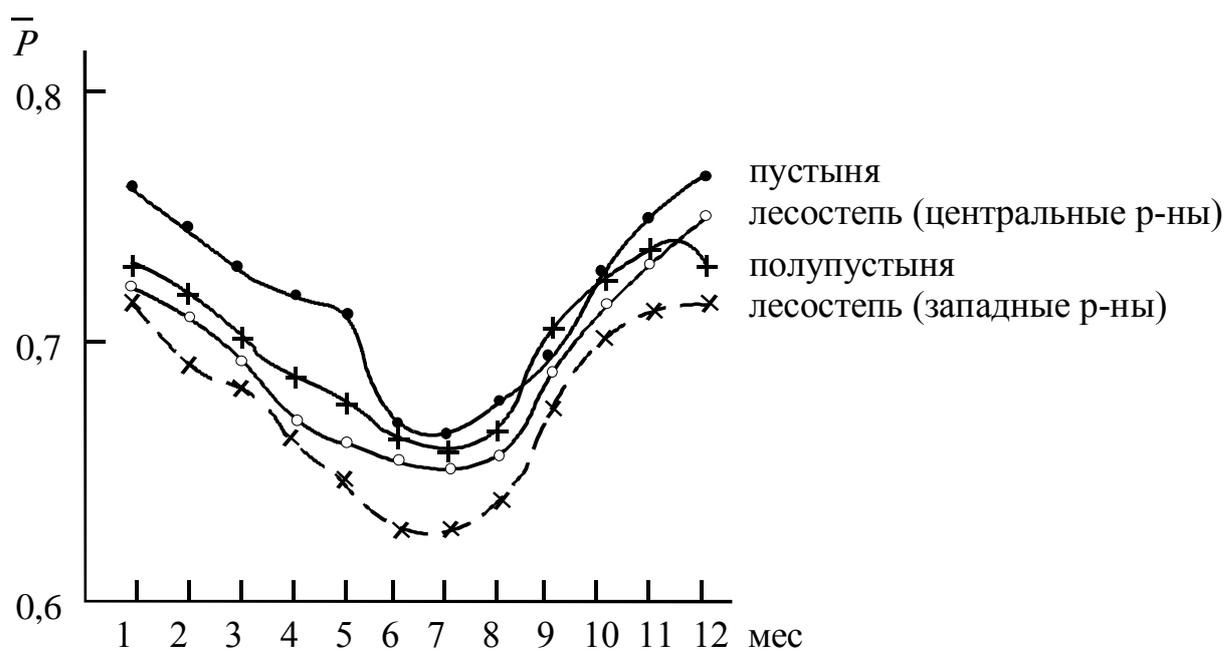


Рисунок 4 – Годовой ход интегральной прозрачности атмосферы

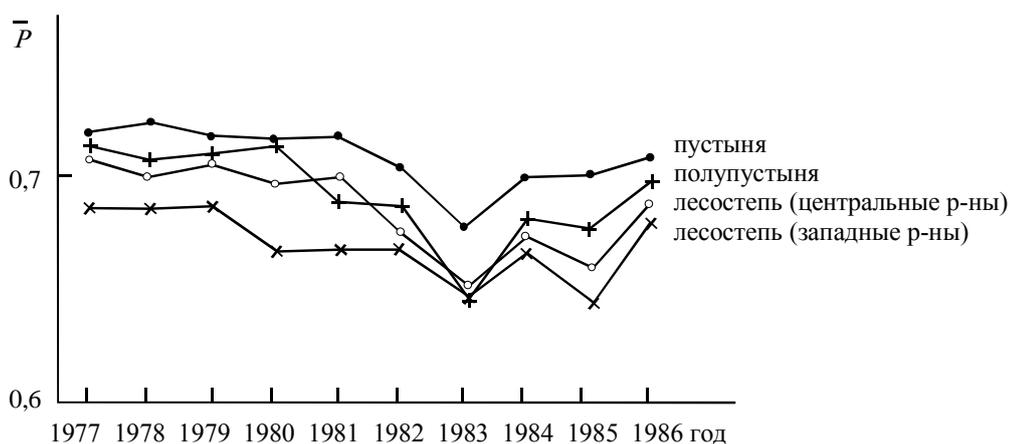


Рисунок 5 – Среднегодовые значения интегральной прозрачности атмосферы

Таким образом, имеется возможность прогнозировать условия съемки. В качестве примера можно предложить формулу для расчета среднего коэффициента отражения для спектрального диапазона волн электромагнитного излучения  $\lambda_1, \dots, \lambda_2$ .

$$\rho_{cp} = \left( \sum_{i=1}^N S_i \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \rho_{i,\lambda} d\lambda \right) / \left( \sum_{i=1}^N S_i \right),$$

где  $S_i$  – площадь участка со спектральным коэффициентом отражения  $\rho_{i\lambda}$  ;  
 $N$  – количество участков.

Аналогично могут быть получены все необходимые интегральные характеристики для планирования и управления съемкой объектов интереса с целью обеспечения максимальной эффективности применения систем дистанционного зондирования местности.

Полученные характеристики атмосферы и подстилающей поверхности являются входными параметрами для математических моделей цифровых оптико-электронных систем. Эти математические модели находятся в контуре оценки эффективности применения систем и комплексов дистанционного зондирования земной поверхности

### Заключение

Таким образом, рассматриваемая выше информация об оптических характеристиках атмосферы, освещенности земной поверхности, спектральных

коэффициентах отражения и даже экспонетрических параметрах съемки может быть спрогнозирована, переведена в эффективность применения средств дистанционного зондирования местности и исполнена в виде слоев динамичной ГИС.

Использование такой высоко динамичной ГИС в контуре планирования и управления аэрокосмической съемкой позволяет повысить эффективность комплексного применения систем аэрокосмической съемки, а также спланировать силы и средства для решения поставленной задачи дистанционного зондирования местности.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 11-08-00850-а).*

### **Список литературы**

1. Митчелл Э. Руководство по ГИС анализу. Т. 1: Географические закономерности и взаимодействия. New York: ESRI Press, 2001. С. 14-18.
2. Арбузов П.А. Геоинформационные системы. М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2008. С. 5-17.
3. Толченников Ю.С. Оптические свойства ландшафта. Л.: Наука, 1974. С. 12-16.
4. Белоглазов И.Н., Коваленко В.П., Смирнов Ю.Н., Халтобин В.М. Авиационная светотехника. М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1987. С. 119-122.
5. Зуев В.Е., Креков Г.М. Оптические модели атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1986. С. 225-233.
6. Филиппов В.Л., Макаров А.С., Иванов В.П. Оптическая погода в нижней тропосфере: науч.-техн. сб. Казань: Дом печати, 1998. С. 65-86.
7. Веселов Ю.Г., Матиясевич Л.М., Тихонычев В.В. О пространственно-временном прогнозировании условий аэрокосмической съемки в составе географических информационных систем // Материалы IX Всероссийской научно-технической конференции «Научные чтения по авиации, посвященные памяти Н.Е. Жуковского». М.: ВВА, 2010. С. 379.

## Geographic information systems in problems of space-time forecasting of aerospace survey

# 11, November 2013

DOI: 10.7463/1113.0619681

Veselov Yu., G., Konurkin V.A., Ostrovsky A., S., Tihonychev V.V.

Bauman Moscow State Technical University, 105005, Moscow, Russian Federation  
Russia, Voronezh, Air Force Academy named after Professor NE Zhukovsky and Y. Gagarin

[vesel\\_foto@mail.ru](mailto:vesel_foto@mail.ru)

[VUNZ\\_VVS@rambler.ru](mailto:VUNZ_VVS@rambler.ru)

[Ostrovsky\\_Aleksandr@mail.ru](mailto:Ostrovsky_Aleksandr@mail.ru)

The authors proposed and justified a new approach for predicting conditions of an aerospace survey in order to improve its effectiveness. This approach is based on the fact that information on optical characteristics of the atmosphere, the earth's surface brightness, spectral reflectance, as well as exposure parameters of shooting performed in the form of layers of the geographic information system, could be used for solving problems associated with planning an aerospace survey. The basic idea of this work lies in forming a high dynamic layer of the continuous phenomena of geo-information system; this high dynamics is caused by high dynamics of change in meteorological conditions.

---

**Publications with keywords:** [geographic information systems](#), [observation equipment](#), [aerospace shooting conditions](#), [the effectiveness of](#)

**Publications with words:** [geographic information systems](#), [observation equipment](#), [aerospace shooting conditions](#), [the effectiveness of](#)

---

### References

1. Mitchell A. *The ESRI Guide to GIS Analysis. Vol. 1: Geographic Patterns and Relationships*. New York, Environmental Systems Research Institute, Inc., ESRI Press, 1999, 190.
2. Arbuzov P.A. *Geoinformatsionnye sistemy* [Geoinformation systems]. Moscow, Zhukovskiy VVIA Pibl., 2008, pp. 5-17.
3. Tolchennikov Yu.S. *Opticheskie svoystva landshafta* [Optical properties of landscape]. Leningrad, Nauka, 1974, pp. 12-16.

4. Beloglazov I.N., Kovalenko V.P., Smirnov Yu.N., Khaltobin V.M. *Aviatsionnaya svetotekhnika* [Aviation lighting engineering]. Moscow, Zhukovskiy VVIA Pibl., 1987, pp. 119-122.
5. Zuev V.E., Krekov G.M. *Opticheskie modeli atmosfery* [Optical models of the atmosphere]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1986, pp. 225-233.
6. Filippov V.L., Makarov A.S., Ivanov V.P. *Opticheskaya pogoda v nizhney troposfere: nauch.-tekhn. sb.* [Optical weather in the lower troposphere: collection of scientific papers]. Kazan', Dom pechati, 1998, pp. 65-86.
7. Veselov Yu.G., Matiyasevich L.M., Tikhonychev V.V. O prostranstvenno-vremennom prognozirovanii usloviy aerokosmicheskoy s"emki v sostave geograficheskikh informatsionnykh sistem [On the spatio-temporal prediction of conditions of aerospace survey in the geographic information systems]. *Materialy 9 Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii "Nauchnye chteniya po aviatsii, posvyashchennye pamyati N.E. Zhukovskogo"* [Proc. of 9<sup>th</sup> all-Russian scientific and technical conference "Scientific readings on aviation, dedicated to the memory of N.E. Zhukovsky"]. Moscow, Air Force Academy Publ., 2010, pp. 379.