



## ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ В ВОЕННОМ ДЕЛЕ

---

УДК 623.41

### ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТРАСТА ПРОТИВОПЕХОТНОЙ МИНЫ НА ФОНЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

М. А. Бондаренко, А. В. Бондаренко, Л. А. Маринина, А. А. Кобозев

*Аннотация.* Приведены результаты исследования возможностей получения дополнительных информативных признаков при обнаружении малоконтрастных объектов путем ведения наблюдения в различных спектральных диапазонах. В качестве объекта выбран образец мины «Лепесток», наблюдаемый в ультрафиолетовом (УФ), видимом и ближнем инфракрасном (ИК) диапазонах на фоне растительности.

*Ключевые слова:* диффузное отражение, фон, контраст, изображение, инфракрасный, ультрафиолетовый.

### STUDY OF THE ANTIPERSONNEL MINE CONTRAST AT A VEGETATION BACKGROUND

М. А. Bondarenko, A.V. Bondarenko, L. A. Marinina, A. A. Kobozev

*Abstract.* There are presented the results of obtaining additional informative features when detecting low-contrast objects by conducting observations in various spectral ranges. A petal mine sample was selected as an object, observed in the ultraviolet (UV), visible and near infrared (IR) ranges at a vegetation background.

*Keywords:* diffuse reflection, background, contrast, image, infrared, ultraviolet.

Обнаружение малоконтрастных объектов является актуальной задачей оптико-электронной разведки. Получение дополнительных информативных признаков возможно путем применения приборов, позволяющих ведение наблюдения в ультрафиолетовом (УФ), видимом и ближнем инфракрасном (ИК) диапазонах [1–3].

В качестве объекта исследования выбран образец противопехотной мины, наблюдаемый на фоне растительности. На первом этапе эксперимента исследовалось диффузное отражение поверхности материала учебной мины «Лепесток» модели ПФМ-1 912-1-82 СД-2 У в восьми спектральных зонах светодиодной подсветки с пиками 395, 470, 520, 590, 660, 770, 850 и 940 нм с помощью микроскопа-спектрометра RT- 1280MS разработки «Растр Технолоджи» (г. Москва) с рабочим разрешением 10 мкм/пиксель при размере формируемых изображений 1280 x 1024 (рисунок 1).

Для получения яркостей спектрональных изображений на рисунке 1, отвечающих коэффициентам диффузного отражения, микроскоп-спектрометр был предварительно откалиброван по белому эталону диффузного отражения – белому оптически однородному фторопласту I сорта, в предположении что он имеет коэффициент отражения на уровне  $80 \pm 1\%$  в спектральном диапазоне 380...1000 нм измерения с учётом полуширины спектра излучения светодиодов.

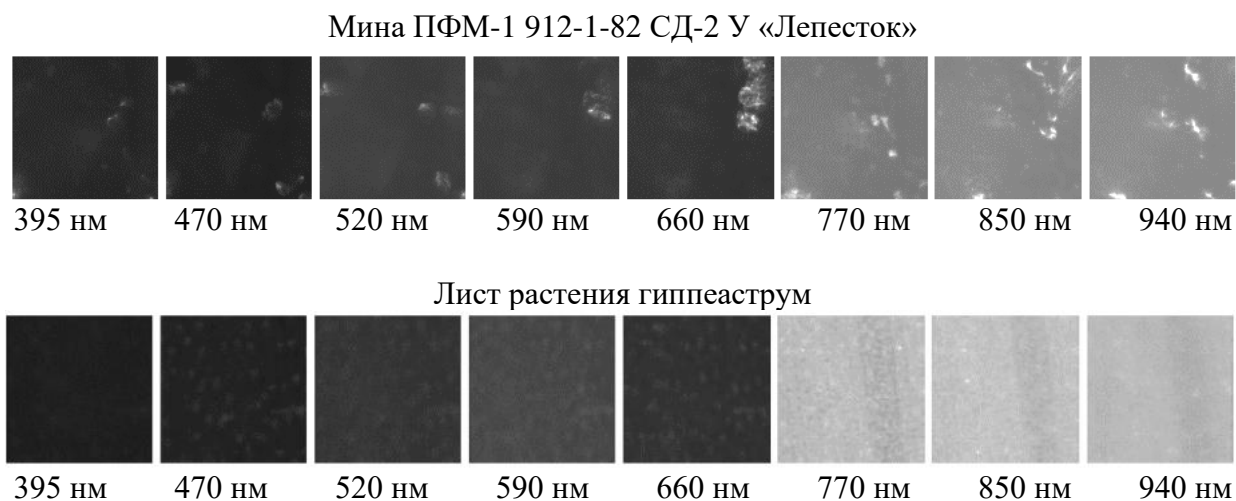


Рисунок 1 – Сравнение центральных фрагментов 128x128 спектрональных изображений участка корпуса зелёной мины ПФМ-1 и поверхности живого здорового листа комнатного растения гиппеаструм

Фокусировка микроскопа-спектрометра производилась в ручном режиме по белому свету, когда все группы светодиодов включены и облучают исследуемый образец.

Для сравнительной оценки относительного контраста изображений участка листа растения гиппеаструм и мины «Лепесток» приведены графики средних яркостей их изображений в различных спектральных зонах наблюдения (рисунок 2).

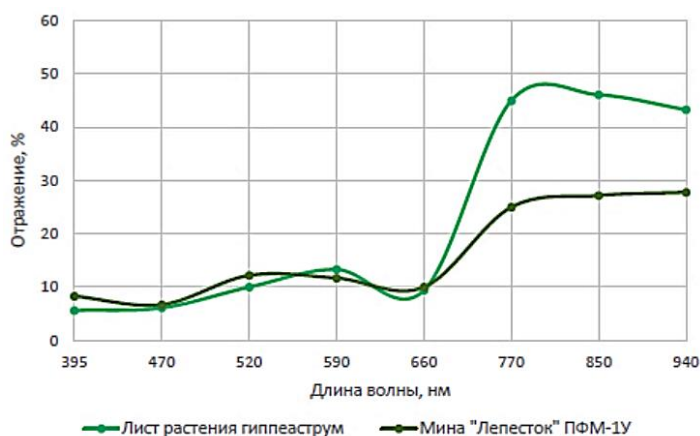


Рисунок 2 – Спектр отражения мины «Лепесток» и листа растения гиппеаструм, построенный по средним яркостям их спектрональных изображений

График спектра листа на рисунке 2 согласован с известной усреднённой спектральной характеристикой зелёной растительности, взятой из спектральной библиотеки [4], который имеет максимум с коэффициентом отражения  $48 \pm 1\%$  на длине волны  $815 \pm 5$  нм (рисунок 3).

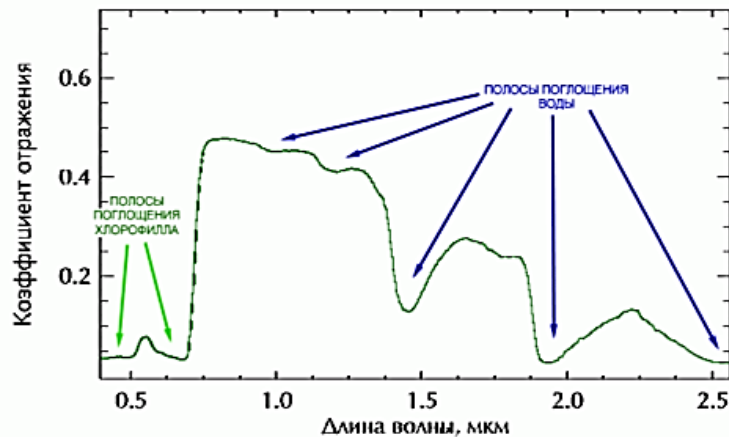


Рисунок 3 – Типичный спектр отражения зелёной фотосинтезирующей растительности из спектральной библиотеки от 375 до 2500 нм

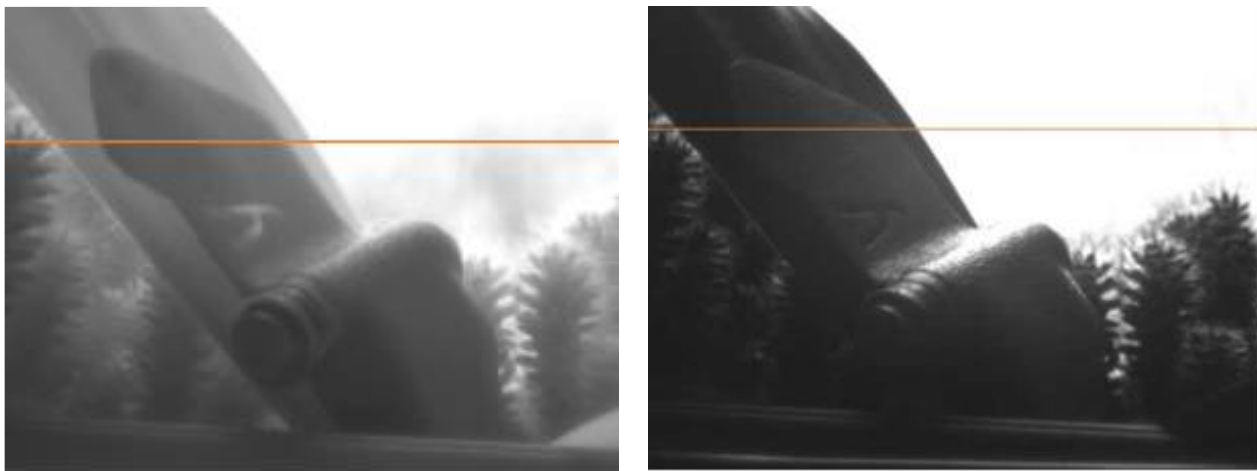
Имеются существенные относительные контрасты на уровне 15–20 % при наблюдении на фоне растительности противопехотных пластиковых мин типа «Лепесток» в ИК области от 750 нм до 1000 нм. Для видимого и УФ диапазона величина контрастов не превышает 3 %, что делает ненадёжным использование этих спектральных диапазонов для данной задачи. В подтверждение этого обстоятельства приведено цветное изображение видимого диапазона мины и листа гиппеаструма (рисунок 4).



Рисунок 4 – Отсутствие контраста материалов в видимом диапазоне при съёмке бытовой цветной фотокамерой телефона SM-G975F

Лучший по контрасту результат наблюдается в ближнем ИК диапазоне (от 720 до 1100 нм по уровню пропускания фильтра 0,1 и с учётом границы диапазона чувствительности камеры) при тех же условиях освещённости, выдержке в 0,0075 секунд с частотой кадров в 25 Гц. На рисунках приведены снимки камеры RT-2400UV, полученные в

ближнем инфракрасном ИК диапазоне 720–1100 нм, выдержка 0,0075 с (рисунок 5, а) и в ближнем ультрафиолетовом УФ диапазоне 330–380 нм, выдержка 0,4 с (рисунок 5, б).



а)

б)

Рисунок 5 – Кадр RT-2400UV в диапазонах: а) 720–1100 нм, выдержка 0,0075 с;  
б) 330–380 нм, выдержка 0,4 с

Для решения задачи автоматического обнаружения пластиковых зелёных противопехотных мин на фоне покровной растительности рекомендуется использовать измерительные цифровые камеры со светосильными объективами при постановке светофильтра ближнего ИК диапазона 730–1100 нм [5]. Повышение эффективности оптико-электронной разведки возможно путем применения приборов расширенного спектрального диапазона.

### Список литературы

1. Маринина, Л. А. Оценка обнаружительных возможностей камеры ультрафиолетового диапазона / Л. А. Маринина, М. Ю. Сохарев, П. Н. Агунькин, А. И. Звижинский // Вестник Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А. В. Хрулева. – № 1 (29). – 2022. – С. 111–118.
2. Бондаренко, А. В. Сравнительное наблюдение в УФ-А, видимом и ближнем ИК с помощью цифровой камеры RT-2400UV / А. В. Бондаренко, М. А. Бондаренко, М. Г. Князев, К. А. Ядчук // XXVI Международная научно-техническая конференция по фотоэлектронике и приборам ночного видения. Тезисы докладов. – М., 2022. – С. 86–88.
3. Маринина, Л. А. Повышение информативности ведения разведки путем обеспечения подразделений телевизионными приборами ультрафиолетового диапазона / Л. А. Маринина, А. С. Варавкин // Вестник Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А. В. Хрулёва. – № 3 (15). – 2018. – С. 76–80.
4. Спектральные библиотеки – источники данных по спектрам : офиц. сайт – URL: <https://gis-lab.info/qa/spectrum-lib.html> (дата обращения: 05.05.2024).
5. LP715 Near-IR Longpass Filter : офиц. сайт – URL: <https://midopt.com/filters/lp715/> (дата обращения: 05.05.2024).



## References

1. Marinina, L. A. Assessment of the detection capabilities of the ultra-violet range camera / L. A. Marinina, M. Yu. Sokharev, P. N. Agunkin, A. I. Zvizhinsky // Bulletin of the Military Academy of Logistics named after Army General A. V. Khrulev. – № 1 (29). – 2022. – PP. 111–118.
2. Bondarenko, A. V. Comparative observation in UV, visible and near IR using the RT-2400UV digital camera / A. V. Bondarenko, M. A. Bondarenko, M. G. Knyazev, K. A. Yadchuk // XXVI International Scientific and Technical Conference on Photoelectronics and Night Vision Devices. Abstracts of reports. – M., 2022. – PP. 86–88.
3. Marinina, L. A. Increasing the informativeness of intelligence by providing units with television devices of the ultraviolet range / L. A. Marinina, A. S. Varavkin // Bulletin of the Military Academy of Logistics named after Army General A.V. Khrulev. – № 3 (15). – 2018. – PP. 76–80.
4. Spectral libraries – sources of spectral data : offic. website – URL: <https://gis-lab.info/qa/spectrum-lib.html> (date of application: 05.05.2024).
5. LP715 Near-IR Longpass Filter : office. website – URL: <https://midopt.com/filters/lp715/> (date of application: 05.05.2024).

## Информация об авторах

**Бондаренко Максим Андреевич** – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ООО «Растр Технолоджи», г. Москва.

**Бондаренко Андрей Викторович** – Генеральный директор ООО «Растр Технолоджи», г. Москва.

**Маринина Лариса Александровна** – кандидат технических наук, преподаватель Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулёва в г. Пензе.

**Кобозев Алексей Альбертович** – кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника кафедры военных приборов Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулёва в г. Пензе.

## Information about the authors

**Bondarenko Maxim Andreevich** – candidate of technical sciences, leading researcher of Raster Technology LLC, in Moscow.

**Bondarenko Andrey Viktorovich** – General director of Raster Technology LLC, in Moscow.

**Marinina Larisa Alexandrovna** – candidate of technical sciences, lecturer at the Military Academy of Logistics named after Army General A. V. Khrulev in Penza.

**Kobozev Alexey Albertovich** – candidate of technical sciences, associate professor, deputy head of the Department of Military Devices of the Military Academy of Logistics named after Army General A. V. Khrulev in Penza.