

УДК 551.501

М. Л. Белов, В. А. Городничев,  
В. И. Козинцев, Ю. А. Кокорев

## ЭНЕРГИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ ЛИДАРА НА ДЛИНЕ ВОЛНЫ 10,6 МКМ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБНАРУЖЕНИЯ НЕФТЯНЫХ ПЛЕНОК НА МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

*Исследовано влияние морского волнения, параметров лидара и угла зондирования на обнаружение нефтяных пленок на морской поверхности лазерными системами среднего инфракрасного диапазона. Для наклонного моностатического зондирования получена формула минимальной энергии импульса лидара, необходимой для приема эхо-импульсов от морской поверхности с заданным минимально приемлемым значением сигнал/шум. Приведены результаты расчета угловых зависимостей минимальной энергии импульса лидара для зондирования с космического носителя в различных атмосферных условиях, при различных значениях скорости приводного ветра и высоты носителя. Показано, что при увеличении угла зондирования энергия импульса лидара, необходимая для приема эхо-импульсов от морской поверхности, возрастает. Энергия импульса лидара 1...10 Дж (в зависимости от высоты полета носителя) позволяет регистрировать эхо-сигнал от морской поверхности при значении сигнал/шум не менее 10 в широком диапазоне скоростей приводного ветра и оптико-атмосферных ситуаций.*

**Lidar output energy on 10,6  $\mu\text{m}$  for remote sensing of oil films on sea surface / M.L. Belov, V.A. Gorodnichev, V.I. Kozintsev, Yu.A. Kokorev // Vestnik MGTU. Priborostroenie. 1999. No. 3. P. 3–10.**

The influence of lidar parameters, sounding angle, and sea state on detecting oil films on the sea surface, is analysed. The relationship is derived for minimum lidar output energy required to detect echo-pulses from the sea surface at non-vertical monostatic sounding. The calculation results for angular dependence of the minimum lidar output energy are presented for sounding from space under various atmospheric conditions, wind speed and lidar altitude. It is shown that the required lidar output energy increases when the lidar optical axis deviates from vertical. Lidar output energy of 1–10 J depending on lidar altitude allows to detect reliably

echo-pulses from the sea surface at the signal-to-noise ratio of 10 over a wide range of the wind speed, optical and atmospheric parameters. Figs.1. Refs.24.

---

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Израэль Ю. А., Цыбань А. В., Панов Г. В. и др. Современное состояние прибрежных экосистем морей Российской Федерации // Метеорология и гидрология. – 1995. – № 9. – С. 6–21.
2. Гуревич И. Я., Шифрин К. С. Отражение видимого и ИК-излучения нефтяными пленками на море // Оптические методы изучения океанов и внутренних водоемов. – Новосибирск: Наука, 1979. – С. 166–176.
3. Гардашов Р. Г., Гуревич И. Я., Шифрин К. С. Отражение оптического излучения от взволнованной морской поверхности, покрытой нефтяной пленкой // Оптика атмосферы и океана. – Баку: ЭЛМ, 1983. – С. 33–44.
4. Кропоткин М. А., Шевелева Т. Ю. Лазерная локация нефтяных загрязнений вод // Оптические методы изучения океанов и внутренних водоемов. – Новосибирск: Наука, 1979. – С. 188–192.
5. Белов М. Л., Городничев В. А., Козинцев В. И. О лидарном методе обнаружения нефтяных пленок на морской поверхности // Вестник МГТУ. Сер. Приборостроение. – 1996. – № 3. – С. 3–9.
6. Белов М. Л., Городничев В. А., Козинцев В. И. О лазерном дистанционном зондировании нефтяных пленок на морской поверхности // Исследование Земли из космоса. – 1995. – № 6. – С. 40–44.
7. Белов М. Л., Городничев В. А., Козинцев В. И. Оценка энергии излучения лазерного локаатора, предназначенного для обнаружения пленок нефтепродуктов на морской поверхности // Вестник МГТУ. Сер. Приборостроение. – 1997. – № 3. – С. 3–10.
8. Межерис Р. Лазерное дистанционное зондирование. – М.: Мир, 1987. – 550 с.
9. Сигналы и помехи в лазерной локации/ В.М. Орлов, И.В. Самохвалов, Г.М. Креков и др. – М.: Радио и связь, 1985. – 264 с.
10. Дистанционный контроль верхнего слоя океана / В.М. Орлов, И.В. Самохвалов, М.Л. Белов и др. – Новосибирск: Наука, 1991. – 149 с.
11. Малкевич М. С., Чавро А. И. Оценка погрешности определения температуры поверхности океана по спутниковым измерениям в окнах прозрачности 3,7; 11,1; 12 мкм // Исследование Земли из космоса. – 1982. – № 4. – С. 72–83.
12. Бычкова И. А., Викторов С. В., Виноградов В. В. Дистанционное определение температуры моря. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 223 с.
13. Кондратьев К. Я. Космическая дистанционная индикация температуры подстилающей поверхности. – ВНИИГМИ-МЦД, 1978. – 50 с.
14. Сутовский В. М., Успенский А. Б. Использование дополнительной информации при дистанционном определении температуры поверхности океана по данным спутниковых измерений уходящего теплового излучения в диапазоне 10,5–12,5 мкм // Исследование Земли из космоса. – 1985. – № 4. – С. 86–97.
15. Гуревич И. Я., Шифрин К. С. Энергетика лидара при дистанционном обнаружении нефтяных пленок на море // Известия АН СССР. Сер. Физика атмосферы и океана. – 1976. – Т. 12. – № 8. – С. 863–867.

16. Зуев В. Е., Макушкин Ю. С., Пономарев Ю. Н. Спектроскопия атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 247 с.
17. Креков Г. М., Рахимов Р. Ф. Оптико-локационная модель континентального аэрозоля. – Новосибирск: Наука, 1992. – 197 с.
18. Оптика океана. Т. 2. Прикладная оптика океана. – М.: Наука, 1983. – 372 с.
19. Сох С., Мунк W. Slopes of sea surface deduced from photographs of sun glitter // *Scripps. Ins. Oceanography. Bull.* 1956. V. 6. No. 9. P. 401–488.
20. Бортковский Р. С. Пространственно-временные характеристики барашков и пены, образующихся при обрушении ветровых волн // *Метеорология и гидрология.* – 1987. – № 5. – С. 68–75.
21. Павлов А. В. Оптико-электронные приборы. – М.: Энергия, 1974. – 359 с.
22. Протопопов В. В., Устинов Н. Д. Инфракрасные лазерные локационные системы. – М.: Военное издательство, 1987. – 175 с.
23. Богомолов П. А., Сидоров В. И., Усольцев И. Ф. Приемные устройства ИК-систем. – М.: Радио и связь, 1987. – 195 с.
24. Carlisle C. B., van der Laan J. E., Carr L. W., Adam P., Chiaroni J. P. CO<sub>2</sub>-laser-based differential absorption lidar system for range-resolved and long-range detected of chemical vapor plumes // *Applied Optics.* 1995. V. 34, No. 27. P. 6187–6200.

Статья поступила в редакцию 2.10.1998

Михаил Леонидович Белов родился в 1950 г., окончил в 1973 г. МЭИ. Канд. физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник НИИ радиоэлектроники и лазерной техники МГТУ им. Н.Э. Баумана. Имеет более 100 научных работ в области лазерной локации и атмосферной оптики.

M.L. Belov (b. 1950) graduated from Moscow Power Engineering Institute in 1973. Ph. D. (Phys.-math.), senior researcher of Electronics and Laser Technology Research Institute of the Bauman Moscow State Technical University. Author of more than 100 publications in the field of laser detection and ranging and atmospheric optics.

Виктор Александрович Городничев родился в 1952 г., окончил в 1976 г. МГУ им. М.В. Ломоносова. Канд. техн. наук, начальник сектора НИИ радиоэлектроники и лазерной техники МГТУ им. Н.Э. Баумана. Имеет 55 научных работ в области лазерной техники.

V.A. Gorodnichev (b. 1952) graduated from Lomonosov Moscow State University in 1976. Ph. D. (Eng.), section head of Electronics and Laser Technology Research Institute of the Bauman Moscow State Technical University. Author of 55 publications in the field of laser technology.

Валентин Иванович Козинцев родился в 1945 г., окончил в 1969 г. МВТУ им. Н.Э. Баумана. Д-р техн. наук, зам. директора НИИ радиоэлектроники и лазерной техники МГТУ им. Н.Э. Баумана. Имеет более 100 научных работ в области квантовой электроники и лазерной техники.

V.I. Kozintsev (b. 1945) graduated from Bauman Moscow Higher Technical School in 1969. D. Sc. (Eng.), deputy director of Electronics and Laser Technology Research Institute of the Bauman Moscow State Technical University. Author of more than 100 publications in the field of quantum electronics and laser technology.

Юрий Алексеевич Кокорев родился в 1937 г., окончил в 1966 г. МВТУ им. Н.Э. Баумана. Доцент кафедры “Элементы приборных устройств” МГТУ им. Н.Э. Баумана. Имеет 2 научные работы в области лазерной техники.

Yu.A. Kokorev (b. 1937) graduated from Moscow Higher Technical School in 1966. Ass. professor of “Components of Instrumental Devices” Department of the Bauman Moscow State Technical University. Author of 2 publications in the field of laser technology.