

### РАЗДЕЛ 3.

## ГИДРОЛОГИЯ, ОКЕАНОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ

УДК 623.502

### ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ВИЗУАЛЬНЫМ МЕТОДОМ В СЛОЖНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

*Дорофеев В. В.<sup>1</sup>, Кузнецов И. Е.<sup>2</sup>, Нечаев В. Н.<sup>3</sup>, Степанов А. В.<sup>4</sup>, Насонов А. А.<sup>5</sup>*

*<sup>1,2,3,4,5</sup>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Российская Федерация  
E-mail: <sup>5</sup>alexeynasonov@list.ru*

В статье рассмотрены вопросы оценки влияния физико-географических условий на визуальный поиск в сложных метеорологических условиях с применением вертолётов в районе поисково-спасательных работ.

**Ключевые слова:** физико-географические условия, поисково-спасательные работы, потерпевшие бедствия, ландшафт местности, яркостный контраст, малоразмерные объекты, сложные метеорологические условия, полётная дальность видимости.

#### ВВЕДЕНИЕ

Поисково-спасательные работы (ПСР) с применением воздушных судов представляет собой комплекс мероприятий, направленный на поиск, обнаружение и спасание терпящих или потерпевших бедствия пассажиров и экипажей ВС (далее именуются — потерпевшие бедствие), оказание им медицинской помощи и эвакуации с места происшествия. Основным методом выполнения ПСР является радиотехнический поиск авиационными средствами, если при использовании данного метода не обнаружены потерпевшие бедствия (ПБ), то принимается решение на проведение детального визуального поиска и обследования местности предполагаемого района бедствия с применением авиационных сил и средств [1].

Эффективность визуального поиска при ПСР зависит от физико-географических условий, под которыми понимаются полёты над равнинной, холмистой, горной и пустынной местностью. Физико-географические условия оказывают значительное влияние на метеорологические условия в слое от земли до высоты 600 м. Оптимальными высотами для выполнения визуального поиска являются 500–600 метров для самолётов и 200–300 метров для вертолётов. Высота полёта может уточняться в зависимости от уровня подготовки экипажа, физико-географических и метеорологических условий районов полётов. [1, 2] Визуальное обнаружение малоразмерного объекта (объект с линейными размерами от 1 до 5 метров) зависит от полётной дальности видимости (с кабины ВС), высоты, скорости полета ВС, характера подстилающей поверхности и явлений погоды.

При выполнении ПСР потерпевшие бедствие являются, как правило малоразмерными объектами. В работе рассмотрен визуальный поиск ПБ с применением вертолётов над равнинной местностью.

Полётная дальность видимости (ПДВ) объектов напрямую определяется от ландшафта — вида местности, отличающейся характерными и индивидуальными чертами. Ландшафт является основной единицей физико-географического районирования территории с однотипным рельефом, климатом, закономерным сочетанием поверхностных вод, почв и растительности. От ландшафта местности зависит яркостный контраст ( $K$ ) объекта ПБ [3, 4].

Над пересеченной местностью при перемещении облачности высота её нижней границы значительно понижается над участками с возвышенностями и практически постоянно происходит ухудшение видимости [3], так же над лесными, водными массивами и заболоченными участками, с увеличенной относительной влажностью воздуха, наблюдается понижение облачности и ухудшение видимости [4, 5].

При оценке метеорологических условий визуальным поиском в сложных метеорологических условиях (СМУ) возникает противоречие, которое обусловлено отождествлением метеорологической дальности видимости (МДВ) объектов с полётной дальностью видимости (ПДВ). Данное отождествление не допустимо при выполнении ПСР, так как может привести к более длительным затратам по времени поиска и обнаружение ПБ. Противоречие обусловлено не совершенством научно-методического аппарата по оценки полётной дальности видимости малоразмерных объектов на различных ландшафтах местности. Противоречие требует решение научной задачи по разработке методики оценки влияния физико-географических условий на визуальный поиск при выполнении ПСР в СМУ с применением вертолётов.

Поэтому *целью* работы является, повышение качества метеорологического обеспечения ПСР путём оценки влияния физико-географических условий визуальным методом в СМУ. Цель достигается разработкой модели полётной дальности видимости малоразмерных объектов ПБ.

#### **МОДЕЛЬ ПОЛЁТНОЙ ДАЛЬНОСТИ ВИДИМОСТИ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ ПОТЕРПЕВШИХ БЕДСТВИЕ В СЛОЖНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ НАД РАВНИННОЙ МЕСТНОСТЬЮ**

Физико-географические условия и время года влияют на ландшафт местности [6]. Ландшафт местности, оказывает влияние на условия оптической маскировки (по условиям оптической маскировки ПБ подразделяются на малозаметные  $K=0,2$ , средnezаметные  $K=0,6$  и хорошо заметные  $K=0,9$ ) и тем самым отражается на ПДВ.

Математическая модель ПДВ реализуется на основе модели дальности видимости порога обнаружения ПБ, с учетом их линейных размеров в простых метеорологических условиях (ПМУ для вертолётов не ниже 600 м видимость по горизонтали не менее 10 км.) [1] по формуле:

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ВИЗУАЛЬНЫМ МЕТОДОМ В СЛОЖНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

---

$$S_0' = 1700 \cdot Lor \cdot K \cdot \exp\left(\frac{-\ln(1/\varepsilon)}{S_0}\right)$$

где  $Lor$  — линейные размеры малоразмерного объекта;

$K$  — контрастность объекта;

$\varepsilon$  — пороговая чувствительность глаза;

$S_0$  — метеорологическая дальность видимости.

В таблице 1 представлены значения порога обнаружения объекта при различных условиях оптической маскировки местности (коэффициентах контрастности и линейных размеров в ПМУ).

Таблица 1.

Дальность видимости порога обнаружения малоразмерных объектов (м) в зависимости от линейного размера (при  $\varepsilon = 0.05$ ) при различных условиях оптической маскировки при различных яркостных контрастах ( $K$ ).

Коэффициент контрастности	K = 0,9				K = 0,6				K = 0,2			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Линейный размер, м.												
Порог обнаружения, м	1 700	3 400	5 100	6 800	1 000	2 000	3 100	4 100	340	680	1 000	1 400

Оценка влияния физико-географических условий при проведении ПСР в СМУ реализовано с помощью трех программных продуктов для ЭВМ: «Расчет полетной видимости с учетом линейного размера объекта (ориентира)», «Расчет полетной дальности видимости при планировании полетов», «Расчет влияния местности на высоту нижней границы облачности и метеорологическую дальность видимости» [7, 8, 9].

В качестве примера на рисунках 1–5 представлены результаты оценки ПДВ ПБ в СМУ (высота нижней границы облаков ВНГО = 200м, МДВ = 2 000 м) с линейными размерами 1 и 2 м, различными условиями оптической маскировки, явлениями погоды, высотами и скоростями полёта вертолёта.

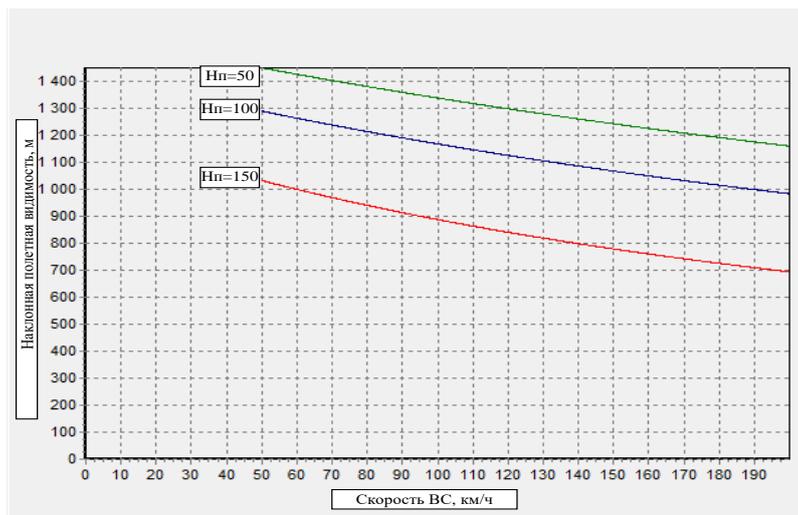


Рис. 1. Зависимость полетной дальности видимости малоразмерного объекта потерпевшего бедствия (линейный размер  $L=1$  м), путевой скорости ВС, при высоте полета  $H_n = 50, 100$  и  $150$  м в условиях оптической маскировки ( $K = 0,9$ ) при ВНГО =  $200$  м, МДВ =  $2000$  м.

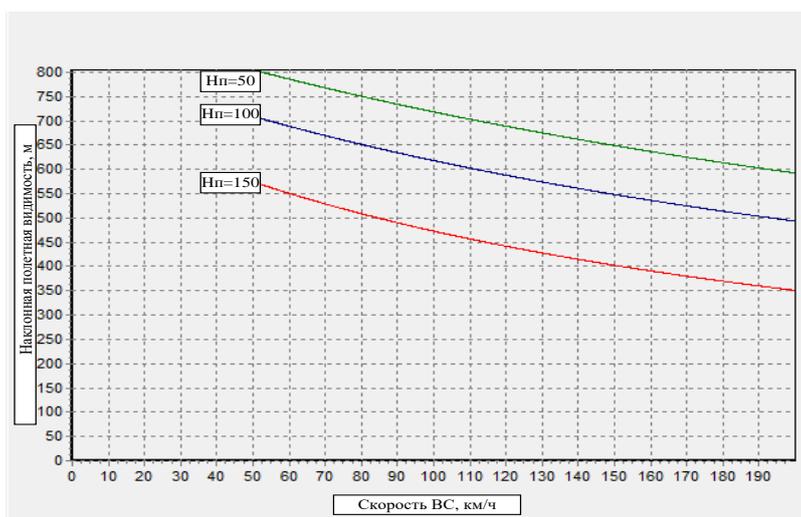


Рис. 2. Зависимость полетной дальности видимости малоразмерного объекта потерпевшего бедствия (линейный размер  $L=1$  м), путевой скорости ВС, при высоте полета  $H_n = 50, 100$  и  $150$  м в условиях оптической маскировки ( $K = 0,6$ ) при ВНГО =  $200$  м, МДВ =  $2000$  м.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ВИЗУАЛЬНЫМ МЕТОДОМ В СЛОЖНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

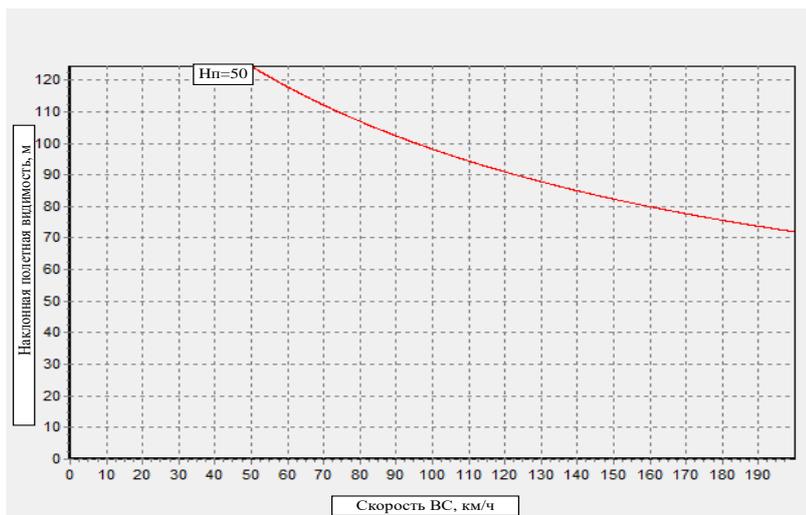


Рис. 3. Зависимость полетной дальности видимости малоразмерного объекта потерпевшего бедствия (линейный размер  $L = 1$  м), путевой скорости ВС, при высоте полета  $H_p = 50$  м в условиях оптической маскировки ( $K = 0,2$ ) при  $V_{НГО} = 200$  м,  $MДВ = 2\ 000$  м.

Явления погоды оказывают непосредственное влияние на ПДВ. Распределение зависимости ПДВ от явлений погоды, условий оптической маскировке, высоты и скорости полета вертолета представлены на рисунках 4–5 [7, 8, 9].

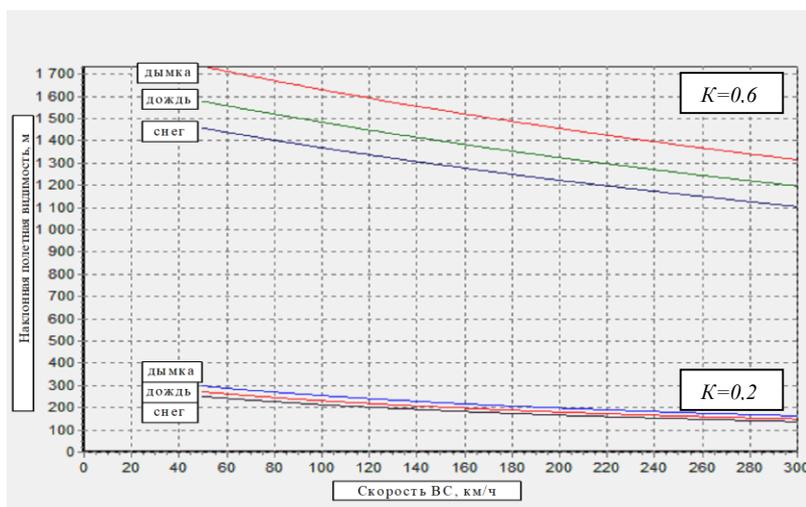


Рис. 4. Зависимость полетной дальности видимости малоразмерного объекта потерпевшего бедствия (линейный размер  $L = 2$  м) от путевой скорости ВС, явлений погоды при высоте полета 50 м в различных условиях оптической маскировки ( $K = 0,6$ ;  $K = 0,2$ ) при  $V_{НГО} = 200$  м, и  $MДВ = 2\ 000$  м.

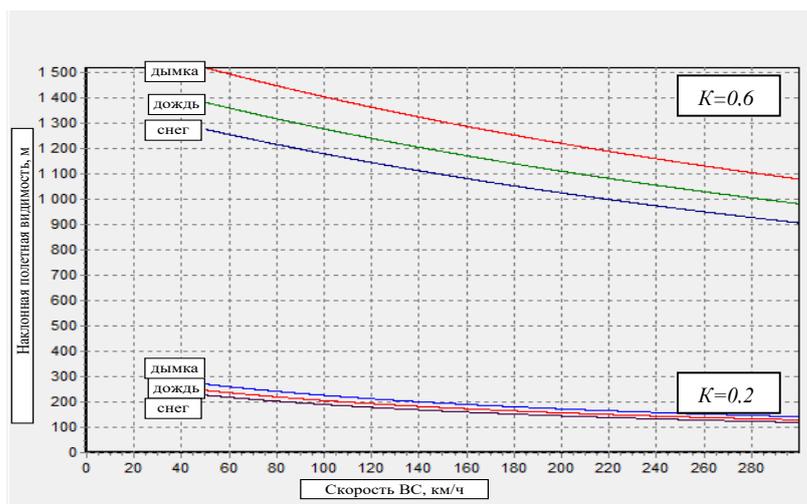


Рис. 5. Зависимость полетной видимости малоразмерного объекта потерпевшего бедствия (линейный размер  $L=2$  м) от путевой скорости ВС, явлений погоды при высоте полета 100 м в различных условиях оптической маскировки ( $K=0,6$ ;  $K=0,2$ ) при ВНГО=200 м, МДВ=2000 м.

Анализ влияния явлений погоды на ПДВ показывает следующее: в дожде ухудшение полетной видимости составляет 9%, в снеге 16%, в мороси 20% по отношению к дымке.

## ВЫВОДЫ

Результаты работы позволяют сделать следующие выводы:

1. С увеличением высоты и скорости полёта вертолёт ПДВ уменьшается.
2. Визуальный поиск малозаметных объектов в СМУ ПСР проводить не целесообразно, так как ПДВ при скорости 50 км/ч не превышает 130 метров.
3. С увеличением линейного размера в 3 раза происходит увеличение ПДВ в 2 раза.
4. Предложенная методика оценки влияния физико-географических условий позволяет оценивать возможность проведения ПСР визуальным методом с учётом уровня подготовки лётного состава в СМУ.
5. Анализ зависимости полетной дальности видимости малоразмерного объекта ПБ, показывает, что полётная видимость существенно зависит от физико-географических условий (ландшафта) которые определяют условия оптической маскировки. Полётная видимость хорошо заметных объектов в пять раз превышает полётную видимость мало заметных объектов.
6. Таким образом, повышения качества метеорологического обеспечения визуальным методом ПСР при оценке метеорологических условий реализуется методикой позволяющей учитывать физико-географические условия, как фактор,

# ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ВИЗУАЛЬНЫМ МЕТОДОМ В СЛОЖНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

который определяет условия оптической маскировки и возможный способ поиска и спасения ПБ.

## Список литературы

1. РПАСОП ГА-91. Руководство по поисковому и аварийно-спасательному обеспечению полетов гражданской авиации СССР. М.: Министерство гражданской авиации, 1991. 192 с.
2. Федеральные авиационные правила по производству полетов государственной авиации Российской Федерации (ФАППП-2004). М.: Воениздат, 2004. 104 с.
3. Дорофеев В. В. Нахмансон Г. С. Наклонная дальность видимости. Монография. Воронеж: ВАИУ, 2007. 209 с.
4. Матвеев Л. Т. Физика атмосферы. СПб. : Гидрометеиздат, 2000. 780 с.
5. Шаронов В.В. Свет и цвет. М.: Физматлит, 1961. 311 с.
6. Мильков Ф. Н. Физическая география. Учение о ландшафте и географическая зональность. Воронеж: Издательство воронежского университета, 1986. 8 с.
7. Федеральный институт промышленной собственности [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.fips.ru/iiss/document.xhtml?facesredirect=true&id=a6bd193c7e932809e67dc68730f19abf> (дата обращения: 23.05.2021).
8. Федеральный институт промышленной собственности [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.fips.ru/iiss/document.xhtml?facesredirect=true&id=4914622bdc0bc1f97dc9616ada810ff6> (дата обращения: 23.05.2021).
9. Федеральный институт промышленной собственности [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.fips.ru/iiss/document.xhtml?facesredirect=true&id=082ca36bb456fc6c6610c1dddf249c9b> (дата обращения: 23.05.2021).

## ASSESSMENT OF THE IMPACT OF PHYSICAL AND GEOGRAPHICAL CONDITIONS ON SEARCH AND RESCUE OPERATIONS BY VISUAL METHOD IN DIFFICULT METEOROLOGICAL CONDITIONS

*Dorofeev V. V.<sup>1</sup>, Kuznetsov I. E.<sup>2</sup>, Nechaev V. N.<sup>3</sup>, Stepanov A. V.<sup>4</sup>, Nasonov A. A.<sup>5</sup>*

<sup>1,2,3,4,5</sup>Military Training and Research Center of the Air Force “Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin”, Voronezh, Russian Federation  
*E-mail: alexeynasonov@list.ru*

The article deals with the issues of assessing the impact of physical and geographical conditions on visual search, in difficult meteorological conditions with the use of helicopters in the area of search and rescue operations. Search and rescue operations (PSR) with the use of aircraft is a set of measures aimed at finding, detecting and rescuing passengers and crews of the Armed Forces (hereinafter referred to as the victims of disaster) who are suffering or have suffered a disaster, providing them with medical assistance and evacuation from the scene of the accident. The main method of performing the PSR is a radio-technical search by aviation means, if no disaster victims are found when using this method, then a decision is made to conduct a detailed visual search and survey of the area of the intended disaster area with the use of aviation forces and means. The effectiveness of visual search in the PSR depends on the physical and geographical conditions, which are understood as flights over flat, hilly, mountainous and desert terrain. Physical and geographical conditions have a significant impact on the meteorological

conditions in the layer from the ground to an altitude of 600 m. The optimal heights for performing visual search are 500–600 meters for airplanes and 200–300 meters for helicopters. The altitude of the flight can be specified depending on the level of training of the crew, physical, geographical and meteorological conditions of the flight areas. Visual detection of a small object (an object with linear dimensions from 1 to 5 meters) depends on the flight range of visibility (from the aircraft cabin), altitude, aircraft flight speed, the nature of the underlying surface and weather phenomena.

When performing the PSR, the BOS are, as a rule, small-sized objects. The paper considers the visual search for PB using helicopters over flat terrain.

The flight range of visibility (MPV) of objects directly depends on the landscape — the type of terrain that differs in characteristic and individual features. The landscape is the main unit of physical and geographical zoning of the territory with the same type of relief, climate, natural combination of surface waters, soils and vegetation. The brightness contrast (K) of the PB object depends on the terrain [3, 4].

Over rough terrain, when the cloud cover moves, the height of its lower border significantly decreases over areas with elevations and almost constantly there is a deterioration in visibility [3], as well as over forests, water bodies and wetlands, with increased relative humidity, there is a decrease in cloud cover and a deterioration in visibility.

When assessing meteorological conditions by visual search in complex meteorological conditions (SMU), a contradiction arises, which is due to the identification of the meteorological range of visibility (MDV) of objects with the flight range of visibility (MPV). This identification is not allowed when performing the PSR, as it can lead to a longer search time and the detection of PB. The contradiction is not due to the perfection of the scientific and methodological apparatus for assessing the flight range of visibility of small-sized objects on various terrain landscapes. The contradiction requires the solution of the scientific task of developing a methodology for assessing the impact of physical and geographical conditions on visual search when performing RPS in SMU using helicopters. Therefore, the aim of the work is to improve the quality of the meteorological support of the PSR by assessing the influence of physical and geographical conditions by the visual method in the SMU.

The goal is achieved by developing a model of the flight range of visibility of small-sized PB objects.

**Keywords:** physical and geographical conditions, search and rescue operations, victims of disasters, terrain, brightness contrast, small objects, complex meteorological conditions, flight visibility range.

#### References

1. RPASOP GA-91. Rukovodstvo po poiskovomu i avarijno-spasatel'nomu obespecheniju poletov grazhdanskoj aviacii SSSR. M.: Ministerstvo grazhdanskoj aviacii, 1991. 192 p. (in Russian).
2. Federal'nye aviacionnye pravila po proizvodstvu poletov gosudarstvennoj aviacii Rossijskoj Federacii (FAPPP-2004). M.: Voenizdat, 2004. 104 p. (in Russian).
3. Dorofeev V. V. Nahmanson G. S. Naklonnaja dal'nost' vidimosti. Monografija. Voronezh: VAIU, 2007. 209 p. (in Russian).
4. Matveev L. T. Fizika atmosfery. SPb. : Gidrometeoizdat, 2000. 780 p. (in Russian).

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ВИЗУАЛЬНЫМ МЕТОДОМ В СЛОЖНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

---

5. Sharonov V. V. Svet i cvet. M.: Fizmatlit, 1961. 311 p. (in Russian).
6. Mil'kov F. N. Fizicheskaja geografija. Uchenie o landshafte i geograficheskaja zonal'nost' Voronezh: Izdatel'stvo voronezhskogo universiteta, 1986. 8 p. (in Russian).
7. Federal'nyj institut promyshlennoj sobstvennosti. [Electronic resource]. URL: <https://www.fips.ru/iiss/document.xhtml?facesredirect=true&id=a6bd193c7e932809e67dc68730f19abf> (reference date: 23.05.2021). (in Russian).
8. Federal'nyj institut promyshlennoj sobstvennosti. [Electronic resource]. URL: <https://www.fips.ru/iiss/document.xhtml?facesredirect=true&id=4914622bdc0bc1f97dc9616ada810ff6> (reference date: 23.05.2021). (in Russian).
9. Federal'nyj institut promyshlennoj sobstvennosti. [Electronic resource]. URL: <https://www.fips.ru/iiss/document.xhtml?facesredirect=true&id=082ca36bb456fc6c6610c1dddf249c9b> (reference date: 23.05.2021). (in Russian).

*Поступила в редакцию 21.05.2021*