

## **РАСЧЕТ НАКЛОННОЙ ПОЛЕТНОЙ ВИДИМОСТИ ДЛЯ АЭРОВИЗУАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ, ВЫЗВАННЫХ НАВОДНЕНИЯМИ**

Наводнения являются природным фактором, оказывающим существенное влияние на геоэкологическую обстановку [1, 2]. Они составляют более 40% всех мировых стихийных бедствий, которые причиняют не только большой материальный ущерб, но иногда сопровождаются многочисленными человеческими жертвами. На территории России наибольшую опасность представляют наводнения, которые образуются в результате дождевых паводков. К таким территориям относятся районы Северного Кавказа, Саян, Забайкалья, Сибири и Дальнего Востока [1, 2].

В настоящее время, в связи с резким сокращением на территории России гидрологических постов и метеорологических станций (более 800), на которых производятся гидрометеорологические наблюдения, еще больше возросла роль оперативной оценки геоэкологической обстановки [1].

Космические системы наблюдения не всегда могут оперативно предоставить информа-

цию по реальной оценке геоэкологической обстановки, что обусловлено чрезвычайными метеорологическими факторами (таблица 1) [1, 4].

Из таблицы 1 видно, что метеорологические факторы обусловлены циклонической деятельностью – т.е. многослойной облачностью, которая не позволяет получать аэрокосмические изображения районов стихийных бедствий в течение нескольких суток. Поэтому единственным оперативным способом реальной объективной оценки геоэкологической обстановки является аэровизуальная оценка с помощью авиации.

Применение авиации позволяет оперативно провести анализ геоэкологической обстановки территорий и акваторий в зонах наводнений с целью получения информации, необходимой для предотвращения, минимизации и ликвидации неблагоприятных экологических последствий, поддержания оптимальных условий жизни населения и социально – экономи-

**Таблица 1**

**Метеорологические факторы, обуславливающие наводнения**

| Вид осадков                       | Ливни                                  | Ливневой дождь               | Обложные дожди               |
|-----------------------------------|--|------------------------------|------------------------------|
| Интенсивность, мм/ч               | 10-20                                  | 2-10                         | 2                            |
| Средняя продолжительность, ч, сут | 2-4ч                                   | 3-5сут                       | 3-5сут                       |
| Среднее количество осадков, мм    | 100-150 и более                        | 150-300 и более              | 50-100 и более               |
| Тип синоптической ситуации        | тыл циклона                            | передняя часть циклона       | центр, теплый сектор циклона |
| Гидрологические явления           | значительные наводнения на малых реках | наводнения на всех типах рек | наводнения на всех типах рек |

ческих функций геоэкосистем, прогнозирования тенденций изменения экологического состояния ландшафтов.

Деятельность авиации как основного оперативного средства оценки геоэкологической обстановки и проведения поисково-спасательных работ зависит от метеорологических условий – высоты нижней границы облаков, полетной видимости, явлений погоды и т.д.

Поэтому целью статьи является методика расчета наклонной полетной видимости для выполнения аэровизуальной оценки геоэкологической обстановки при чрезвычайных ситуациях, вызванных наводнениями, с учетом оптических характеристик атмосферы.

При разработке методики использовались топографические карты крупного масштаба, аэросиноптические материалы, метеорологические наблюдения за высотой нижней границы облаков и метеорологической дальностью видимости, при которых наблюдались катастрофические ситуации, вызванные наводнениями на территории России за 1995-2004 годы.

Условия оценки геоэкологической обстановки при визуальных полетах в зонах наводнений существенно осложняются не только ограниченной видимостью, высокими психофизиологическими и физическими нагрузками, вызываемыми близостью земли, малой дальностью обнаружения и малым временем наблюдения ориентиров, а прежде всего тем, что при одних и тех же значениях нижней границы облачности и горизонтальной видимости у земли условия видимости с высоты полета могут существенно различаться [3].

Поэтому для аэровизуальной оценки геоэкологической обстановки под низкими облаками необходим расчет и прогноз не только высоты нижней границы облаков (ВНГО) и метеорологической дальности видимости (МДВ), а, прежде всего, видимости из кабины воздушного судна (ВС) наземных объектов (ориентиров) в полете, т.е. наклонной полетной видимости.

Вопрос об обеспечении информацией о наклонной полетной видимости с высоты полета до настоящего времени остается нерешенным. Это объясняется многофакторной зави-

симостью наклонной полетной видимости. Основными факторами являются: ВНГО, МДВ, распределение горизонтальной видимости с высотой, углы визирования, геометрические характеристики, контраст объекта (ориентира) и фона, освещенность, состояние зрения наблюдателя, скорость и высота полета ВС, направление и скорость ветра на высоте полета, характер подстилающей поверхности.

Наклонная полетная видимость зависит от ВНГО и МДВ, на которые в свою очередь влияют рельеф местности, характер подстилающей поверхности (растительный покров, водные объекты).

Методика расчета наклонной полетной видимости с высоты полета реализована путем комплексного использования основных положений теории негоризонтальной видимости и опыта воздушной навигации визуальных полетов под низкими облаками для пяти основных типов распределения горизонтальной видимости с высотой в различных явлениях погоды [3].

Наклонная полетная видимость для заданной высоты полета рассчитывается в соответствии со следующей формулой:

$$S_{D.i\dot{E}} = \frac{H_{ii\dot{E}}}{\cos q \cdot \int_0^{H_{ii\dot{E}}} \frac{I/e}{S_{mh}} dh} \ln \left[ 1 + \left( \frac{K_0}{e} - 1 \right) \frac{B_0}{A} \right] \quad (1)$$

где  $H_{пол}$  – высота полета ВС, м;  $K_0$  – первоначальный, не искаженный дымкой контраст между объектом и фоном ( $K_0 \leq 1$ );  $B_0$  – истинная яркость фона, т. е. яркость, не искаженная атмосферной дымкой;  $B$  – коэффициент, характеризующий состояние яркостного «насыщения» слоя помутнения;  $e$  – порог контрастной чувствительности глаза;  $q$  – угол визирования, зависящий от явлений погоды и путевой скорости ВС на высоте полета, °;  $dh$  – слои, характеризующие распределение горизонтальной видимости с высотой, м;  $S_{mh}$  – горизонтальная видимость на высоте  $h$ , м.

Предложенная методика позволяет рассчитать наклонную полетную видимость для трех типов распределения горизонтальной видимости

Расчет наклонной полетной видимости для аврвизуальной оценки геозкологической обстановки при чрезвычайных ситуациях, вызванных наводнениями

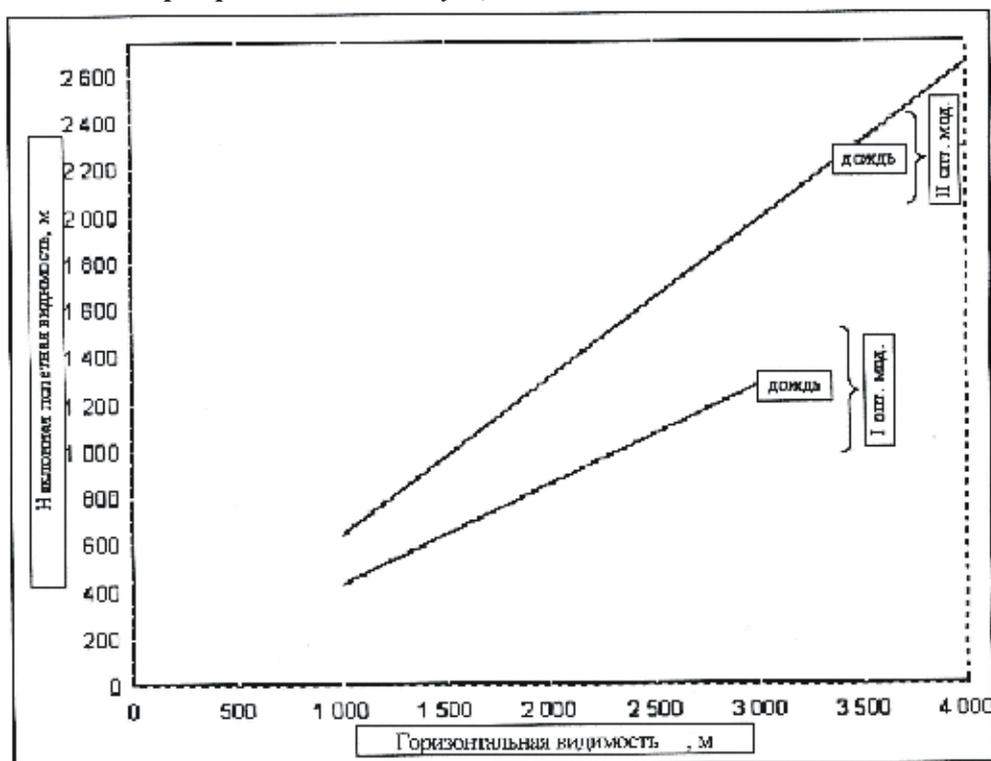


Рис. 1. Зависимость наклонной полетной видимости от горизонтальной видимости в I и II оптической модели (ВНГО = 150 м,  $K = 0,6$ ,  $\frac{B_0}{A} = 1,5$ ,  $H_{пол} = 100$  м) для дождя при путевой скорости 300 км/ч

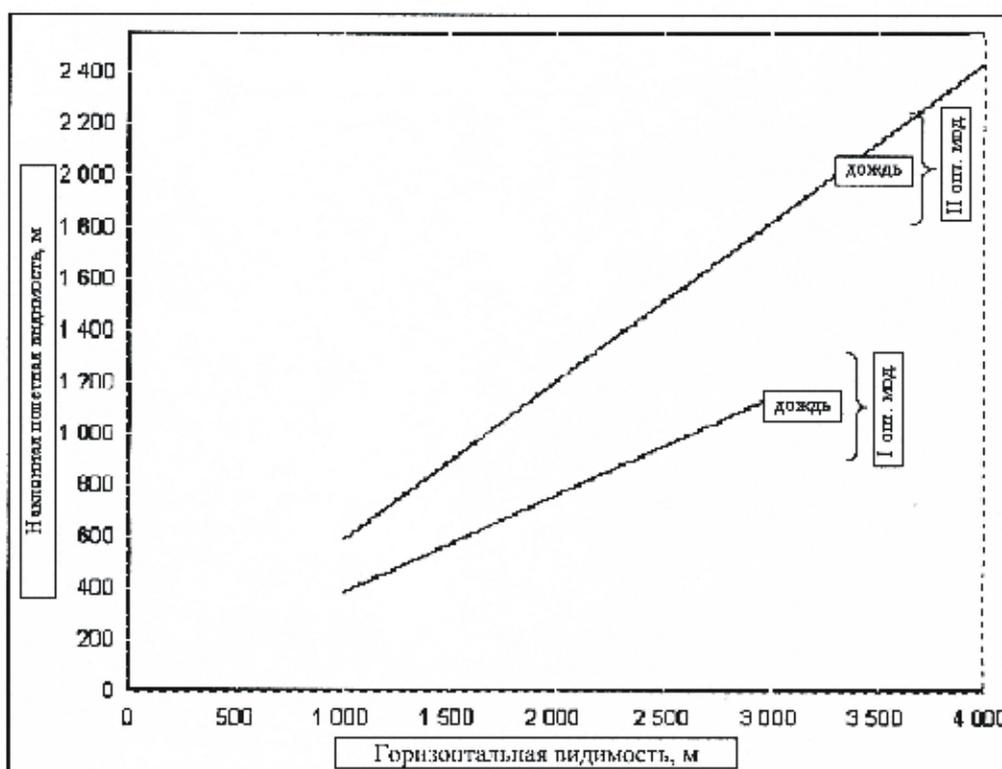


Рис. 2. Зависимость наклонной полетной видимости от горизонтальной видимости в I и II оптической модели (ВНГО = 150 м,  $K = 0,6$ ,  $\frac{B_0}{A} = 1,5$ ,  $H_{пол} = 100$  м) для дождя при путевой скорости 600 км/ч

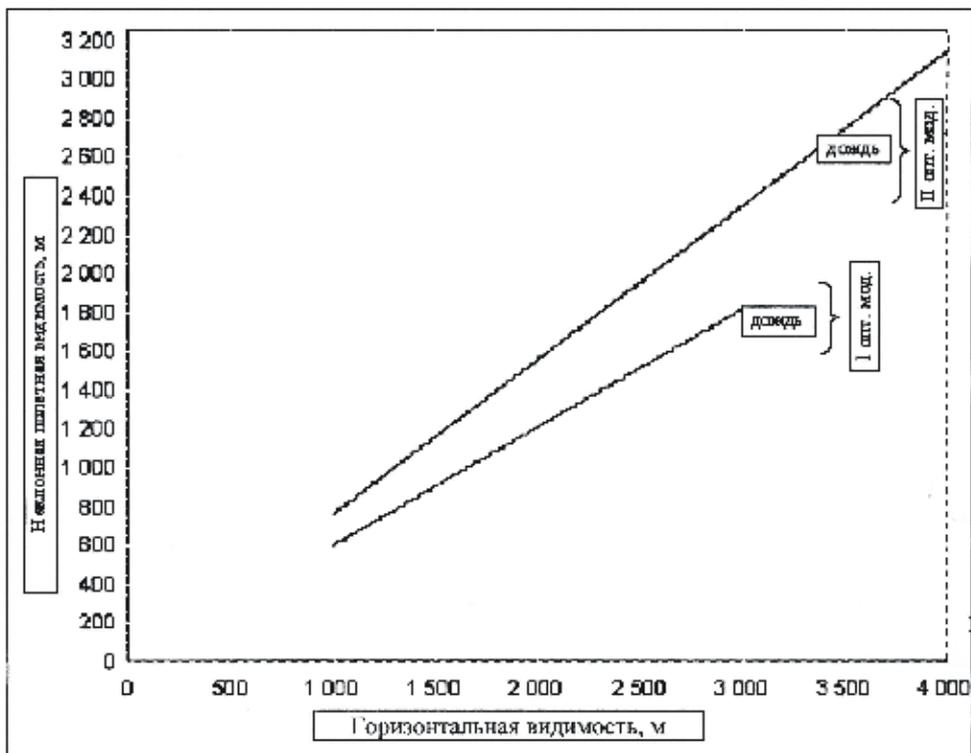


Рис. 3. Зависимость наклонной полетной видимости от горизонтальной видимости в I и II оптической модели (ВНГО = 150 м,  $K = 0,6$ ,  $\frac{B_0}{A} = 1,5$ ,  $W=300$  км/ч) для дождя при высоте полета 50 м

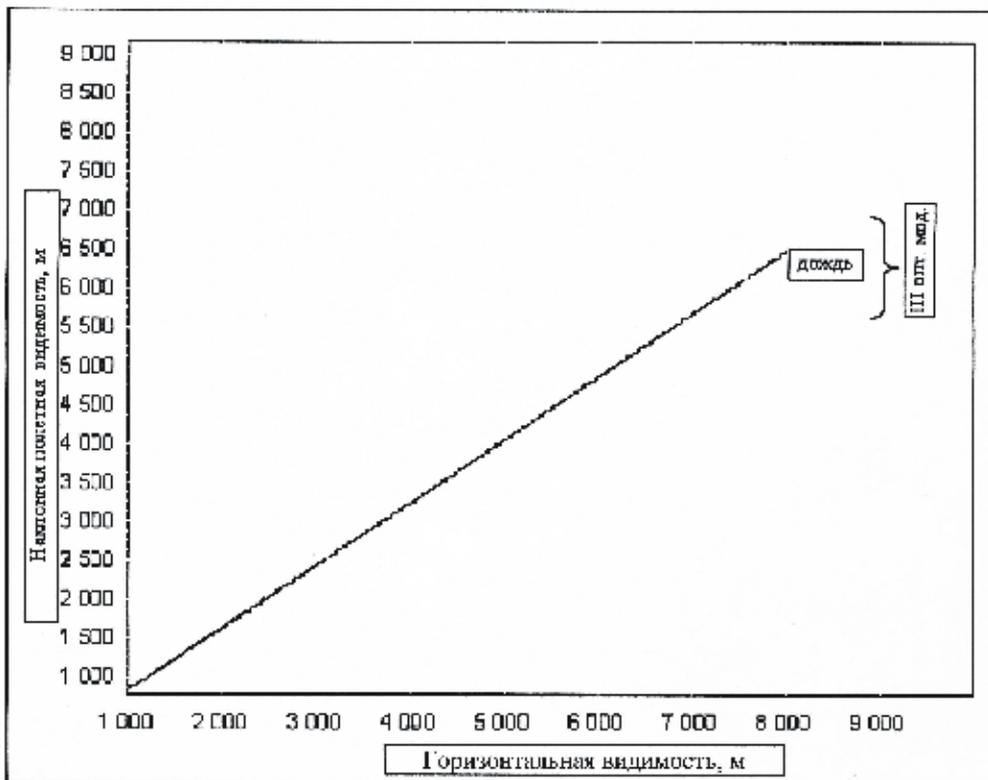


Рис. 4. Зависимость наклонной полетной видимости от горизонтальной видимости в III оптической модели (ВНГО = 400 м,  $K = 0,6$ ,  $\frac{B_0}{A} = 1,5$ ,  $W=300$  км/ч) для дождя при высоте полета 100 м

Значения критериев успешности ( $R$ ,  $\sigma$ ,  $h$ ) расчета наклонной полетной видимости для I-III оптической модели

| I оптическая модель |          |        | II оптическая модель |          |        | III оптическая модель |          |        |
|---------------------|----------|--------|----------------------|----------|--------|-----------------------|----------|--------|
| R                   | $\sigma$ | $\eta$ | R                    | $\sigma$ | $\eta$ | R                     | $\sigma$ | $\eta$ |
| 0,78                | 178,6    | 143,1  | 0,75                 | 185,3    | 147,8  | 0,69                  | 324,7    | 260,7  |

сти с высотой (оптических моделей) [3], характерных при дождевых паводках.

При расчете по формуле 1 интегрирование для I и II оптических моделей производится от поверхности земли до  $H_{\text{пол}}$ , в III оптической модели – от поверхности земли до уровня конденсации ( $H_{\text{ук}}$ ) и от уровня конденсации до  $H_{\text{пол}}$ . (если  $H_{\text{пол}}$  меньше  $H_{\text{ук}}$  – от поверхности земли до  $H_{\text{пол}}$ ).

Выбор оптических моделей производится по характеру физического процесса, происходящего в атмосфере, типа синоптической ситуации, данных вертикального зондирования атмосферы и измеренных метеовеличин.

В качестве примера представлены результаты расчета наклонной полетной видимости с высоты полета для I-III оптической модели на рисунках 1-4 для различных влияющих факторов.

Анализ влияния основных факторов (рис. 1-4) по рассчитанным значениям наклонной полетной видимости показывает, что они существенно зависят от оптической модели, высоты и скорости полета ВС под облаками.

Достоверность методики расчета наклонной полетной видимости с высоты полета проведена по критериям успешности. Расчетные значения сравнивались с данными, полученными от экипажей ВС (таблица 2).

Значения критериев успешности показывают возможность использования методики расчета наклонной полетной видимости для аэровизуальной оценки геоэкологической обстановки.

Предлагаемая методика расчета условий выполнения аэровизуальной оценки геоэкологической обстановки при катастрофических ситуациях, вызванных наводнениями позволит: 1) оценить возможность и условия прове-

дения аэровизуальной разведки геоэкологической обстановки; 2) оперативно и своевременно анализировать геоэкологическую обстановку; 3) рационально использовать и контролировать материальные средства при ликвидации последствий наводнений; 4) эффективно проводить поисково – спасательные работы; 5) вести непрерывный мониторинг геоэкологической обстановки; 6) выявлять изменения жизнеобеспечивающих ресурсов геосферных оболочек под влиянием наводнений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доброулов Б.М. Наводнения на реках России: их формирование и районирование / Б.М. Доброулов, С.М. Тутановская // Метеорология и гидрология. – 2004. – № 12. – С. 70-78.
2. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий / В.А. Котляревский [и др.]. – М., 1995. – Кн. 3. – С. 5-11.
3. Рацимор М.Я. Наклонная видимость: метод. пособие для специалистов ГАМЦ, ЗАМЦ, АМЦ и АМСГ / М.Я. Рацимор. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 136 с.
4. Фивенский Ю.И. Крупномасштабное картирование погребенной поверхности коренных пород по данным аэрофотоснимков / Ю.И. Фивенский, С.И. Антонов // Материалы межгосударственного совещания XXIII пленума геоморфологической комиссии РАН. – Волгоград, 1996. – С. 46-48.