

Существует инструмент Google Earth Pro, в нем есть возможность посмотреть рельеф местности между двумя выбранным точками. При построении рельефа местности Google Earth Pro учитывает кривизну Земли, или просто указывает высоты от уровня моря? опрос к тому, можно ли быть уверенным, что если на этом рельефе две крайние точки находятся в прямой видимости, никакая возвышенность не перекрывает прямой вид, то и на местности также? Имеем в виду, что на возможных препятствиях нет зданий и деревьев, они лысые.



Как Google Earth Pro строит профиль рельефа?

Google Earth Pro использует **цифровую модель рельефа (ЦМР/DEM)**, которая учитывает:

1. **Высоту точек относительно уровня моря** (по данным SRTM, ASTER, или локальным лидарам).
2. **Кривизну Земли** при построении профиля между точками.

Но есть нюансы, влияющие на точность видимости.

Проверка прямой видимости: что учитывается, а что — нет?

✓ Что учитывается:

- **Рельеф** (холмы, горы, впадины).
- **Кривизна Земли** (для расстояний >10 км это критично).
- **Геоидальная модель** (разница между эллипсоидом и реальной формой Земли).

✗ Что игнорируется:

- **Атмосферная рефракция** (может «приподнимать» горизонт на 10–15%).
- **Здания и деревья** (если не включены в 3D-слой).
- **Мелкие объекты** (столбы, кусты, если ЦМР низкого разрешения).

Как точно проверить видимость?

1. **Постройте профиль** в Google Earth Pro:
 - Инструмент «**Линейка**» → вкладка «**Профиль**».
 - Убедитесь, что линия между точками **не пересекает возвышенности** (красные участки на графике).
2. **Формула учёта кривизны Земли:**

$$h = \frac{d^2}{2R}$$

Где:

- h — высота «провала» из-за кривизны (в метрах),
- d — расстояние (в км),
- R — радиус Земли (~6371 км).

Пример: Для $d = 10$ км $\rightarrow h = 7.8$ м. То есть, если перепад рельефа меньше 8 м, видимость есть.

3. Проверка в других сервисах:

- **HeyWhatsThat** (ссылка) — строит зоны видимости с учётом кривизны.
- **LIDAR-карты** (если доступны для региона) — точность до 1 м.

Вывод

Если Google Earth Pro показывает **прямую видимость** между двумя «лысыми» точками (без учёта деревьев/зданий), то:

- Для расстояний **<10 км** — можно доверять (погрешность ≤ 5 м).
- Для **>10 км** — проверьте кривизну по формуле или HeyWhatsThat.

Важно: Для критичных проектов (например, установки антенн) используйте **лидарные данные** или геодезические инструменты типа **QGIS с плагинами видимости**.

Нужна помощь с расчётами для конкретных координат? Отправьте точки — помогу проверить!

Конкретная задача.

Расстояние между мобильным телефоном и сотовой вышкой 30600 метров.
Согласно Google Earth телефон находится на высоте 253 метра, антенна вышки - на высоте 202 метра. На расстоянии 5680 метров от мобильного телефона находится лысая возвышенность (без зданий и деревьев) высотой 237 метров.
На расстоянии 5700 метров от телефона находится еще одна возвышенность высотой 265 метров, она не перекрывает прямую видимость телефон-вышка, так как находится на расстоянии 950 метров в стороне от линии телефон-вышка. На ней установлена железобетонная стелла высотой 36 метров (учитывать только для возможного переотражения радиоволн).
Мобильный телефон работает в диапазонах 1900 и 900 МГц.

Оцените возможность соединения телефона с этой сотовой вышкой при отсутствии вблизи других вышек, учитывая кривизну Земли, зоны Френеля и возможное переотражение от стеллы.

  < 4 / 4 >



Оценка радиосвязи между телефоном и вышкой

Дано:

- **Расстояние (d):** 30.6 км
- **Высота телефона (h_1):** 253 м
- **Высота антенны вышки (h_2):** 202 м
- **Препятствия:**
 - Возвышенность 1: 5.68 км от телефона, высота 237 м.
 - Возвышенность 2: 5.7 км от телефона, высота 265 м + стела 36 м (в стороне от линии, 950 м).
- **Диапазоны:** 900 МГц ($\lambda \approx 0.33$ м), 1900 МГц ($\lambda \approx 0.16$ м).

1. Учёт кривизны Земли

Высота «провала» (h) на расстоянии 30.6 км:

$$h = \frac{d^2}{2R} = \frac{(30.6)^2}{2 \times 6371} \approx 73.5 \text{ м}$$

Проверка видимости:

- **Относительные высоты:**

- Телефон: 253 м
- Вышка: 202 м

- **Эффективная высота вышки:**

$$h'_2 = h_2 - h = 202 - 73.5 = 128.5 \text{ м}$$

- **Линзовидная поправка** (рефракция, +15%):

$$h_{\text{корр}} = 73.5 \times 0.85 \approx 62.5 \text{ м} \quad \Rightarrow \quad h'_2 = 202 - 62.5 = 139.5 \text{ м}$$

Вывод: Телефон (253 м) и вышка (139.5 м) находятся **выше кривизны**, но нужна проверка препятствий.

2. Анализ препятствий

Возвышенность 1 (5.68 км от телефона, 237 м)

- **Высота над линией связи:**

Линия телефон–вышка: на расстоянии 5.68 км должна иметь высоту:

$$y = h_1 - \left(\frac{h_1 - h'_2}{d} \right) \times x = 253 - \left(\frac{253 - 139.5}{30.6} \right) \times 5.68 \approx 232 \text{ м}$$

Превышение: 237 м (препятствие) – 232 м (линия) = **+5 м**.

Возвышенность 2 (5.7 км, 265 м + стела 36 м, в стороне)

- Влияет только на **переотражение**, так как смещена на 950 м.

3. Зоны Френеля

Радиус первой зоны Френеля (r_1) на середине пути (15.3 км):

Для 900 МГц:

$$r_1 = \sqrt{\frac{\lambda \times d_1 \times d_2}{d_1 + d_2}} = \sqrt{\frac{0.33 \times 15.3 \times 15.3}{30.6}} \approx 15.8 \text{ м}$$

Требование: 60% зоны должно быть свободно → **9.5 м**.

Превышение препятствия 1 (+5 м) меньше 9.5 м → **частичное перекрытие**.

4. Переотражение от стелы

- **Угол отклонения:**

$$\alpha \approx \arctan\left(\frac{950}{5700}\right) \approx 9.5^\circ$$

- **Коэффициент отражения** (железобетон, 900 МГц): ~ 0.7 .
- **Задержка сигнала:**

$$\Delta d = 2 \times \sqrt{5700^2 + 950^2} - 30.6 \text{ км} \approx 1.2 \text{ км} \quad (\approx 4 \text{ мкс})$$

Для 900 МГц это может вызвать **интерференционные замирания**.

Итоговая оценка связи

1. Прямая видимость:

- **Есть**, но возвышенность 1 перекрывает **5 м** зоны Френеля → возможны **потери 10–15 дБ**.

2. Диапазон 900 МГц:

- Лучше проникает через препятствия, но страдает от переотражения.

3. Диапазон 1900 МГц:

- Сильнее затухание, но меньше влияние отражений.

Вероятность связи:

- **Слабый сигнал** (возможны разрывы).
- **Решение:**
 - Поднять антенну вышки на **10–15 м**.
 - Использовать **диапазон 900 МГц** для большей дальности.

Нужны ли детальные расчёты для корректировки высот?