# Сравнение пяти антенн по одновременным наблюдениям при внешней помехе

Отчёт по наблюдениям 03.10.2026, 12:43:42–12:59:59 GPS (DOY 276)

Антенны: 266C, 800S, AR20, CR-G3, ZEPHYR | Дата отчёта: 04.11.2026

## 1. Цель и краткие выводы

Цель — сравнить пять антенн по одновременным наблюдениям: SNR, многолучёвость, шум фазы, непрерывность слежения. В отличие от прошлых наборов, все файлы записаны в одно время, поэтому антенны сравниваются на одних и тех же спутниках и эпохах.

- **Основа сравнения:** два спутника BeiDou, которые есть во всех файлах: C41 (высокий, 34–38°) и C42 (13–20°), сигналы B1I и B3I. Четыре файла (266C, 800S, AR20, CR-G3) содержат только BeiDou и эти два спутника, ZEPHYR — все системы.
- **266C слабее всех:** SNR ниже среднего на 2.4 дБ·Гц, самая высокая многолучёвость (до 0.98 м на B1I низкого спутника) и самый большой шум фазы (1.94 мм против 1.25–1.48).
- **800S** сильнее всех на низком спутнике (+3.2 дБ·Гц на B1I) и в среднем (+1.7), минимальный шум фазы вместе с AR20 (1.25–1.26 мм).
- **AR20** лучший на высоком спутнике на B3I (+2.0 дБ·Гц), но на B1I низкого спутника на 1.5 дБ·Гц ниже среднего. Он захватил C41 только через 41 с после начала записи (остальные за 0–4 с).
- **CR-G3** близок к среднему по SNR, лучший по многолучёвости на B3I (0.12–0.16 м), но на B1I низкого спутника 0.52 м. **ZEPHYR** по SNR около среднего, на B1I низкого спутника лучший по многолучёвости (0.27 м).

## 2. Исходные данные

**Таблица 1.** Файлы наблюдений

| Антенна | Файл | Метка в файле | Период, GPS | Эпох | Системы |
|---|---|---|---|---|---|
| **266C** | be26276m.26o | beitian_266c | 12:44:18–12:59:59 | 942 | BeiDou (C41, C42; C35 21 с) |
| **800S** | be80276m.26o | beitian_800s | 12:43:43–12:59:59 | 977 | BeiDou (C41, C42) |
| **AR20** | le20276m.26o | leica_ar20 | 12:43:43–12:59:59 | 977 | BeiDou (C41, C42) |
| **CR-G3** | tog3276m.26o | topcon_g3 | 12:43:42–12:59:59 | 978 | BeiDou (C41, C42) |
| **ZEPHYR** | trze276m.26o | trimble_zephyr | 12:43:42–12:59:59 | 978 | GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou, QZSS |

- Формат RINEX 3.04, интервал 1 с, файлы созданы из потока RTCM программой Spider 7.8.3. Навигационные данные: plsd276m.26n/.26g/.26l/.26f.
- Сопоставление имён с обозначениями в отчётах сделано по меткам файлов (beitian_266c, beitian_800s, leica_ar20, topcon_g3, trimble_zephyr); TOPCON/topcon_g3 в отчёте назван CR-G3.
- Координаты в заголовках фиктивные (широта 0°). Для расчёта углов использовано решение по псевдодальностям ZEPHYR (остаточный разброс 8.3 м).

# 3. Методика

- **Углы возвышения** по бродкастным эфемеридам; C41 на 12:51 — 36°, C42 — 17° (за 16 минут C41 поднимается с 34° до 38°, C42 опускается с 20° до 13°).
- **SNR:** отклонение от среднего по пяти антеннам на эпохах, где сигнал есть у всех; для C42 дополнительно по трём диапазонам возвышения.
- **Многолучёвость:** комбинация кода и двух фаз, среднее по дуге вычтено, RMS (дуги от 120 с).
- **Шум фазы:** двумя методами: третьи разности геометрически свободной комбинации B1I/B3I одного приёмника и третьи разности двойных разностей по спутникам C41 и C42 между парами антенн (метод наименьших квадратов по 10 парам). Срывы — скачки комбинации больше 10 см.

# 4. Результаты

## 4.1 Захват и непрерывность слежения

**Таблица 2.** Слежение за спутниками BeiDou

| Антенна | Эпох | Эпох с C41 | Эпох с C42 | C41 захвачен через, с | Потеря C41 | Эпох с C35 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **266C** | 942 | 938 | 942 | 4 | — | 21 |
| **800S** | 977 | 971 | 977 | 0 | 6 с | 0 |
| **AR20** | 977 | 936 | 977 | 41 | — | 0 |
| **CR-G3** | 978 | 954 | 978 | 4 | 20 с | 0 |
| **ZEPHYR** | 978 | 978 | 978 | 0 | — | 978 |

C42 все антенны отслеживают весь сеанс. C41 лучше всех захватывают ZEPHYR и 800S (сразу), хуже всех AR20 (через 41 с против 4 с у 266C и CR-G3). 800S и CR-G3 потеряли C41 на 6 и 20 с в начале записи (с 12:44:04), ZEPHYR и AR20 после захвата — нет. 266C единственный из четырёх кратковременно (21 с) принял третий спутник C35.

## 4.2 SNR

**Таблица 3.** SNR на C41 (высокий спутник), дБ·Гц: среднее (отклонение от среднего по 5 антеннам)

| Сигнал | 266C | 800S | AR20 | CR-G3 | ZEPHYR | Эпох |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **B1I** | 42.6 (−1.5) | 44.8 (+0.7) | 44.8 (+0.7) | 44.8 (+0.7) | 43.6 (−0.5) | 936 |
| **B3I** | 38.9 (−3.3) | 43.8 (+1.6) | 44.2 (+2.0) | 41.8 (−0.4) | 42.3 (+0.1) | 936 |

**Таблица 4.** SNR на C42 (13–20°), дБ·Гц: среднее (отклонение)

| Сигнал | 266C | 800S | AR20 | CR-G3 | ZEPHYR | Эпох |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **B1I** | 36.7 (−1.8) | 41.7 (+3.2) | 36.9 (−1.5) | 38.2 (−0.2) | 38.8 (+0.3) | 942 |
| **B3I** | 34.3 (−2.9) | 38.7 (+1.5) | 38.3 (+1.1) | 36.6 (−0.6) | 38.2 (+0.9) | 942 |

**Таблица 5.** C42: отклонение SNR от среднего по диапазонам возвышения, дБ·Гц

| Сигнал, угол | 266C | 800S | AR20 | CR-G3 | ZEPHYR | Эпох |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **B1I, 13–15.5°** | −1.30 | +3.04 | −2.08 | −0.49 | +0.83 | 331 |
| **B1I, 15.5–18°** | −3.16 | +3.22 | −0.77 | +0.44 | +0.26 | 360 |
| **B1I, 18–20.5°** | −0.38 | +3.35 | −1.90 | −0.83 | −0.24 | 251 |

| Сигнал, угол | 266C | 800S | AR20 | CR-G3 | ZEPHYR | Эпох |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **B3I, 13–15.5°** | −2.68 | +1.19 | +1.03 | −0.20 | +0.66 | 331 |
| **B3I, 15.5–18°** | −3.20 | +1.82 | +1.21 | −0.81 | +0.98 | 360 |
| **B3I, 18–20.5°** | −2.78 | +1.32 | +0.98 | −0.79 | +1.27 | 251 |

- **266C** ниже среднего на всех четырёх сочетаниях (−1.5…−3.3 дБ·Гц); средняя оценка −2.4.
- **800S** выше среднего везде, на B1I низкого спутника +3.0…+3.4 на всех трёх диапазонах возвышения; средняя +1.7.
- **AR20** лучший на B3I высокого (+2.0) и выше среднего на B3I низкого (+1.1), но на B1I низкого ниже среднего на 0.8–2.1; средняя +0.6.
- **CR-G3** и **ZEPHYR** около среднего (средние −0.1 и +0.2); у ZEPHYR на B1I высокого −0.5.

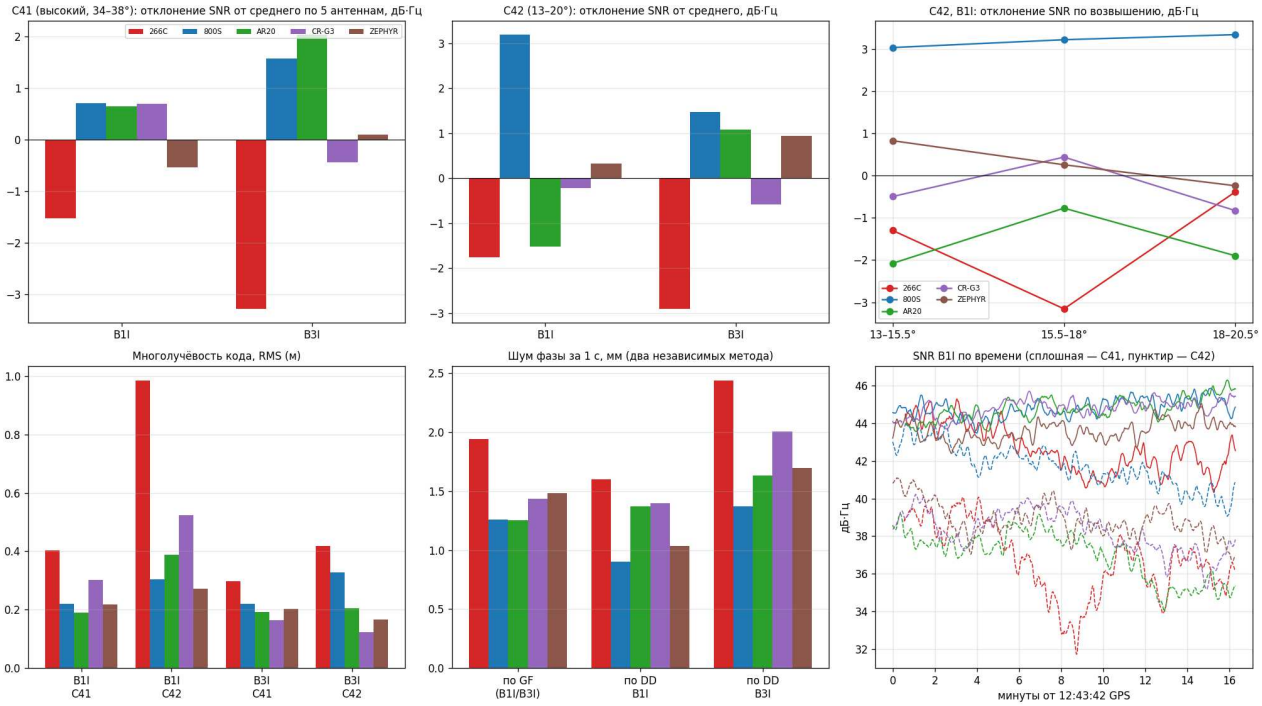



***Рисунок 1.*** *Пять антенн, BeiDou: отклонение SNR, SNR по возвышению, многолучёвость, шум фазы и SNR B1I по времени.*

## 4.3 Многолучёвость кода

**Таблица 6.** RMS многолучёвости кода, м

| Сигнал, спутник | 266C | 800S | AR20 | CR-G3 | ZEPHYR |
|---|---|---|---|---|---|
| **B1I, C41** | 0.40 | 0.22 | 0.19 | 0.30 | 0.22 |
| **B1I, C42** | 0.98 | 0.30 | 0.39 | 0.52 | 0.27 |
| **B3I, C41** | 0.30 | 0.22 | 0.19 | 0.16 | 0.20 |
| **B3I, C42** | 0.42 | 0.33 | 0.20 | 0.12 | 0.17 |

*Зелёным выделено лучшее значение, оранжевым — худшее в строке.*

266C худший во всех четырёх строках (до 0.98 м на B1I низкого спутника). Лучшие значения распределены: AR20 на B1I высокого (0.19 м), ZEPHYR на B1I низкого (0.27 м), CR-G3 на B3I (0.16 и 0.12 м).

**Таблица 7.** Сверка с отчётами SpiderQC (многолучёвость C42, м)

| Антенна | SpiderQC B1I | Наш расчёт B1I | SpiderQC B3I | Наш расчёт B3I |
|---|---|---|---|---|
| **266C** | 0.87 | 0.98 | 0.38 | 0.42 |
| **800S** | 0.29 | 0.30 | 0.21 | 0.33 |
| **AR20** | 0.36 | 0.39 | 0.19 | 0.20 |
| **CR-G3** | 0.41 | 0.52 | 0.11 | 0.12 |

Независимые расчёты близки: тот же порядок антенн, расхождения до 0.1 м (кроме B3I у 800S: 0.21 против 0.33 м). SNR из отчётов SpiderQC для C42 совпал с нашим до десятых.

## 4.4 Шум фазы и срывы

**Таблица 8.** Шум фазы за 1 с, мм

| Антенна | По GF (B1I/B3I) | По двойным разностям B1I | По двойным разностям B3I |
|---|---|---|---|
| **266C** | 1.94 | 1.60 | 2.44 |
| **800S** | 1.26 | 0.90 | 1.37 |
| **AR20** | 1.25 | 1.37 | 1.63 |
| **CR-G3** | 1.43 | 1.40 | 2.01 |
| **ZEPHYR** | 1.48 | 1.04 | 1.70 |

Оба метода выделяют 266C как самую шумную антенну (1.94 мм по GF, 1.60 и 2.44 мм по двойным разностям). 800S и AR20 самые тихие по GF (1.25–1.26 мм), 800S и ZEPHYR — по двойным разностям B1I (0.90 и 1.04 мм). Срывов фазы наш расчёт не находит ни у кого; отчёты SpiderQC указывают 1–2 срыва на файл (1, 2, 1, 1), что близко.

## 4.5 Воспроизводимость между сеансами

**Таблица 9.** Отклонение SNR от среднего по четырём антеннам (без ZEPHYR), дБ·Гц: этот сеанс (12:44–13:00) и прошлый (13:00–13:48)

| Сочетание | 266C | 800S | AR20 | CR-G3 |
|---|---|---|---|---|
| **C41, B1I (этот)** | −1.7 | +0.6 | +0.5 | +0.6 |
| **C41, B1I (прошлый)** | −2.7 | +1.1 | +1.0 | +0.6 |
| **C41, B3I (этот)** | −3.3 | +1.6 | +2.1 | −0.4 |
| **C41, B3I (прошлый)** | −3.8 | +1.5 | +2.3 | +0.1 |
| **C42, B1I (этот)** | −1.7 | +3.3 | −1.4 | −0.1 |
| **C42, B1I (прошлый)** | −2.3 | +3.1 | −1.0 | +0.2 |
| **C42, B3I (этот)** | −2.7 | +1.7 | +1.3 | −0.4 |
| **C42, B3I (прошлый)** | +0.1 | +0.8 | +1.3 | −2.2 |

Порядок антенн повторяется практически везде: 266C слабейший (кроме B3I низкого спутника в прошлом сеансе, но там низкий спутник был на 5–13°, а не 13–20°), 800S сильнейший на низком, AR20 сильнейший на B3I высокого. Это означает, что различия определяются антеннами и трактом, а не случайными колебаниями.

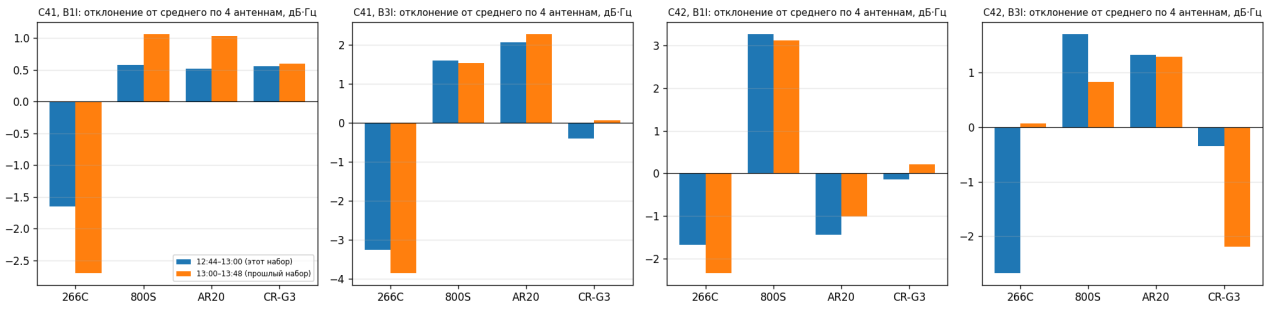



***Рисунок 2.*** *Сравнение отклонений SNR между сеансами для четырёх антенн.*

## 5. Почему у четырёх антенн только два спутника

ZEPHYR в этом же сеансе принимал 13 спутников BeiDou и все остальные системы, а 266C, 800S, AR20 и CR-G3 только C41 и C42.

**Таблица 10.** Спутники BeiDou в файле ZEPHYR

| Спутник | Эпох | Возвышение (12:51), ° | Азимут, ° | SNR B1I, дБ·Гц | Есть у четырёх антенн |
|---|---|---|---|---|---|
| **C02** | 978 | 13.8 | 133 | 37.0 | нет |
| **C07** | 54 | 2.0 | 86 | 32.4 | нет |
| **C08** | 978 | 33.6 | 88 | 41.6 | нет |
| **C10** | 978 | 11.9 | 83 | 35.6 | нет |
| **C11** | 978 | 7.2 | 11 | 36.5 | нет |
| **C24** | 978 | 77.0 | 222 | 46.2 | нет |
| **C25** | 978 | 18.1 | 248 | 37.6 | нет |
| **C26** | 978 | 49.6 | 77 | 45.9 | нет |
| **C29** | 978 | 14.3 | 32 | 39.0 | нет |
| **C33** | 978 | 51.6 | 234 | 46.1 | нет |
| **C35** | 978 | 17.9 | 84 | 39.9 | нет |
| **C41** | 978 | 36.4 | 306 | 43.6 | да |
| **C42** | 978 | 16.6 | 180 | 38.9 | да |

## 6. Ограничения

- Сравнение построено на двух спутниках BeiDou за 16 минут; выводы относятся к этим спутникам и двум сигналам.
- Нет данных для оценки смещений фазовых центров и PCV, анализа по азимуту и чувствительности на разных возвышениях.

# 7. Итоги по антеннам

**Таблица 11.** Предварительные выводы (только по этим данным)

| Антенна | Сильные стороны | Слабые стороны / что проверить |
|---|---|---|
| **266C** | — | Слабейший SNR (−2.4 дБ·Гц), самая высокая многолучёвость, самый большой шум фазы |
| **800S** | Лучший SNR на низком спутнике, малый шум фазы | Потеря C41 на 6 с; на B1I высокого SNR только средний |
| **AR20** | Лучший SNR на B3I высокого, малый шум фазы, нет потерь C41 после захвата | Медленный захват C41 (41 с); слабый B1I низкого спутника |
| **CR-G3** | Низкая многолучёвость на B3I (0.12–0.16 м) | Потеря C41 на 20 с; B1I низкого спутника 0.52 м |
| **ZEPHYR** | Сразу захватывает все спутники, стабильный SNR около среднего, малая многолучёвость на B1I низкого | Нет явных слабых мест на этих спутниках |

Для полного сравнения нужны записи всех антенн со всеми системами. Тогда можно будет оценить чувствительность по возвышению, азимутальные эффекты, смещения фазовых центров и PCV.

**www.glosnalab.ru**