ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ
УДК 556.5
ББК 26.222
https://doi.org/10.21443/3034-1434-2025-3-2-55-60

Check for updates
CC BY 4.0

Современные методы выполнения геодезических работ в пунктах гидрологических наблюдений

Орлова Е.В.[1,✉], **Кузнецов В.Н.**[2]

[1] ГАОУ ВО ЛО «Ленинградский государственный университет им. А.С. Пушкина», Ленинградская обл., Россия
[2] ФГБУ «Государственный гидрологический институт», Санкт-Петербург, Россия
✉orlov.sg@mail.ru

Аннотация. В статье исследуется точность и применимость спутниковых геодезических методов (RTK и статики ГНСС) в сравнении с традиционным нивелированием IV класса на гидрологических постах. На примере гидрологического поста № 72055 (р. Охта) показано, что спутниковые измерения могут уступать нивелированию в точности, особенно в застроенных и залесенных районах, с отклонениями до 0,426 м. Однако в условиях Крайнего Севера, где опорная геодезическая сеть разрушена, ГНСС-методы могут быть ограниченно использованы при достаточной открытости горизонта. Результаты подчеркивают необходимость выбора метода измерений с учетом ландшафтных условий и требований к точности.

Ключевые слова: геодезические работы на гидрологических постах, нивелирование IV класса, спутниковые наблюдения на гидрологическом посту, точность высотных измерений, гидрологические посты Арктической зоны
Конфликт интересов: авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.
Для цитирования: Орлова Е.В., Кузнецов В.Н. Современные методы выполнения геодезических работ в пунктах гидрологических наблюдений. *Арктика и инновации*. 2025;3(2):55–60. https://doi.org/10.21443/3034-1434-2025-3-2-55-60

Modern methods for geodetic work at hydrological observation stations

Elena V. Orlova[1,✉], **Viktor N. Kuznetsov**[2]

[1] Pushkin Leningrad State University, Leningrad Region, Russia
[2] State Hydrological Institute, St. Petersburg, Russia
✉orlov.sg@mail.ru

Abstract. This study evaluates the applicability and accuracy of satellite geodetic techniques (RTK and GNSS static surveys) in comparison with conventional class IV leveling at hydrological stations. Using Hydrological Station No. 72055 (Okhta River) as a case study, we demonstrate that satellite-based measurements may exhibit lower accuracy than leveling—particularly in urbanized and forested areas, where elevation deviations can reach 0.426 m.

© Орлова Е.В., Кузнецов В.Н., 2025

However, in the Arctic, where the geodetic reference network is degraded, GNSS methods can be employed given sufficient open-sky visibility. The findings emphasize the importance of selecting measurement techniques based on landscape constraints and accuracy requirements.
Keywords: geodetic surveys, hydrological stations, class IV leveling, GNSS observations, elevation measurement accuracy, Arctic hydrological stations
Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.
For citation: Orlova E.V., Kuznetsov V.N. Modern methods for geodetic work at hydrological observation stations. *Arctic and Innovations*. 2025;3(2):55–60. https://doi.org/10.21443/3034-1434-2025-3-2-55-60

Введение

Геодезические работы на гидрологических постах играют ключевую роль в обеспечении точности измерений уровня воды. Они проводятся в соответствии с Наставлениями гидрометеорологическим станциям и постам [1] и включают высотную привязку реперов к государственной геодезической сети и нивелирование постовых устройств. Традиционно эти работы выполняются с использованием нивелиров, однако развитие технологий ГНСС открывает новые возможности для автоматизации и повышения эффективности геодезических измерений.

Целью данной работы является сравнение точности и применимости спутниковых методов с традиционным нивелированием IV класса на примере гидрологического поста №72055.

Геодезические работы на гидрологических постах относятся к категории специализированных и выполняются с учетом требований гидрологической науки, а также в соответствии с действующими инструкциями и наставлениями по геодезии и картографии [2].

Для высотного обоснования гидрологического поста необходимо установить основные и контрольные (рабочие) реперы. Основной репер используется для проверки положения контрольного репера и фиксации нуля поста. В качестве основного репера может быть использован репер государственной нивелирной сети, расположенный не далее 3 км от поста. Контрольный репер, предназначенный для регулярного нивелирования постовых устройств, размещается вблизи этих устройств, вне зоны затопления.

Высоты точек съемочного обоснования определяются методом нивелирования. Для высотного обоснования применяется нивелирование IV класса [2]. При нивелировании теодолитного хода и поперечных профилей фиксируются высотные отметки характерных точек рельефа, а также отметки верха свай, столбов и кольев, закрепляющих магистраль и поперечники.

Для нивелирования используются механические или цифровые нивелиры, соответствующие стандарту [3]. Работы проводятся в соответствии с инструкцией по нивелированию I–IV классов [2]. Обработка данных выполняется по инструкции [4], а для цифровых нивелиров — по [5]. Средняя квадратическая погрешность измерений не должна превышать 10 мм/км хода для нивелирования IV класса [2].

Согласно [1] нивелирование уровнемерных устройств от контрольных реперов проводится не реже двух раз в год, а контрольные реперы проверяются от основных реперов каждые 1–3 года.

Данные и методы

Для испытания цифрового геодезического оборудования был выбран гидрологический пост №72055 на реке Охте в деревне Новое Девяткино. Полевые работы проводились в 2022 году. Пост № 72055 расположен в рекреационной зоне «Охтинская долина». Река Охта имеет ширину 6–15 м, глубину до 1,6 м и скорость течения 1–2 м/с. Берега реки заросли деревьями и кустарниками, а близлежащая территория характеризуется высокой плотностью застройки. Уклон берегов варьируется от 15 до 70°.

На рис. 1 представлен план участка гидрологического поста № 72055, созданный на основе данных, полученных с помощью цифрового тахеометра TOPCON GPT-3105N и обработанных в ПО КРЕДО ДАТ [6].

Полевые нивелирные работы выполнялись с использованием цифрового нивелира Sokkia SDL30. Для определения отметки

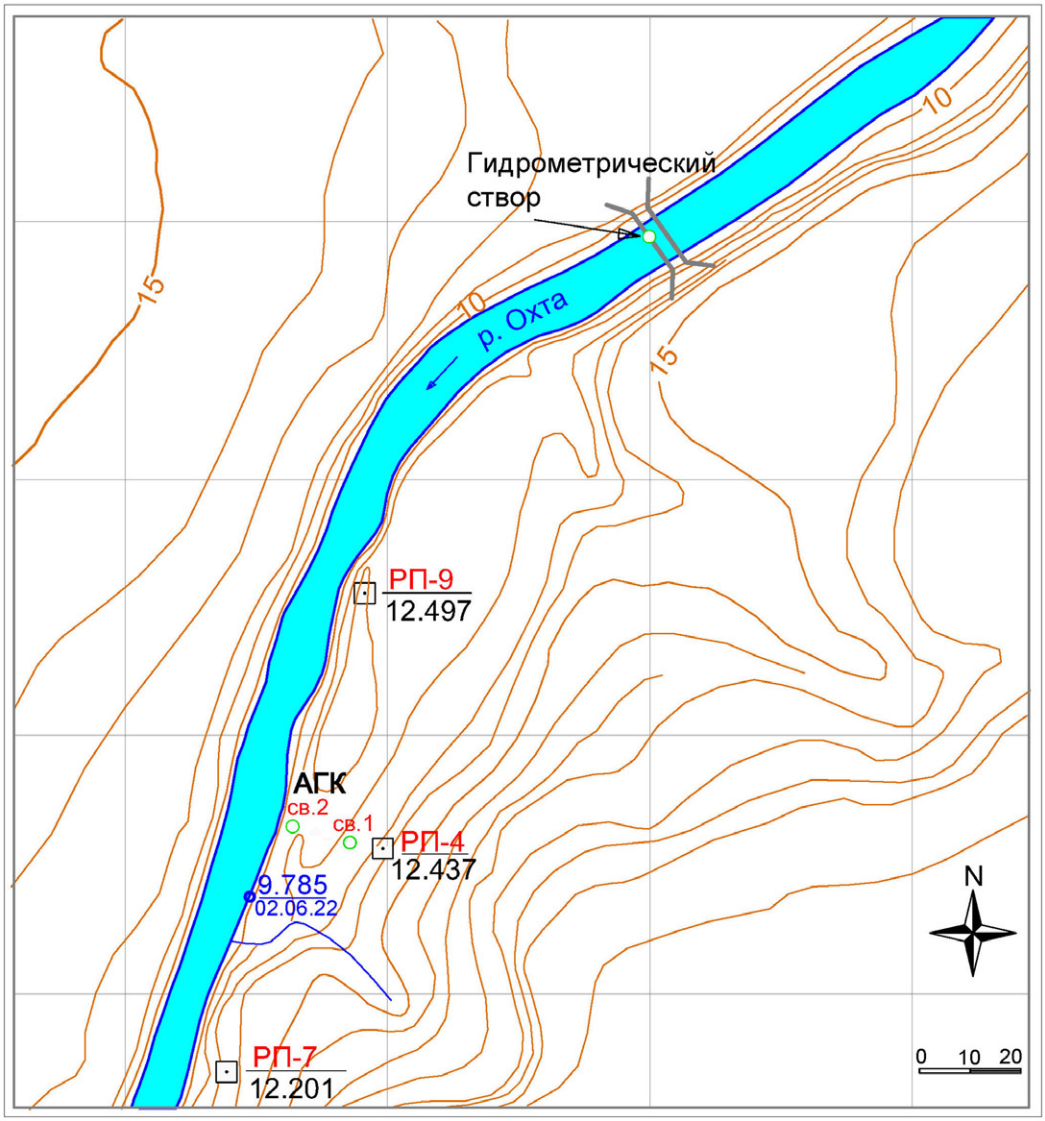

Рис. 1. План участка гидрологического поста № 72055 (составлен авторами)

Fig. 1. Plan of hydrological station No. 72055 (compiled by the authors)

контрольного репера РП-9 был проложен нивелирный ход IV класса от пунктов государственной геодезической сети. Исходные данные были получены от стенного репера 9382 и грунтового репера 0142.

Отметки пунктов государственной геодезической сети были запрошены через федеральный портал пространственных данных Роскадастра (https://portal.fppd.cgkipd.ru/).

В результате нивелирования была определена высотная отметка репера РП-9 — 12,497 м в Балтийской системе высот 1977 г. (БС-77). От РП-9 отметки были переданы на реперы РП-4 и РП-7, а также на сваи и колышек уреза воды. Обработка данных проводилась в ПО Кредо Нивелир 3.1 [5].

Дополнительно измерения выполнялись с использованием аппаратуры ГНСС (глобальных навигационных спутниковых систем) двумя методами.

1. RTK (Real-Time Kinematic) — метод определения координат в режиме реального времени с использованием дифференциальных поправок.

2. Статический режим — метод относительных спутниковых определений, применяемый для постобработки данных.

Спутниковые наблюдения в режиме статики были обработаны в ПО Кредо ГНСС 2.0 [7]. Схема наблюдений представлена на рис. 2.

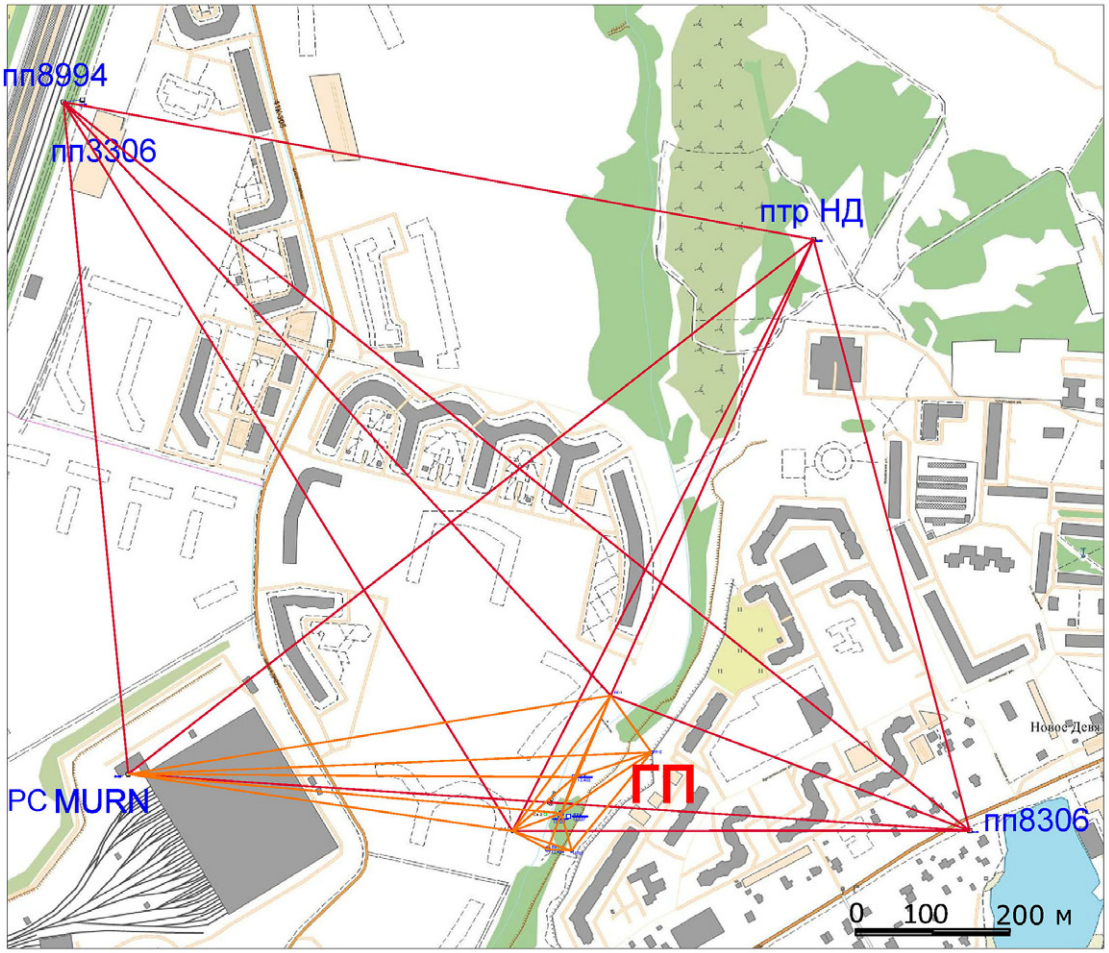

Рис. 2. Общая схема спутниковых наблюдений (составлена авторами)

Fig. 2. General scheme of satellite observations (compiled by the authors)

Результаты

Точность спутниковых методов оценивалась путем сравнения с данными нивелирования IV класса. Результаты сравнения приведены в таблице 1.

Согласно нормативным требованиям [8], погрешность высотного положения точек съемки не должна превышать 12,5 см для масштаба 1:2 000, Сравнение результатов измерений показало, что спутниковые методы не всегда обеспечивают точность, соответствующую требованиям нивелирования IV класса. В частности, погрешность измерений в режиме статики составила до 0,426 м, а в режиме RTK — до 0,269 м. Наибольшие отклонения

Таблица 1. Сравнение результатов нивелирования IV класса с измерениями в режимах статики и RTK (фрагмент)*

Table 1. Comparison of class IV leveling results with measurements in static and RTK measurements (fragment)

Устройства гидрологического поста Organization of the hydrological post	Метод получения отметки высоты, в БС-77, м			Разница, м	
	Нивелирование IV класса Class IV leveling	Статика Static	RTK RTK	Нивелирование-статика Leveling–Static	Нивелирование-RTK Leveling–RTK
РП-9	12,497	12,140	12,228	0,357	0,269
РП-4	12,437	12,285	12,237	0,152	0,200
РП-7	12,201	11,775	11,972	0,426	0,229
свая 1	12,400	12,051	12,407	0,349	–0,007

**Таблица составлена авторами*
**Table compiled by the authors*

наблюдались на залесенных и застроенных участках.

В настоящее время высотная основа страны, представленная геодезическими пунктами с отметками в Балтийской системе высот 1977 года, находится в неудовлетворительном состоянии. Значительная часть пунктов либо полностью утрачена, либо требует восстановления. Особо критичная ситуация сложилась в районах Крайнего Севера, где плотность пунктов государственной геодезической сети изначально низка, а их сохранность дополнительно ухудшается из-за просадки грунтов, вызванной деградацией многолетней мерзлоты.

В этих условиях традиционное нивелирование как метод определения высот становится крайне затруднительным. Однако особенности арктической зоны, такие как высокая степень открытости горизонта, создают предпосылки для ограниченного применения спутниковых технологий. Они могут использоваться для определения высот уровнемерных устройств на гидрологических постах в случаях, когда поблизости отсутствует надежная опорная геодезическая сеть.

Заключение

Традиционное нивелирование остается наиболее надежным методом определения высотных отметок гидрологических постов в условиях застройки и залесенности, обеспечивая высокую точность измерений независимо от внешних факторов.

Спутниковые методы могут быть эффективны для топографической съемки на гидрологических постах, однако их применение требует учета особенностей местности и наличия развитой сети референсных станций.

В условиях Крайнего Севера, при достаточной открытости горизонта и отсутствии поблизости реперной сети, спутниковые методы могут ограниченно использоваться для определения высот уровнемерных устройств. Однако их применение должно сопровождаться дополнительным контролем точности, особенно в сложных ландшафтных условиях.

Таким образом, выбор метода определения высотных отметок должен основываться на анализе конкретных условий местности, доступности инфраструктуры и требований к точности измерений.

Литература

1. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6, ч. 1: Гидрологические наблюдения и работы на больших и средних реках. Ленинград: Гидрометеоиздат; 1978.
2. Инструкция по нивелированию I, II, III, IV классов. Москва: ЦНИИГАиК; 2004. Режим доступа: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293855/4293855518.pdf
3. ГОСТ 10528-90. Нивелиры. Общие технические условия. Москва: Издательство стандартов; 1990.
4. Инструкция по вычислению нивелировок. Москва: Недра; 1971.
5. КРЕДО НИВЕЛИР 3.1. Справочная система программы, 2019.
6. КРЕДО ДАТ 3.0. Справочное руководство, 2011.
7. КРЕДО ГНСС 2.0. Справочная система, 2020.
8. ГКИНП (ОНТА)-02-262-02. Инструкция по развитию съемочного обоснования. Москва: ЦНИИГАиК; 2002.

References

1. *Guidelines for Hydrometeorological Stations and Posts*. Issue 6, Part 1: Hydrological observations and surveys on large and medium rivers. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ.; 1978. (In Russ.).
2. *Instruction for Leveling of Classes I, II, III, and IV*. Moscow: TsNIIGAiK; 2004. (In Russ.).
3. *State Standard 10528-90. Levels. General Technical Specifications*. Moscow: Publishing House of Standards; 1990. (In Russ.).
4. *Instruction for Leveling Computations*. Moscow: Nedra Publ.; 1971. (In Russ.).

5. *CREDO LEVEL 3.1. Program Reference System*, 2019.
6. *CREDO DAT 3.0. Reference Manual*, 2011.
7. *CREDO GNSS 2.0. Reference System*, 2020.
8. *GKINP (ONTA)-02-262-02. Instruction for the Development of Survey Control Networks*. Moscow: TsNIIGAiK; 2002. (In Russ.).

Сведения об авторах

Орлова Елена Викторовна — кандидат технических наук, доцент ГАОУ ВО ЛО «Ленинградский государственный университет им. А.С. Пушкина», 195221, г. Санкт-Петербург, Россия
тел. +7 (900) 627-05-08
e-mail: orlov.sg@mail.ru

Кузнецов Виктор Николаевич — ведущий инженер-геодезист ФГБУ «Государственный гидрологический институт», Гатчина, Ленинградская область, Россия
e-mail: kuznetsov.viktor@mail.ru

Information about the authors

Elena V. Orlova — Cand. Sci. (Engineering), Assoc. Prof., Pushkin Leningrad State University
195221, Saint Petersburg, Russia
tel: +7 (900) 627-05-08
e-mail: orlov.sg@mail.ru

Viktor N. Kuznetsov — Lead Geodetic Engineer at the State Hydrological Institute, Gatchina, Leningrad Region, Russia
e-mail: kuznetsov.viktor@mail.ru

Вклад авторов

Орлова Елена Викторовна — сбор, анализ, интерпретация полученных данных; написание статьи или ее редактирование с целью повышения ее научной значимости.
Кузнецов Виктор Николаевич — сбор, анализ, интерпретация полученных данных.

Author's contribution

Elena V. Orlova — data collection; analysis and interpretation of the data obtained, writing the manuscript or its critical review with the contribution of valuable scientific content.
Viktor N. Kuznetsov — data collection; analysis and interpretation of the data obtained.