

официального оппонента, кандидата технических наук, доцента Куприянова Андрея Олеговича на диссертацию Филиппова Владимира Геннадьевича на тему: «Геодезическое обеспечение методов наблюдений за деформациями склонов на основе технологии спутникового позиционирования», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.6.22 – Геодезия.

Диссертация состоит из введения, 4 основных глав, заключения, 16ти приложений и списка литературы (292 источника), всего 211 страниц.

В первой главе рассматривается состояние изученности вопроса геодезических наблюдений оползневых склонов, приводится обоснование разработки комплексной классификации и методики наблюдений за оползневыми склонами. Выполнен обзор применения инженерно-геологических инженерно-гидрогеологических, геоморфологических и геофизических данных при изучении оползневых процессов, классификации грунтов, обзор геодезических методов применяемых для наблюдений, Представлена постановка задачи наблюдений за деформациями склонов на основе технологии спутникового позиционирования, рассмотрено применение методов моделирования для расчёта напряжённо-деформированного состояния (НДС) оползневого склона, в частности, метод конечных элементов (МКЭ), метод граничных элементов (МГЭ), метод конечных разностей (МКР) и кроме того, использование нейронных сетей.

Во второй главе представлена разработка методики выполнения наблюдений оползневых склонов с использованием аппаратуры, работающей по сигналам среднеорбитальных глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Рассматривается кинематический метод передачи дифференциальных коррекций в реальном времени (RTK) в режиме увеличения периода наблюдений. Значительная часть главы посвящена разработке метода оценки стабильности опорных сетей, аппроксимации плановых и высотных координат пунктов плоскостью, способу выбора методов и оборудования в зависимости от скорости оползневых смещений. Особое место в диссертации уделено разработке и экспериментальному исследованию метода определения положения деформационных пунктов линейно-угловыми измерениями с принудительными отклонениями вехи с отражателем от отвесного положения

В главе 3 выполнено исследование метода оценки стабильности опорных сетей аппроксимацией плановых и высотных координат пунктов плоскостью на примере модельных сетей. использовались также, данные наблюдений 4 пунктов специальной дифференциальной геодезической сети (СДГС) «ГЕОСПАЙДЕР», работающей постоянно в режиме «статика».

Экспериментальное исследование режима RTK проводилось с использованием трех типов спутниковых приемников различных производителей на предварительно специально калиброванном диссертантом полигоне, моделирующим оползневой склон. Измерения

выполнялись на фиксированных базисах с интервалами до максимального 10 км. Для каждого из трех типов ГНСС-приёмников наблюдения производились с частотой измерений 1 Гц при различном количестве фиксированных эпох: 10, 30, 60, 90, 120 и 180.

Расчётное определение СКП оползневых смещений в зависимости от их скорости, выполнено на примере оползня вблизи Миатлинской гидроэлектростанции (ГЭС) на берегах Миатлинского водохранилища, располагающегося на р. Сулак Республики Дагестан, Российская Федерация. На этом же объекте также было проведено исследование выбора геодезического метода и оборудования в зависимости от скорости оползневых процессов. В диссертации также было выполнено исследование метода прогнозирования величин оползневых смещений по геодезическим данным на примере оползневого склона оползня Еой-Таш-Верх в городе Майлуу-Суу в Кыргызстане. При определении положения деформационных пунктов линейно угловыми измерениями выполнено исследование метода определения положения недоступных для видимости деформационных пунктов линейно-угловыми измерениями с принудительными отклонениями вехи с отражателем от отвесного положения. Использовались электронный тахеометр Sokkia CX-103 (СКП измерения углов – 3"), и роботизированный тахеометр Trimble VX с активной функцией авто наведения и захвата цели в режиме непрерывных измерений (трекинга) (СКП измерения углов – 1).

В главе 4 представлена апробация разработанной методики наблюдений геодезическими и спутниковыми методами оползневого склона левого берега реки Тосны, в районе города Никольское в Ленинградской области РФ. Положения опорных пунктов определялись в режиме «статика» синхронно тремя ГНСС-приёмниками EFT M4 (точность в режиме «статика» в плане: 2,5 мм + 0,5 мм/км, по высоте: 5,0 мм + 0,5 мм/км) длительность наблюдений составляла не менее 2 часов. Кроме того, для определения положения деформационных пунктов использовалась технология кинематики реального времени (RTK) с увеличенным периодом наблюдений. Для передачи дифференциальных RTCM коррекций использовалась стандартная комбинация спутниковых приемников база-ровер с сетевым решением протокола NTRIP.

1. Актуальность темы диссертации

Вопросы, касающиеся изучения напряжённо-деформированного состояния грунтов склона, развития оползневых процессов актуальны и важны, так как подобные процессы могут вызывать чрезвычайные ситуации, создавать реальную угрозу, приводить к экономическим потерям. Оползневые процессы представляют проблему для устойчивого развития многих регионов России и мира в целом, оказывая негативное воздействие на инфраструктурный потенциал территорий, экологическую безопасность, социально-экономическую сферу. При этом широкая распространённость подобных опасных природных явлений обусловлена сочетанием геологических, климатических и антропогенных факторов, которые свойственны для нашей страны в том числе. Такие факторы, как изменения режима выпадения осадков, повышение среднегодовых температур, таяние многолетней мерзлоты приводят к активизации

оползневой деятельности не только на оползнеопасных территориях, но и на ранее отмеченных как стабильные.

В то же время, геодезические методы являются неотъемлемой частью при сопровождении мониторинга подобных явлений. Геодезические измерения позволяют фиксировать деформации на ранних стадиях, когда визуальные признаки оползневых деформаций могут отсутствовать в явном виде. Автором в работе рассматриваются современные методы спутникового позиционирования, а именно – возможность их применения в режиме реального времени (RTK). Спутниковые методы позволяют определять смещения оползней вне зависимости от погодных условий и времени суток, предоставляют информацию о пространственных смещениях деформационных пунктов, а технология RTK позволяет в момент наблюдений получать координаты пунктов, что существенно влияет на скорость получения данных, сокращает время работы на опасном объекте. При этом современным приборам и методам не уделено должное внимание в нормативной документации, имеется недостаток сведений касательно способов их применения на реальных объектах, характеризующихся различными свойствами и внешними условиями. Исследования, направленные на разработку методики выполнения геодезического мониторинга оползневых процессов современными спутниковыми методами, несомненно, положительно влияют на проведение работ по геодезическому обеспечению методов наблюдений за деформациями склонов, повышая качество их выполнения.

Перечисленные факторы делают комплексное изучение оползневых процессов важной научно-практической задачей, требующей междисциплинарного подхода. Развитие методов контроля и наблюдений оползневых деформаций склонов на основе спутниковых технологий позиционирования, совершенствование методов их прогнозирования, разработка новых инженерных решений по противодействию их негативному влиянию имеют весомое значение для обеспечения безопасности населения и устойчивого развития регионов России, в связи с чем тема диссертационного исследования является актуальной.

2. Научная новизна диссертации

Автором в диссертации представлена методика наблюдений за деформациями оползневых склонов на основе спутниковых технологий позиционирования. Для её формирования было выполнено следующее:

- разработана и теоретически обоснована методика оценки устойчивости опорных геодезических пунктов в пространстве на основе аппроксимации координат плоскостью, анализа смещений её характерных элементов;

- выполнено исследование технологии спутникового позиционирования в режиме реального времени (RTK), направленное на оценку точности определения величин смещений технологией;

- определён алгоритм координирования скрытых для прямого наведения деформационных пунктов при линейно-угловых измерениях.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Автором применялись методы математического моделирования для разработки методики и её первичной проверки. В дальнейшем, каждый из этапов методики прорабатывался на практике, в условиях наблюдений оползневых процессов на склонах. В ходе апробации методики автором были получены результаты, близкие к полученным в ходе теоретической подготовки методики, в связи с чем можно заключить о достаточной достоверности представленных научных положений. Достоверность выводов и результатов также подтверждается участием с докладами на всероссийских и международных конференциях, публикациями в научных журналах. Имеются свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ и патент на одно из защищаемых положений.

4. Научные результаты, их ценность

Основным научным результатом представленного исследования является разработанная методика наблюдений оползневых процессов с применением технологии спутникового позиционирования. Автором описана теоретическая составляющая методики, приведён математический аппарат для расчётов, а также сформированы выводы по результатам обработки данных полевых наблюдений оползневых склонов. В качестве основных научных результатов стоит отметить следующее:

- разработан способ анализа смещений характерных элементов плоскости для пространственной оценки стабильности на основе аппроксимации координат плоскостью;
- алгоритмизирована в виде программы для ЭВМ методика пространственной оценки стабильности опорных геодезических сетей;
- подготовлена классификация условий и параметров наблюдений оползневых смещений технологией спутникового позиционирования в режиме реального времени;
- получен патент на способ установки вехи в неотвесное положение при линейно-угловых измерениях;
- алгоритмизирован метод аппроксимации пространственных координат сферой для определения положения деформационного пункта при наблюдениях с наклонами вехи.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 12 печатных работах, в том числе в 2 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 4 статьях – в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования (Scopus). Получен 1 патент и 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Теоретическая значимость результатов диссертации Филиппова В.Г. заключается в том, что создана база для исследований в области геодезического обеспечения мониторинга

оползневых процессов на склонах, что способствует дальнейшему прогрессу в их изучении. Кроме того, стоит отметить полученную классификация условий и параметров наблюдений. Подобный подход может быть полезен при исследованиях во многих смежных областях.

Практическая значимость результатов диссертации заключается в возможности использования результатов проектными и изыскательскими организациями при проведении работ на склонах. Практическая ценность результатов также подтверждается внедрением результатов автора в производственный процесс компании ООО «НПП «БЕНТА».

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Применение результатов диссертационного исследования рекомендуется при проведении геодезических работ по наблюдениям оползней, а также других деформаций склонов и склоновых систем. Предложенные методы будут полезны при изыскательских работах, способствуют более качественному и ответственному подходу к освоению территорий страны.

7. Замечания и вопросы по работе

Диссертация и автореферат диссертации выполнены качественно, написаны грамотным, научно-техническим языком. Иллюстрации и таблицы в полной мере отражают информацию. В тексте приведено достаточное количество расчётов, математических формул. В то же время, при прочтении текста диссертации и автореферата диссертации возник ряд вопросов, замечаний и предложений:

1. При оценке точности определения смещений технологией спутникового позиционирования в режиме реального времени (RTK) стоило рассмотреть влияние большего количества факторов снижения точности (DOP): помимо PDOP имеет место фактор снижения точности в плане (HDOP) и по высоте (VDOP), их влияние на точность определения смещений в плане и по высоте соответственно;

2. Из текста автореферата не следует явно, как влияет подключение к одиночной базовой станции или подключение в сетевом режиме на получаемую точность определения смещений;

3. Апробация методики, приведённая в главе 4, опирается на достаточно скромное количество циклов мониторинга деформаций;

4. На странице 100 диссертации сказано, что измерения выполнялись для 10, 30, 60, 90, 120 и 180 эпох. При этом на рисунке 19 приведён график зависимости СКП от числа эпох, на котором присутствуют данные для продолжительности измерений в 240 эпох;

5. На странице 98 не указано конкретное количество повторных измерений расстояний и превышений что затрудняет интерпретацию приведённых в таблице 20 оценок точности;

6. Исходя из изложенного в разделе 3.3, измерения для определения смещений выполнялись последовательно на двух дюбелях без существенного перерыва по времени. Для лучшего соответствия реальным условиям стоило выдержать между этими измерениями временной промежуток. Например, произвести все необходимые измерения на «первых»

точках, подождать несколько часов, а затем выполнить все необходимые измерения на «вторых» точках.

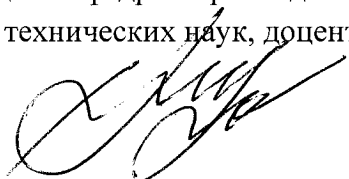
При этом замечания и предложения не снижают качества и общего положительного впечатления о выполненном диссертационном исследовании.

8. Заключение по диссертации

Диссертация Филиппова В.Г. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой решена актуальная задача – разработка методики геодезического обеспечения наблюдений за деформациями склонов. Диссертация полностью соответствует паспорту научной специальности 1.6.22. Геодезия по пунктам 3, 4 и 9.

Диссертация «Геодезическое обеспечение методов наблюдений за деформациями склонов на основе технологии спутникового позиционирования», представленная на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.6.22 – Геодезия полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении учёных степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утверждённого приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм, а её автор Филиппов Владимир Геннадьевич – заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.6.22 – Геодезия.

Официальный оппонент
Заведующий кафедрой прикладной геодезии
кандидат технических наук, доцент



Куприянов Андрей Олегович

«16» июль 2025 г.

Подпись Куприянова Андрея Олеговича заверяю
М.П.

Сведения об официальном оппоненте:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии»

Почтовый адрес: 105064, Москва, Гороховский пер., 4

Официальный сайт в сети Интернет: <https://www.miigaik.ru>

эл. почта: gnss@miigaik.ru; телефон: +7 (499) 404-12-20 доб. 3140

