

## ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора Столбова Юрия Викторовича на диссертацию Симоняна Владимира Викторовича на тему: «Методология геодезического обеспечения мониторинга деформационных процессов застроенных склоновых систем», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.32 – Геодезия

### 1. Актуальность темы диссертационной работы

Диссертация Симоняна В.В. направлена на разработку методологии геодезического обеспечения мониторинга деформационных процессов застроенных склоновых территорий. Данные территории относятся к сложным природно-техническим системам. Их изучение, мониторинг, математическое моделирование и оценки рисков очень актуальны. Строительные работы и возведенные сооружения приводят к изменению напряженно-деформированного состояния грунтов склона и к возможному развитию опасного оползневого процесса и, как следствие, к возникновению чрезвычайной ситуации: к разрушению сооружений и к реальной угрозе для жизни людей. В состав системы мониторинга обязательным образом входят геодезические методы. Явным преимуществом геодезических методов исследований оползневых процессов является то, что они дают данные о современном состоянии этих процессов. Они позволяют с необходимой точностью определять количественные характеристики векторов смещений как в плане, так и по высоте. Регулярные наблюдения и их последующая математическая и статистическая обработка и визуализация дают уникальную информацию для принятия решений по обеспечению безопасности зданий и сооружений. Исследования по изучению оползневых процессов соответствует приоритетным направлениям развития науки и техники РФ, в частности, направлению «Экология и рациональное природопользование», имеют научное и практическое значение. Разработка этой методологии является решением научной проблемы, имеющей важное социально-экономическое значение в области оползневой безопасности геодинамического происхождения застроенных склоновых территорий, снижения риска и уменьшения последствий оползневых катастроф природного и техногенного характера.

Это отражает актуальность представленных автором исследований. Определенная в диссертации проблема и цель ей соответствуют.

### 2. Научная новизна и результаты работы

1. Разработаны теоретические основы постановки геодезического мониторинга оползневых процессов на склоновых территориях, включающие алгоритмы для определения параметров опорных геодезических сетей и периодичности повторных геодезических наблюдений с учетом требуемой точности определения кинематических характеристик деформационных процессов.

ОТЗЫВ  
ВХ. № 580 -9 от 15.12.21  
АУ УС

2. Разработана новая методика построения обобщенного среднеквадратического эллипсоида смещений оползневого массива по результатам повторных геодезических наблюдений.

3. Разработан метод обработки результатов геодезического мониторинга деформационных процессов склоновых систем, включающий построение математических моделей, основанных на совокупности процедур системного анализа геодезической информации и обеспечивающих получение обоснованных оценок оползневых рисков и уровня оползневой безопасности.

4. Разработана, теоретически обоснована и исследована на основе данных геодезического мониторинга математическая модель оценки оползневой безопасности склоновых систем и оценки оползневого риска с позиций ранжирования склоновых систем по степени оползневых рисков.

5. Установлена эффективность применения теории случайных процессов для анализа динамики оползневого процесса методом корреляционного анализа по данным геодезического мониторинга, позволяющая надежно прогнозировать величины смещений и на основе этого вносить соответствующие коррективы в программу геодезических наблюдений (плотность, периодичность, точность и т.д.).

6. Разработан численный критерий для количественного анализа эффективности методов оценки опасных оползневых процессов.

7. Разработана методика корректировки расчетных физико-механических характеристик грунтов склоновых систем на основе величин смещений оползней, полученных по результатам повторных геодезических наблюдений, выполненных в составе мониторинга деформационных процессов.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 59 печатных работах, в том числе в 11 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук\* (далее - Перечень ВАК), в 4 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus; получено 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ и 1 свидетельство о государственной регистрации базы данных.

### **3. Теоретическая и практическая ценность работы**

Теоретическая ценность работы состоит в том, что создана теоретическая база для дальнейших исследований в области постановки геодезического мониторинга деформационных процессов застроенных природно-технических динамических систем, развития методов математической обработки результатов повторных инженерно-динамических наблюдений, оценки рисков природно-технических динамических систем и определения уровня безопасности этих систем. Это означает, что диссертационные исследования по разработке методологии геодезического обеспечения мониторинга деформационных процессов застроенных

склоновых систем способствуют дальнейшему прогрессу в изучении оползневых процессов геодинамического происхождения и открывают новые возможности для решения задач по оценке риска и уменьшения последствий оползневых катастроф геодезическими методами, что ведет к повышению эффективности геодезических исследований.

Практическая ценность работы состоит в том, что основные положения, выводы и рекомендации могут быть использованы изыскательскими и проектными организациями при разработке проектов освоения склоновых систем, чтобы руководствоваться научно обоснованными методами оценки рисков и уровня оползневой безопасности. Использование обоснованных в работе методов управления рисками приведет к повышению эффективности обеспечения стратегии оползневой безопасности. А это в свою очередь обеспечит решение актуальной проблемы эффективного использования склоновых природно-технических систем под застройку.

Выводы и рекомендации диссертационной работы также целесообразно использовать в учебном процессе по дисциплинам специальности «Прикладная геодезия».

#### **4. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций**

Автором впервые применены методы системного анализа к изучению оползневых процессов геодезическими методами. Адекватность используемых методов подтверждается фундаментальными исследованиями по математическому моделированию оценки оползневой безопасности склоновых систем и оценки оползневого риска. Математическая обработка пространственно-временных рядов повторных геодезических наблюдений выполнялись по авторской программе в среде программирования Delphi и специализированных пакетов прикладных программ. Реализация построенных математических моделей осуществлялась на основе результатов натуральных геодезических наблюдений. Основные теоретические положения и выводы диссертационной работы подтверждены апробацией на всероссийских и международных научно-практических конференциях.

#### **5. Общая оценка содержания работы**

Представленная на отзыв диссертационная работа состоит из оглавления, введения, семи глав с выводами по каждой из них, заключения, списка литературы из 303 источников и 9 приложений. Работа изложена на 340 страницах, содержит 136 рисунков и 66 таблиц.

**Во введении** обоснована актуальность темы работы, сформулированы цель, задачи работы и научная новизна, раскрыты теоретическая и практическая значимости исследования и изложены основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** выполнен анализ проблемных вопросов геодезического обеспечения мониторинга природно-техногенных склоновых систем и их безопасности. Констатируется, что в настоящее время не существует единой научно-обоснованной методологической базы, которая

могла бы комплексно, используя данные геодезического мониторинга, оценивать опасные оползневые процессы. Решение проблемы геодезического обеспечения мониторинга деформационных процессов оползневых склонов и возведенных сооружений с позиций системного подхода рассматриваются на уровне склоновых систем. Выполненный анализ нормативных документов показал, что рекомендации по точности геодезических наблюдений за опорной сетью, деформационной сетью и за сооружениями противоречивы и не логичны. Предлагается для решения сложной и многоаспектной проблемы по геодезическому обеспечению мониторинга застроенных СС создать современный эффективный научно-методический аппарат, а также разработать методы и математические модели, основанные на системном анализе данных геодезического мониторинга, выполняющие количественные оценки и прогнозы оползневых опасностей и вызываемого ими риска, так как главным базовым аспектом проблемы геодезического обеспечения мониторинга деформационных процессов в склоновых системах является количественная оценка риска.

**Во второй главе** описываются существующие геологические методы оценки оползневых рисков (качественный и количественный прогноз оползневой опасности). Для выбора оптимального метода оценки опасных оползневых процессов качественного сравнения существующих методов оценки и прогнозирования опасных оползневых процессов недостаточно. Предложен сравнительный метод численных критериев эффективности количественного анализа различных геологических методов оценки оползневых опасностей, позволяющий достаточно обоснованно выполнять оценку их эффективности. Тестирование метода показало, что метод математического моделирования является наиболее предпочтительным. При проектировании зданий и сооружений на оползневых склонах предложена методика комплексного подхода для анализа оползневой устойчивости среды СС, включающая геодезический метод, инженерно-геологический метод и метод математического моделирования, что по совокупности дает возможность наиболее адекватно и эффективно еще на стадии проектирования решать проблемы обеспечения оползневой безопасности и комплексной оценки оползневого риска в СС.

**В третьей главе** обоснованы первое и пятое защищаемые положения. По первому положению разработаны методы постановки геодезического мониторинга оползневых смещений. Показан принципиально новый подход к проектированию полигонометрических ходов на склоновых территориях. Особенность заключается в том, что геометрические параметры хода, отвечающие и заданной точности, и условиям района работ, рассчитываются заранее, ещё до нанесения его на план объекта. Дано обоснование точности и периодичности геодезических наблюдений смещений оползней в зависимости от скорости смещений и обоснование точности наблюдений деформаций зданий и сооружений с применением современных электронных тахеометром, возведенных на склоновых территориях.

По пятому защищаемому положению предложена методика корректировки расчетных характеристик грунтов по результатам повторных геодезических наблюдений, в котором сравниваются величины смещений оползней, полученных по геодезическим наблюдениям («прямая задача») с величинами смещений, полученными по геологическим изысканиям («обратная задача»), после чего определяется поправочный коэффициент.

**В четвертой главе** обосновано второе защищаемое положение. Разработана новая методика и вероятностно-статистический аппарат, основанный на получении обобщенных среднеквадратических эллипсоидов смещений оползней, обеспечивающие математическую обработку и интерпретацию результатов повторных геодезических наблюдений деформаций оползней. Особенностью является то, что оползневой склон рассматривается как нормальное поле распределения векторов смещений оползня в пространстве. Надо отметить высокий математический уровень при выводе формул осей эллипсоида. Созданы авторские компьютерные программы в Delphi «Обобщенный среднеквадратический эллипсоид смещений оползней» и «Расчет величин смещений оползней (длина, направление)». Программный комплекс является результатом практической реализации теоретических разработок, представляющий собой эффективную математическую обработку больших объёмов геодезических данных наблюдений.

Также рассмотрены две механико-математические модели оползня: а) тело оползня является массой произвольной плотности, а форма его ложа – произвольная поверхность; б) тело оползня является однородной массой (частный случай), но форма его ложа – цилиндрическая поверхность в вертикальном продольном разрезе, представляющая собой кривую произвольного вида. Эти модели позволяют выявить момент начала оползневого процесса и определить основные проблемы в задаче его прогнозирования, как с точки зрения оползневого процесса, так и его последствий для зданий и сооружений. На основе анализа механико-математической модели оползня, получены уравнения устойчивости оползня.

**В пятой главе** рассматриваются вопросы механико-математического обоснования условий, при которых возникает потенциальная возможность момента смещения оползня. Дан критерий оценки устойчивости оползня для различных значений удельного сцепления грунта  $c$  и угла внутреннего трения  $\varphi$  по всей длине  $L$  линии скольжения. Выполнена оценка точности целевой функции, которая показывает, что на скорость движения оползня  $V$  влияют, в основном, крутизна склона  $\theta$ , угол внутреннего трения грунтов  $\varphi$  и в меньшей степени удельное сцепление грунтов  $c$ . Выведены формулы для расчета скорости смещения оползня в методе фиктивного угла (увеличение крутизны склона в зависимости от интенсивности землетрясений), в методе сейсмического угла (величины сейсмического угла в зависимости от величины сейсмического ускорения землетрясений), а также с учетом влияния порового давления на сопротивление сдвигу при повышении уровня грунтовых вод.

**В шестой главе** обоснованы третье и четвертое защищаемые положения. Приведена методология математического моделирования и оценки рисков СС в условиях воздействия оползневых факторов геодинамического происхождения. Несомненным достоинством главы является разработка алгоритма комплексной оценки оползневых рисков в склоновых системах, представляющий собой совокупность процедур системного анализа геодезической информации на предмет выявления, оценки и прогноза оползневых опасностей и оползневых уязвимостей, основанных на методах математического моделирования и построения стратегии оползневой безопасности склоновых систем. Предлагаемый подход для определения комплексной оценки риска позволяет решить такие проблемы-неопределенности, как неполнота информации о состоянии сложных склоновых систем, неполнота информации о пространственном распределении внешнего воздействия на систему и неопределенности в поведении склоновых систем.

Проведен анализ экономических и социальных негативных эффектов для оценки последствий от воздействия опасных оползневых процессов. Уточнены формулы оценки экономического риска разрушения либо повреждения сооружений и определения допустимого значения оценки экономического риска, а также социального риска гибели населения от оползневой опасности.

**В седьмой главе** приведены результаты исследования оползневого процесса Карамышевского оползня методом корреляционного анализа с использованием теории случайных процессов. Полученные значения величин смещений в циклах наблюдений совпали с величинами, полученными по среднеквадратическим эллипсоидам смещений оползней, что говорит об адекватности этой модели.

Приведены также результаты использования разработок диссертации по оценке и прогнозированию деформации поверхности склона во времени при проявлении процессов вторичной консолидации в грунтах основания. Предложено учитывать данные геодезического мониторинга при проектировании и строительстве зданий и сооружений на поверхности склонов.

**В заключении.** Диссертация и автореферат написаны грамотным техническим языком с использованием современной научной терминологии, имеет логическую структуру, стройную и научно обоснованную постановку задач исследований, тщательную проработку процедуры их решения, адекватность полученных автором результатов. По тексту имеются необходимые ссылки на используемые источники информации. Приведено достаточное количество отечественных и зарубежных источников.

## **6. Основные замечания по диссертационной работе**

1. На наш взгляд, автор недостаточно уделит внимание вопросам зависимости роста оползневых смещений от внешних нагрузок, таких как инженерные сооружения и др.

2. Учитываются ли показатели ответственности сооружений (классы, уровни) при геодезическом обеспечении мониторинга деформационных процессов застроенных склоновых систем.

3. Если учитываются, то с какими доверительными вероятностями (показателями надежности) следует осуществлять геодезические измерения при мониторинге деформационных процессов оснований, сооружений с повышенным, нормальным и пониженным уровнями ответственности или надежности их конструкций по назначению соответственно классов КС-3, КС-2 и КС-1, согласно ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения.

4. В диссертации не нашли отражение вопросы геодезического обеспечения мониторинга деформационных процессов застроенных склоновых систем на территориях с вечномерзлыми грунтами, характерных для районов Крайнего Севера Сибири и Дальнего Востока, где в настоящее время осуществляется более интенсивное освоение природных ресурсов.

5. Из третьего и четвертого научных защищаемых положений следует, что системный подход к результатам геодезического мониторинга и комплексные оценки рисков СС в условиях воздействия геодинамических факторов позволяет в полной мере разрешить третью и частично первую проблемы-неопределенности, связанные с неполнотой информации о пространственном распределении внешнего воздействия на систему и неопределенности в поведении СС, а также в полной мере раскрыть вторую проблему-неопределенность, связанную с неполнотой информации о состоянии сложных СС, возникающую при решении проблем обеспечения оползневой безопасности и комплексной оценки рисков в СС. Однако, в автореферате нигде не сказано об этих проблемах-неопределенностях.

6. Есть опечатка в таблице 11 автореферата: в третьей колонке вместо «Весовой коэф-т оползневой опасности  $W_i$ » должно быть «Весовой коэф-т оползневой уязвимости  $W_i$ ».

Необходимо отметить, что указанные замечания не снижают научной ценности и достоверности полученных результатов, выводов и рекомендаций работы.

## 7. Заключение

В целом диссертация Симоняна Владимира Викторовича на тему «Методология геодезического обеспечения мониторинга застроенных склоновых систем» представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Научные результаты имеют существенное значение для геодезии в части теории и практики, а выводы и рекомендации достоверны и достаточно обоснованы, освещены в печатных изданиях (2 монографии, 59 публикаций. В рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК для опубликования результатов докторских диссертационных исследований – 11 работ, в Scopus – 4 работы. Получены Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017616941 «Обобщенный среднеквадратический эллипсоид смещений оползней», Свидетельство о государственной регистрации программы для

ЭВМ № 2020663549 «Расчет величин смещений оползней (длина, направление)» и Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021620977 «Оценка оползневых рисков» и апробированы на международных конференциях, производственных совещаниях и научно-технических заседаниях.

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 25.00.32 - Геодезия, разработанного экспертным советом ВАК Минобрнауки России по техническим наукам. Тематика диссертации соответствует следующим областям исследований: 8. Геодезический мониторинг напряженно-деформированного состояния земной коры и ее поверхности, зданий и сооружений, вызванного природными и техногенными факторами, с целью контроля их устойчивости, снижения риска и последствий природных и техногенных катастроф, в том числе землетрясений; 11. Теория и практика математической обработки результатов геодезических измерений и информационное обеспечение геодезических работ. Автоматизированные технологии создания цифровых трехмерных моделей технологических объектов, процессов и явлений по геодезическим данным.

Диссертация: «Методология геодезического обеспечения мониторинга застроенных склоновых систем», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.32 - Геодезия, соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 19.12.2019 № 1755 адм., а ее автор – Симонян Владимир Викторович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.32 - Геодезия.

Доктор технических наук, профессор  
Заслуженный работник геодезии  
и картографии РФ, почетный работник  
ВПО РФ, почетный дорожник РФ



Столбов Юрий Викторович

(подпись)

«06» декабря 2021 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина» (ФГБОУ ВО Омский ГАУ)

Структурное подразделение: кафедра геодезии и дистанционного зондирования

Почтовый адрес:

644008, г. Омск, Институтская площадь, 1,

Телефон: +7 913 621 64 70

E-mail: [ssu0810@mail.ru](mailto:ssu0810@mail.ru)

[www.omgau.ru](http://www.omgau.ru)

Должность: профессор кафедры геодезии и дистанционного зондирования

Докторская диссертация защищена по специальности 25.00.32 Геодезия

Подпись профессора Столбова Юрия Викторовича, заверяю

Ученый секретарь Ученого совета ФГБОУ ВО Омский ГАУ  Н.А. Дмитриева

