

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Шевчука Романа Васильевича на тему «Обоснование и разработка метода выявления зон возможного нарушения изоляционных свойств массива горных пород на основе деформационного анализа», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.3 - «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр» и состоявшейся в НИТУ МИСИС 22 мая 2024 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 18.03.2024, протокол № 18.

Диссертация выполнена на кафедре геологии и маркшейдерского дела в Горном институте НИТУ МИСИС.

Научный руководитель – Тухель Екатерина Андреевна, кандидат технических наук, доцент кафедры геологии и маркшейдерского дела НИТУ МИСИС.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (18.03.2024, протокол № 18) в составе:

- Винников Владимир Александрович, доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой физических процессов горного производства и геоконтроля НИТУ МИСИС (председатель);

- Вознесенский Александр Сергеевич, доктор технических наук, профессор кафедры физических процессов горного производства и геоконтроля НИТУ МИСИС;

- Еременко Виталий Андреевич, доктор технических наук, профессор кафедры физических процессов горного производства и геоконтроля НИТУ МИСИС;

- Нестеренко Максим Юрьевич, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией отдела геоэкологии Оренбургского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук;

- Гупало Владимир Сергеевич, доктор технических наук, заведующий лабораторией методологии обоснования безопасности Института проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук.

В качестве ведущей организации утверждено ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт по осушению месторождений полезных ископаемых, защите инженерных систем от обводнения, специальным горным работам, геомеханике, геофизике, гидротехнике, геологии и маркшейдерскому

делу» (ОАО «ВАОГЕМ»), г. Белгород, отметившее в своём положительном отзыве актуальность, научную новизну и практическую значимость работы.

Экспертная комиссия отмечает, что в диссертации (соответствует пп. 3, 9, 17 паспорта специальности 2.8.3 «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр») на основании выполненных соискателем исследований:

1. По результатам теоретических расчетов и моделирования полей деформаций по ГНСС-данным измерений на Нижне-Канском геодинамическом полигоне исследована динамика изменений во времени деформаций дилатации и чистого сдвига. Для получения однородного набора деформационных характеристик предложены два варианта: интерполяция значений смещений в узлы регулярной сетки, сформированной равновеликими треугольниками, и масштабирование неоднородных деформаций соответствующими коэффициентами.
2. Разработана методика полевого контроля ГНСС-аппаратуры, позволяющая оперативно выявлять некорректные номинальные параметры измерительных средств. Тестирование методики показало, что для данного района точность определения характеристик в плане находится на уровне 1-1.5 мм, а по высоте – 2 мм. Результаты опробования методики в полевых условиях позволяют обнаружить участки с повышенными значениями скоростей деформаций растяжений-сжатий, достигающими $1 \cdot 10^{-5}$ в год.
3. Разработаны конструкции и технологии закладки скального геодезического центра для физико-географических условий площадки ПИЛ, позволяющие минимизировать погрешность центрирования, обеспечить неподвижность и долговечность ГНСС-антенн. При модернизации геодинамического полигона спутниковая геодезическая сеть была расширена путем закладки новых геодезических центров скального типа. Модернизированная сеть ГНСС-наблюдений стала более оптимальной в отношении формы конечных элементов.
4. Исследовано влияние масштабного пространственного эффекта на величину скоростей деформаций для различных иерархических уровней и типов напряженного состояния земной коры. Получена номограмма пересчета деформаций для полигонов регионального и локального уровней, рекомендованная к использованию при разработке инженерных критериев безопасности особо ответственных объектов с длительным сроком эксплуатации.
5. Создана библиотека PyGeoStrain, позволяющая проводить анализ геопространственных данных и визуализировать результаты, включая

векторы движений, ориентацию главных деформаций и угловую скорость вращения, отличающаяся гибкостью и простотой использования.

6. Установлено, что современные сдвиги в районе зоны контакта Западно-Сибирской плиты и Сибирской платформы характеризуются циклическим развитием во времени, связанным с кинематическим взаимодействием тектонических блоков. Для выявления возможных зон потери изоляционных свойств пород рекомендовано использовать параметр "дефицит смещений", позволяющий объяснять глубинные механизмы наблюдаемых геодинамических явлений в регионе.
7. Установлено наличие взаимосвязи между скоростями деформаций земной коры и крупными тектоническими структурами (разломами Приенисейским (Муратовским), Атамановским, Большетельским и Правобережным). Исследована динамика развития дилатации и сдвиговых деформаций в ближней зоне ПИЛ за период с 2012 по 2021 гг.
8. Результаты исследования позволили получить новые фундаментальные знания о СДЗК на геодинамическом полигоне Нижне-Канского массива. Разработанный комплексный метод, включающий полевые ГНСС-наблюдения и анализ деформаций, успешно прошел апробацию в системе научно-исследовательских, производственных и полевых работ Геофизического центра РАН, выполняемых совместно с ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами». Данный метод успешно применяется при эксплуатации геодинамического полигона ПИЛ и при реализации научной программы геодинамических и геомеханических исследований в ПИЛ.

Теоретическая значимость и новизна исследования применительно к тематике диссертационного исследования (т. е. с получением обладающих новизной результатов) заключается в:

- разработке метода полевого контроля точности ГНСС-аппаратуры, позволяющего выявлять ошибочные параметры измерительных средств и обеспечивать надежную регистрацию субсантиметровых движений и деформаций земной поверхности для тектонически умеренно-активных районов;
- установлении пространственных закономерностей скоростей деформаций, вызванных тектоническими процессами, для различных по масштабу иерархических уровней и типов напряженного состояния участков земной коры, позволяющих априорно классифицировать деформации на два класса, характерных для геодинамического режима исследуемого района: «относительно неопасные», и превышающие их «опасные»;

- разработке нового метода деформационного анализа, отличающегося тем, что оценивается пространственно-временная динамика изменения компонент тензора деформаций земной коры, получаемых на основе режимных наблюдений средствами ГНСС, позволяющая выявить взаимосвязь кинематики движений и параметров деформаций с зонами возможного нарушения изоляционных свойств пород;
- установлении тенденций плановых смещений пунктов ГНСС за 2012-2021 гг., подтверждающих нелинейный геодинамический режим территории, проявляющийся в квазициклическом характере развития во времени и разнонаправленном движении блоков; при этом зафиксировано два цикла смены направлений движений (время цикла около 2-3 лет);
- получении впервые фундаментальных данных о характере горизонтальных движений в районе контакта двух региональных тектонических структур: Западно-Сибирской плиты и Сибирской платформ.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики заключается в разработке метода выявления зон возможного нарушения изоляционных свойств горного массива на основе деформационного анализа результатов ГНСС-наблюдений на локальных геодинамических полигонах, что повышает эффективность обеспечения промышленной безопасности объектов использования атомной энергии. Разработанный метод использован Геофизическим центром Российской академии наук для определения временных и пространственных изменений параметров деформаций, необходимых для обеспечения безопасности захоронения радиоактивных отходов в геологических формациях Нижне-Канского массива. Разработанные методические принципы ГНСС-измерений позволили обеспечить субсантиметровую точность регистрации движений земной поверхности в районе строительства ПИЛ. Полученные при проведении исследований результаты могут быть рекомендованы для практического применения организациям, занимающимся проектированием и строительством хранилищ для захоронений радиоактивных отходов (Научно-исследовательскому институту горной геомеханики и маркшейдерского дела – Межотраслевому научному центру ВНИМИ, ФГБУ Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук, ОАО «ВАОГЕМ», АО «НЦ ВостНИИ» и другим), а также учреждениям науки и образования (профильным институтам РАН и университетам, осуществляющим подготовку горных инженеров).

Достоверность результатов подтверждается согласованностью результатов исследований с нормативными документами по безопасности обращения с РАО; применением современных методов, компьютерных

комплексов и алгоритмов обработки ГНСС-данных; необходимым уровнем метрологического обеспечения проведения геодезических работ; сходимостью результатов с данными геологических и геофизических исследований в районе ПИЛ.

Личный вклад соискателя состоит в постановке цели и задач диссертационного исследования; формулировании основных научных положений; проведении анализа научно-технической литературы; разработке нового метода деформационного анализа на основе оценки пространственно-временной динамики изменения компонент тензора деформаций земной коры, позволяющего выявить взаимосвязь кинематики движений и параметров деформаций с зонами возможного нарушения изоляционных свойств пород; разработке метода полевого контроля точности ГНСС-аппаратуры, обеспечивающего надежную регистрацию субсантиметровых движений и деформаций земной поверхности для тектонически умеренно-активных районов; разработке конструкции и технологии закладки скального геодезического центра для физико-географических условий площадки ПИЛ, позволяющей минимизировать погрешность центрирования, обеспечить неподвижность и долговечность ГНСС-антенн.

Соискатель представил 12 научных работ в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ, а также получено одно свидетельство о государственной регистрации ЭВМ.

Пункт 2.6 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Шевчука Романа Васильевича соответствует критериям раздела 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, так как в ней на основании выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований содержится решение актуальной научной задачи – разработки метода выявления зон возможного нарушения изоляционных свойств массива горных пород, имеющего важное значение для обеспечения безопасности захоронения высокоактивных радиоактивных отходов.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Шевчуку Роману Васильевичу ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.3 «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр».

При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 5 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав

комиссии, проголосовало: за 5 человек, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель Экспертной комиссии

В. Вин

В.А. Винников

22.05.2024