

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева

Российской академии наук

член-корр. Е.А. Вознесенский

«03» августа 2026 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Маневича Александра Ильича «Моделирование и анализ полей современных движений и деформаций в районе строительства подземной исследовательской лаборатории Нижне-Канского массива», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21 – «Геоэкология»

Диссертационная работа Александра Ильича Маневича направлена на решение актуальной научной задачи – выявление особенностей динамики современных движений геологической среды и оценку времени накопления критических деформаций по данным режимных ГНСС-наблюдений (2012-2024 гг.). Цель – геоэкологическое обоснование безопасности подземной изоляции высокоактивных радиоактивных отходов в районе строительства исследовательской лаборатории на Енисейском участке Нижне-Канского раннеархейского массива.

Массив – это древний выступ кристаллического фундамента Сибирской платформы, обнажившийся во время новейшего тектогенеза на границе с Западно-Сибирской палеозойской плитой. В рельефе выступ представлен горным кряжем – ступенчатым плоскогорьем, деформированным на поднятия и впадины (структурные блоки) по причине субмеридионального сжатия, действующего с юга со стороны Алтае-Саянского горноскладчатого орогена в северном направлении в сторону сибирских платформенных структур (Макеев, Григорьева, 2014; Макаров, 1996).

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения и приложения. Текст диссертации содержит 37 рисунков, 8 таблиц, список использованных источников из 129 наименований, и изложен на 109 страницах.

Актуальность работы и ее связь с соответствующими отраслями науки и производства

Подземная изоляция радиоактивных отходов относится к числу наиболее сложных задач неотектоники, инженерной геологии и геоэкологии. Их решение требует обоснования способности геологической среды, как барьера, сохранять изоляционные (фильтрационно-прочностные) свойства на сверхдлительных временных интервалах, существенно превышающих продолжительность функционирования инженерных барьеров. Устойчивость массивов к деформации определяет уровень защищенности биосферы от возможной миграции радионуклидов. ГНСС-данные позволяют перейти от качественного анализа геологической среды к ее количественной оценке. В платформенных условиях с движениями связано образование мозаичного типа аномальных деформаций, медленных (криповых) смещений, слабых импульсных событий и т.п.

Разработанные принципы могут быть использованы профильными организациями: ФС по экологическому, технологическому и атомному надзору, ГК «Росатом», ФГУП «НО РАО» для оценок территорий размещения объектов использования атомной энергии, подземных хранилищ газа, гидротехнических сооружений, транспортной и трубопроводной инфраструктуры, а также др. объектов недропользования.

Новизна исследования, результаты, выводы и рекомендации

На основе режимных ГНСС-наблюдений установлены особенности пространственно-временной закономерности развития современных деформаций, которые не сводятся к устойчивому однонаправленному перемещению отдельных блоков по так наз. «активным разломам». Они характеризуется последовательной перестройкой ориентации главных осей деформаций, сменой режимов сжатия, растяжения и сдвига, локализацией деформационных аномалий и их частичной компенсацией на длительных интервалах наблюдений. На поздних этапах наблюдений возрастает мозаичность деформационного поля, указывающая в т.ч. на активность разломов на отдельных участках (сегментах).

Для объектов подземной изоляции радиоактивных отходов предложен *новый подход* (модель) к оценке опасности современных деформаций. Принципиальной особенностью является учет не только величин наблюдаемых деформаций, но и цикличности геодинамического режима, пространственного масштаба нормирования и сценарных параметров активизации. Модель включает оценку интенсивности деформационного процесса (λ), количество активизаций (N) и длительность импульса (ΔT_A).

Впервые выполнена количественная оценка наблюдаемой средней интенсивности активизации деформаций (λ_{obs}), позволившая установить, что этот параметр изменяется в интервале приблизительно $0,09\text{--}0,20 \text{ год}^{-1}$. Это позволяет перейти к регрессионным

зависимостям, связывающим расчетные пороговые значения средней критической деформации с площадью нормируемого элемента для межгодового, десятилетнего и векового сценариев цикличности для оценки критических деформаций и времени их накопления

Значимость для науки и производства, полученных результатов и их сопоставление с современным уровнем науки

Значимость работы определяется совершенствованием количественного подхода к оценке состояния геологической среды на основе пространственно-временного анализа современных деформаций. Автор рассматривает их как самостоятельный инструментально наблюдаемый индикатор эндогенной (тектонической) активности. Предложенные принципы оценки взаимодействия структурных блоков, выявления геодинамически активных зон, как концентраторов повышенных напряжений и их импульсной разрядки соответствует современному уровню исследований.

Научный результат представлен моделью оценки критических деформаций, учитывающей цикличность деформационных процессов, пространственную масштабируемость и сценарные параметры активизаций. Введение параметра средней интенсивности активизаций позволяет учитывать неравномерность и разнотипность протекания современных движений и отказаться от упрощенного предположения об их строго линейном развитии и однородности. Это имеет принципиальное значение при переходе от коротких рядов инструментальных наблюдений к длительным рядам оценки геологической среды.

Практическая значимость состоит в применимости результатов исследования при проектировании и актуализации (корректировке конфигурации) наблюдательных сетей геоэкологического и геодинамического мониторинга, выделения блоков и блокоразделов приоритетного наблюдения, включая уточнение разрывных нарушений и их ширины. Автором работы показано, что зоны нарушений характеризуются сокращенными (быстрыми) интервалами накопления критических деформаций.

Рекомендации по использованию результатов и выводов работы

Методические подходы и принципы, изложенные в диссертации, могут быть использованы в программах геодинамических исследований, разрабатываемых для обоснования долговременной безопасности подземной изоляции радиоактивных отходов. Аномальные зоны движений и деформаций необходимо учитывать при модернизации системы геоэкологического и геодинамического мониторинга района строительства подземной исследовательской лаборатории. Модель оценки критических деформаций применима при интерпретации результатов длительного мониторинга геологической среды, что позволит уточнять интервалы времени накопления неблагоприятных деформаций и выполнять последовательную актуализацию оценок геодинамического состояния блоков и трансзональных разломов.

Замечания к работе и вопросы

1. В главе 1, посвященной состоянию изученности района, разломы характеризуются недостаточно полно. На структурно-тектонической карте (рис. 1.6, с. 27) отсутствует указания на возраст разломов (архейский, палеозойский, новейший, в т.ч. какие из них активные?) и их кинематический тип (сброс, взброс, сдвиг?). Поскольку причиной образования разломов является разнонаправленное движение блоков, следовало бы показать их ранг (главные и локальные), какие из блоков испытывают поднятия и какие относительные опускания, какие характеризуются горизонтальными движениями и как они связаны с разломами.

2. В главе 2, направленной на рассмотрение основ деформационного анализа ГНСС-данных, указывается на долговременность (первые десятки миллионов лет) накопления смещений по разломам, установленных геологами по дислокациям геоморфологических поверхностей (речных террас, денудационных ступеней) и др. маркеров. В этой связи, возможно ли на основании деформационных аномалий, которые выявляют изменение фильтрационно-прочностных свойств пород, уточнить локализацию (положение) разлома и его ширину или опровергнуть разрывное нарушение? Или, к примеру, выделить кольцевые (купольные и депрессионные) структуры, характерные для платформ?

3. В главе 3, посвященной результатам наблюдений за СДЗК, интерпретация положения деформационных аномалий часто выполняется через их сопоставление с узлами пересечения разрывов. При этом не всегда четко разделены участки, где такая связь подтверждается устойчивым повторением аномалий во времени, и участки, где она имеет преимущественно предположительный характер. Кроме узлов и разломов, деформационные аномалии могут быть приурочены к границам разновозрастных вещественно-структурных неоднородностей кристаллического фундамента. Границы являются контактами разных по физико-механическим свойствам пород и характеризуются пониженными прочностными свойствами.

4. В главе 4, посвященной изучению цикличности современных деформаций, параметр средней интенсивности деформационных процессов (λ_{obs}) определяется по ограниченному ряду инструментальных наблюдений. В работе следовало явно разграничить этот параметр как характеристику наблюдаемого современного режима и λ как сценарный параметр для оценки накопления критических деформаций на длительных временных интервалах. В этом аспекте, пусть предположительно, не рассматривается происхождение цикличности (2-3 года за 12-летний период, с. 58) – ее природа исключительно тектоническая или, возможно, отчасти ротационная, связанная с особенностями неравномерного вращения Земли?

5. В диссертации основное внимание уделено горизонтальным смещениям, полученным по данным ГНСС-наблюдений. При этом роль вертикальных движений земной коры и данных повторного нивелирования в общей оценке современного геодинамического режима исследуемой территории раскрыта значительно менее подробно. ГНСС-наблюдения (поля деформаций) не сопоставлены с топографической картой с ее абсолютными отметками, по которым можно судить об интенсивности суммарных (новейших) и поэтапных (ранне- и позднечетвертичных и голоценовых) вертикальных поднятиях и относительных опусканиях.

6. Недостаточно подробно обозначены условия переноса предложенного подхода оценки опасных горизонтальных деформаций на другие геодинамические полигоны и объекты подземного строительства. В частности, требуют уточнения ограничения, связанные с плотностью наблюдательной сети, длительностью рядов измерений, масштабом расчетных элементов и уровнем тектонической активности района. Участок Енисейский соответствует III степени опасности $|grad V_{гор}|$ и $|grad V_{верт}| < 10^{-9}$ м/год (по классификации НП-064-17), т.е. характеризуется очень низкими платформенными значениями активности. В то же время, он приурочен к Нижнеканской перирогенной области, находящейся под влиянием новейшего тектогенеза Алтае-Саян. В этих условиях возможна активизация древних разломов и образование новейших, в т.ч. активных.

Отмеченные недостатки не являются принципиальными и относятся большей частью к анализу геологической среды, и не влияют на общую положительную оценку добротно выполненной работы. Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 10 печатных изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science, RSCI и входящих в перечень журналов ВАК Минобрнауки России, в т.ч. 2 статьи опубликовано по специальности защищаемой диссертации.

Основные научные положения, результаты и выводы работы соответствуют паспорту специальности 1.6.21 – «Геоэкология». Автореферат соответствует структуре и содержанию диссертации.

Выводы. Диссертация Александра Ильича Маневича «Моделирование и анализ полей современных движений и деформаций в районе строительства подземной исследовательской лаборатории Нижне-Канского массива», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является законченной научно-квалификационной работой. По данным ГНСС-мониторинга решена актуальная научная задача, связанная с оценкой цикличности современных движений, разработкой модели оценки критических деформаций и определением времени их накопления. Выявление закономерностей движений и деформаций имеет важное практическое значение для тектонического, инженерно-

геологического и геоэкологического обоснования безопасности глубинной изоляции радиоактивных отходов.

Диссертация соответствует п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней НИТУ МИСИС. Автор Александр Ильич Маневич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21 – «Геоэкология» по результатам публичной защиты.

Работа обсуждалась на заседании лаборатории эндогенной геодинамики и неотектоники им. В.И. Макарова Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН 17 июля 2026 г., протокол №1/5-26, включая замечания, и одобрена в качестве официального отзыва ведущей организации.

Макеев Владимир Михайлович,

доктор геолого-минералогических наук, и.о. заведующего лабораторией, Главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук.

Адрес: 101000, Москва, Уланский пер., д. 13, стр. 2, а/я 145

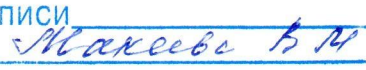
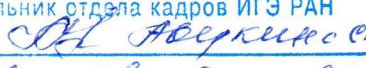
e-mail: vmakeev@mail.ru Тел.: +7 (495) 607-46-14; +7(906)781-3718

 / В.М. Макеев

Подпись Макеева Владимира Михайловича заверяю.

Начальник отдела кадров ИГЭ РАН

«03» августа 2026 г.

ПОДПИСИ

Заверяю:
начальник отдела кадров ИГЭ РАН

«03» августа 2026 г.