

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
"Научно-исследовательский институт аэрокосмического мониторинга "АЭРОКОСМОС"
(НИИ "АЭРОКОСМОС")
105064, Москва, Гороховский пер. 4, "Аэрокосмос". Тел.: (495) 632-16-54, (495) 632-17-19.
Факс: (495) 632-11-78.
E-mail: office@aerocosmos.info
www.aerocosmos.info

УТВЕРЖДАЮ:

Научный руководитель НИИ
«АЭРОКОСМОС»,
Председатель НТС
академик РАН, профессор, д.т.н

БОНДУР В.Г.



О Т З Ы В

ведущей организации
на диссертационную работу Бабаянца Игоря Павловича
**«Поля смещений природных и техногенных объектов по данным спутниковой
радарной интерферометрии: методика определения и интерпретации»**
на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.6.9. Геофизика

Диссертационная работа Бабаянца И.П. посвящена разработке и применению методов спутниковой радарной интерферометрии (РСА) для мониторинга оседаний над горными выработками в сложных условиях Пермского края, а также для исследования катастрофических землетрясений в Турции, произошедших в 2023 году. Автором выполнены численные расчеты по оценке точности определения компонент вектора смещений над модельными объектами – калийными рудниками и подземными хранилищами газа (ПХГ).

Построена новая модель поверхности разрыва и оценены косейсмические и постсейсмические смещения в зоне этих сейсмических событий.

Объект, предмет и актуальность исследований

Объектом исследований являются смещения земной поверхности, связанные с техногенными и природными процессами.

С использованием радарных снимков спутника Sentinel-1 оценены смещения земной поверхности на территории горных отводов Верхнекамского месторождения калийных солей и над подземным хранилищем газа. На основе геомеханических моделей получены оценки точности определения компонент вектора смещений над калийным рудником. Изучены косейсмические и постсейсмические процессы в области катастрофических землетрясений в Турции 2023 г.

Предметом исследований являются методы и результаты оценки полей смещений земной поверхности на основе метода дифференциальной интерферометрии (DInSAR), методов многопроходных интерферометрических пар снимков (SBaS, IPTA) при мониторинге оседаний в сложных ландшафтных условиях, а также метода офсетов при исследовании горизонтальных смещений вдоль Восточно-Анатолийской зоны разломов и разлома Сюргу-Чардак в Турции. Автором исследованы также оценки точности расчета компонент вектора смещений над модельными объектами, полученные по радарным снимкам с одной или двух орбит, с целью сопоставления результатов расчетов с данными наземных маркшейдерских наблюдений.

Актуальность представленных в диссертации исследований состоит в том, что они посвящены дистанционному радиолокационному мониторингу оседаний на опасных территориях, который является слабо чувствительным к неблагоприятным погодным условиям (облачность, атмосферные осадки) и являются существенным дополнением к работам, выполняемым наземными методами. Актуальность использования методов спутниковой радиометрии обусловлена также большим пространственным охватом и более высокой производительностью по сравнению с наземными маркшейдерскими методами.

Актуальность диссертационной работы обусловлена также возможностью применения предлагаемых методов для мониторинга косейсмических и постсейсмических процессов в зонах катастрофических и сильных землетрясений.

Цель и задачи исследований

Целью исследований явилось создание методики обработки спутниковых радарных снимков, обеспечивающей надежное определение оседаний земной поверхности над Верхнекамским месторождением калийных и магниевых солей в сложных ландшафтных

условиях района, а также для оперативного определения смещения земной поверхности вдоль разломов в области катастрофических землетрясений.

Основными задачами, поставленными перед диссертантом, были:

- разработка методов обработки спутниковых радарных снимков в сложных ландшафтных условиях г. Березники и г. Соликамск;
- расчет полей смещений земной поверхности в этих районах с помощью разработанной технологии;
- оценка точности расчета земной поверхности над калийными рудниками и подземными хранилищами газа по данным с одной или совместно с двух орбит с помощью метода офсетов с верификацией полученных данных с помощью разработанной методики;
- определение смещения земной поверхности и выполнение физико-математического моделирования для определения геометрии поверхности разрыва и поля смещений на ней для землетрясений в Турции в 2023 г.

Каждая из перечисленных задач исследований вынесена в отдельное защищаемое положение.

Научная новизна и практическая значимость полученных результатов

Научная новизна полученных результатов заключается в разработке методов обработки спутниковых данных, позволяющих проводить оценки смещений земной поверхности в высоко- и низкокогерентных областях, а также в согласованном применении метода расширения стандартных процедур дифференциальной интерферометрии (метод Std) и пошагового метода развёртки (метод Step) для решения поставленных задач.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в результатах трехлетнего мониторинга территории г. Березники и г. Соликамск, которые позволили установить, что большая часть горных отводов остается стабильной, что говорит о действенности мер по замедлению оседаний. Выявлены области оседаний в г. Березники, где наблюдается увеличение скорости оседаний примерно на 25 % - это начало проспекта Ленина и юго-западный борт Нижнезырянского водохранилища. Установлено, что на территории г. Соликамск основные оседания происходят в области провала. Обнаруженные небольшие, но стабильные во времени оседания в пос. Родники.

Достоверность результатов исследований И.П. Бабаянца подтверждается их согласованностью с данными наземной геодезии и достигается, в том числе, путем взаимной верификации данных, полученных по снимкам с различных спутниковых миссий,

оборудованных РСА, с длинами волн различных диапазонов (Sentinel-1, TerraSAR-X), и с применением различных методов выделения деформационных сигналов. Модель поверхности разрыва землетрясения 6.02.2023 г. в Турции в целом согласуется с результатами других авторов и данными наземных наблюдений.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Результаты, изложенные в диссертации, могут быть использованы при построении и развитии различных современных систем дистанционного мониторинга природных и антропогенных объектов, для решения фундаментальных и прикладных задач. Полученные результаты могут быть внедрены, в том числе, в системах, которые в настоящее время уже эксплуатируются в России.

Использование результатов и выводов диссертационной работы перспективно при развитии методов анализа серий радарных снимков для исследования полей смещений, регистрируемых методами спутниковой радио интерферометрии в сейсмоопасных районах. Развиваемые методы могут использоваться для прогнозирования других катастрофических событий, связанных с вулканической деятельностью, оползнями и др.

Использование разработанных методов перспективно при выделении областей ускорения оседаний земной поверхности в различных регионах, где ведутся интенсивные горные работы.

Основные замечания по диссертационной работе

1. В защищаемом положении 1 не вполне корректно использование термина «технология оценки полей смещений...», поскольку в работе предложены методы оценки смещения, но не созданы инструменты для получения таких оценок, например, не разработаны программные средства, реализующие предложенные методы.
2. В диссертации не проведено сопоставление карт когерентности, определяемых предложенными методами по снимкам разных диапазонов, используемых для исследования территорий со спутников TerraSAR-X и Сентинель-1 в одних и тех же условиях. Такое сопоставление могло бы служить дополнительным подтверждением достоверности результатов работы.
3. В защищаемых положениях 2,3 не приведены количественные характеристики, что затрудняет оценку их значимости. Хотя указанные оценки имеются в тексте

диссертации, желательным было бы их присутствие в формулировке положений, выносимых на защиту.

4. Некоторые авторские формулировки по научной новизне исследования содержат сразу несколько различных утверждений, что затрудняет оценку их практической значимости. Например, формулировка новизны по п.1 включает обоснование численными расчетами разработанной технологии, сходимость результатов с наземными данными, а также выделение области ускорения оседаний земной поверхности в пределах г. Березники и г. Соликамск. Каждое из утверждений можно рассматривать отдельно друг от друга.
5. Рекомендация по проведению дальнейших исследований. Диссертанту рекомендуется провести анализ серии радарных снимков для рассмотренного в работе землетрясения в Турции, чтобы исследовать поля смещений, регистрируемые методами спутниковой радарной интерферометрии, перед катастрофическими событиями.

Выводы

Полученные диссертантом результаты перспективны для дальнейшего использования. Они базируются на исходных данных различных спутниковых систем (Sentinel-1, TerraSAR-X), разработке методов их обработки в сложных ландшафтных условиях, а также на интерпретации полученных данных. Все научные положения, выводы и рекомендации обоснованы. Четыре сформулированные диссертантом защищаемые положения раскрыты в тексте работы. Диссертационная работа в целом полностью отвечает формуле специальности 1.6.9 и п.п. 10, 12, 16,19, 26, 27 паспорта специальности.

Перечисленные выше замечания не уменьшают достоинств диссертации И.П. Бабаянца, которая является законченной научно-квалифицированной работой, обладающей научной новизной и практической значимостью. В диссертации представлены как теоретические расчеты, базирующиеся на использовании геомеханических моделей, так и практические результаты, которые могут быть использованы для мониторинга существующих подземных разработок.

Автореферат и 6 опубликованных работ в изданиях, рекомендованных ВАК отражают основное содержание диссертации. Из представленных диссертантом работ 3 опубликованы в изданиях, входящих в список Web of Science, 3 – в изданиях, входящих в Scopus. Результаты представлены на 7-ми научных конференциях, в том числе международных.

Диссертационная работа отвечает критериям, установленным Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» (в ее действующей редакции), а ее автор – Бабаянц Игорь Павлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.9. Геофизика.

Диссертационная работа обсуждена на заседании научно-технического совета НИИ "АЭРОКОСМОС" 29.01.2024 г., протокол № 01–2024.

Ведущий научный сотрудник,

д.т.н.



Мурынин Александр Борисович

Научный сотрудник,

к.т.н.



Рихтер Андрей Александрович