

ОТЗЫВ

ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Зверева Андрея Владимировича

«Разработка методики автоматизированного линеаментного анализа космических изображений для решения природно-ресурсных и природоохранных задач»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.34 – «Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия»

Использование данных дистанционного зондирования Земли нашло широкое распространение в решении задач, связанных с мониторингом различных природных и антропогенных процессов и явлений. Исследование и решение таких задач, как оценка пригодности геологической среды для проведения строительных работ, оценка состояния природных и техногенных систем, поиск и разведка полезных ископаемых, оценка состояния растительных и земельных ресурсов и другие виды мониторинга природной среды представляет большой научный интерес и имеет практическую значимость, что определяет **актуальность** работы. Одним из методов, используемом при такого рода изысканиях, является линеаментный анализ, который заключается в исследовании геологических структур, проявляющихся на поверхности в виде так называемых линеаментов, кольцевых и линейных образований. В настоящее время методы линеаментного анализа, основанные на автоматизированной обработке космических изображений находятся в стадии активного развития, а вопросы связи обнаруженных таким образом линеаментов и их характеристик с природными процессами, в частности геологическими, являются дискуссионными и требуют изучения, что также определяет **актуальность** выбранного автором направления исследования.

Диссертационная работа посвящена исследованию методических аспектов использования линеаментного анализа на основе данных ДЗЗ для решения природно-ресурсных и природоохранных задач, в частности

геодинамического районирования, прогноза нефрегазовых месторождений и выявления оползневых участков.

В рамках диссертации получены следующие основные результаты:

- Предложена адаптируемая комплексная методика использования линеаментного анализа для решения природно-ресурсных и природоохранных задач;
- Предложен и апробирован алгоритм поиска месторождений углеводородов, основанный на использовании спутниковых данных для автоматизированного линеаментного анализа;
- Предложен и апробирован алгоритм выявления оползневых склонов, основанный на использовании спутниковых данных для автоматизированного линеаментного анализа;
- Предложен и апробирован алгоритм геодинамического районирования, основанный на линеаментном анализе спутниковых данных различного пространственного разрешения и разном уровне обобщения статистической информации, полученной в ходе такого анализа.

Диссертация включает в себя введение, три раздела, заключение, список литературы и список принятых сокращений. Первый раздел работы содержит обзор методов и алгоритмов линеаментного анализа. В частности, рассмотрены общие сведения о линеаментном анализе, методы линеаментного анализа цифровых изображений, а также современные программные пакеты. Рассмотрен опыт применения линеаментного анализа космических изображений для исследования экологического состояния, геодинамических процессов территории и прогнозной оценки природных ресурсов.

Второй раздел диссертации посвящен разработке методики автоматизированного линеаментного анализа многозональных космических изображений. Рассмотрена физическая природа линеаментов, сделан вывод о целесообразности использования статистической информации о полях штрихов для решения поставленных задач. Рассмотрены особенности

использования цифровых моделей рельефа и космических изображений в оптическом диапазоне в линеаментном анализе. Автор отмечает предпочтительность использования космических изображений, которые позволяют выявлять линеаменты, выраженные не только в рельефе, но и в горных породах, почвенном и растительном покрове. Представлена универсальная адаптивная методика автоматизированного линеаментного анализа, требующая от исследователя формирования алгоритма в зависимости от поставленной задачи. Приведены, предложенные автором, алгоритмы геодинамического районирования, прогноза нефтегазовых месторождений и выявления оползневых участков.

В третьем разделе диссертации описано применение разработанных и реализованных соискателем алгоритмов обработки спутниковых данных для решения природно-ресурсных и природоохранных задач. Апробация алгоритма поиска нефтегазовых месторождений была выполнена на примере трех месторождений Северного Кавказа. На всех месторождениях обнаружено отсутствие связи поля расположения залежей углеводородов с общей плотностью штрихов, при этом плотность штрихов в некоторых выделенных направлениях такую связь демонстрирует. Обнаружена связь нефтегазовых месторождений с плотностью штрихов в направлении 45° и 135° , что соответствует поперечному и продольному направлению по отношению к основным элементам рельефа соответственно. Сделан вывод о достаточности использования роз-диаграмм штрихов и карт плотности штрихов для выявления залежей углеводородов.

Алгоритм поиска оползневых участков был применен на территории бассейна р. Мзытма (Сочи). Обнаружено, что плотность штрихов, простирающихся в направлении, поперечном к речным долинам, приурочена к оползневым участкам пластичного течения и бокового смещения с уклоном более 5° .

Представленный алгоритм геодинамического районирования, основан на использовании статистических показателей развития штрихов и позволяет выделить блоки земной коры разных рангов. Алгоритм был применен при

исследовании района проектируемого туннеля БАМ. Обнаружено, что линеаментный анализ космических изображений позволяет выделять до 4 иерархических уровней блоков земной коры в зависимости от пространственного разрешения используемых данных и уровня обобщения статистической информации, полученной в ходе линеаметного анализа. В частности, в работе была использована техника искусственного снижения пространственного разрешения спутниковых данных. На основе предложенного алгоритма автором была получена схема напряжений в районе Байкальского тоннеля, включающая зоны растяжения и зоны сжатия.

В заключении приводятся основные результаты выполненной диссертационной работы.

Основное замечание по оформлению диссертации заключается в следующем: на рисунках (например 3.2, 3.3, 3.4 и др.) не приведены численные показатели шкалы плотности штрихов, кроме того, цвета для шкалы подобраны не очень удачно. В подписях к некоторым рисункам не указано, по каким данным (спутниковым изображениям или ЦМР) получена приведенная плотность штрихов, что приводит к необходимости обращения к тексту для интерпретации данных рисунков. Есть также мелкие недочеты, например, у рисунка на странице 55 нет подписи, а рисунок 3.6 следует за рисунком 3.4. Присутствуют опечатки, например, в выводах к разделу 3.1 вместо диапазона “37,5-75” указано “7,5-75”. Несмотря на указанные замечания по оформлению, работа написана понятным языком, стиль изложения свидетельствует о квалификации автора и глубокой проработке темы исследования.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Научная новизна работы определяется разработкой новой комплексной методики обработки данных ДЗЗ на основе линеаметного анализа для решения природно-ресурсных и природоохранных задач. На основе методики были предложены оригинальные алгоритмы прогноза месторождений полезных ископаемых, выявления оползневых участков и геодинамического районирования.

Обоснованность и достоверность результатов диссертационной работы подтверждается их теоретическим обоснованием на основе выполненного анализа российского и зарубежного опыта использования методов линеаментного анализа, а также их экспериментальными подтверждениями на исследуемых тестовых участках, включая сравнение с полевыми исследованиями и результатами, полученными другими авторами.

Научная ценность диссертации определяется тем, что выполненные автором исследования расширяют возможности применения линеаментного анализа для решения природно-ресурсных и природоохранных задач. Обнаруженные автором статистические закономерности распределения штрихов и их связь с закономерностями развития природных процессов и объектов вносят свой вклад в развитие и понимание методов линеаментного анализа, а также их использования для решения различных научных и практических задач.

Практическая значимость работы заключается в том, что разработанная автором методика позволяет расширить и усовершенствовать методы поиска полезных ископаемых и подземных вод, прогнозирования негативных геодинамических процессов, таких как оползни, и оценки пригодности среды для проведения строительных работ и сохранности объектов инфраструктуры.

По работе можно сделать следующие замечания:

- В работе автор использует спутниковые данные спутников серии Landsat и цифровую модель рельефа SRTM, однако, не приведены требования к характеристикам спутниковых данных и не упомянута возможность использования данных других спутниковых систем в разработанных автором алгоритмах.

- Не представлено подробное описание алгоритмов, реализованных в выбранном программном комплексе LESSA. Как следствие, например, не до конца понятно, что означают различные классы, получаемые в результате работы программного комплекса и как между собой соотносятся одни и те же классы, полученные на разных участках. Это затрудняет интерпретацию

выводов о приуроченности залежей углеводородов к определенным диапазонам плотностей штрихов.

- В конце раздела 3.1 сделан вывод о том, что “представленный алгоритм позволяет проводить прогноз наличия нефтегазовых месторождений”. Несмотря на обнаруженные, на исследуемой территории, закономерности, вопрос их универсальности и переносимости на другие территории с целью прогноза, на мой взгляд, требует дальнейших исследований. Это замечание так же справедливо и для алгоритмов, описанных в разделах 3.2 и 3.3.

- В разделе 3.2 упомянут эксперимент по исследованию информативности различных спектральных диапазонов для выявления оползневых склонов. На мой взгляд, описание эксперимента стоило привести в более развернутом виде, включая иллюстрации, численные показатели, отражающие корреляцию и т.д.

- Автором упомянуто внедрение и практическое использование результатов диссертационного исследования. Следует уточнить, какие именно из предложенных алгоритмов были внедрены и использованы.

Отмеченные недостатки не оказывают существенного влияния на научную и практическую ценность диссертационной работы. Она представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, в которой решена задача разработки методики автоматизированного линеаментного анализа на основе использования спутниковых данных для решения природно-ресурсных и природоохранных задач. Основные результаты исследования достаточно полно опубликованы в 10 научных работах (из них 4 в изданиях, входящих в список ВАК РФ) и доложены на российских и международных конференциях.

Считаю, что диссертационное исследование «Разработка методики автоматизированного линеаментного анализа космических изображений для решения природно-ресурсных и природоохранных задач» соответствует п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Минобрнауки РФ, утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г., а ее автор, Зверев Андрей Владимирович, заслуживает присуждения ученой

степени кандидата технических наук по специальности 25.00.34 – «Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия».

Официальный оппонент
кандидат технических наук,
научный сотрудник отдела технологий
спутникового мониторинга ИКИ РАН

Ф.В. Стыщенко

20 марта 2020 г.

Информация об оппоненте:

Ученая степень: кандидат технических наук

Научная специальность, по которой защищена диссертация: 25.00.34 – «Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия». Науки о Земле

Место работы: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН)

Должность: научный сотрудник отдела технологий спутникового мониторинга

Адрес организации: 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная 84/32

Телефон: (495) 939-37-93

e-mail: fedor@d902.iki.rssi.ru

Подпись Ф.В. Стыщенко заверяю:

Ученый секретарь ИКИ РАН, Ф.Мен

А.М. Садовский

