

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора технических наук Мелкого Вячеслава Анатольевича на диссертационную работу Зверева Андрея Владимировича «Разработка методики автоматизированного линеаментного анализа космических изображений для решения природно-ресурсных и природоохранных задач», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 25.00.34 – Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия

Диссертация А. В. Зверева состоит из введения, трех разделов и заключения, списков литературы и принятых сокращений. Общий объем работы 121 страница машинописного текста, она иллюстрирована 58 рисунками. Список использованной литературы включает 123 наименования, в т. ч. 36 на английском языке.

Актуальность темы диссертационного исследования

Следует отметить совершенно справедливое замечание автора о том, что космические методы исследования с каждым днём всё больше используются в различных областях науки и производства. Широкое распространение технологий, основанных на применении данных дистанционного зондирования Земли, дает принципиально новые возможности для анализа состояния разломных зон, прогнозирования изменений и принятия своевременных управленческих решений. Такие качества как обзорность, оперативность, объективность, достоверность, свойственные космическим изображениям, позволяют обнаруживать явления и процессы, незаметные при использовании других методов, а экономическая целесообразность их применения, на фоне наземных исследовательских работ, требующих больших трудовых затрат, вполне очевидна. Наблюдение разрывных и трещинных тектонических нарушений, контролирующее размещение месторождений полезных ископаемых и, позволяющих отслеживать развитие современных геодинамических процессов, позволяет решать важнейшие научные и практические задачи.

Зоны крупных разрывных нарушений, как правило, уверенно

дешифрируются на космических снимках. Изучение трещиноватости образцов горных пород из обнажений геологических тел и комплексов представляет весьма трудоемкий и длительный процесс, который в большинстве случаев не дает представления о масштабах тектонических преобразований блоков земной коры и не позволяет выявить специфические особенности региональной геодинамики. Зоны разрывных нарушений и трещин являются источником повышенной сейсмической и вулканической активности, сопровождаемой другими негативными процессами. Обнаружение и мониторинг зон активизации дизъюнктивных нарушений способствует снижению риска для населения и объектов, размещенных на территориях, где они сосредоточены. Поэтому исследования, выполненные автором с целью разработки методики автоматизированного линеаментного анализа космических изображений для решения природно-ресурсных и природоохранных задач, без сомнения, актуальны и пользуются спросом.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

В первом разделе работы автором подытожены результаты большой работы по изучению многолетних научных исследований, выполненных российскими и зарубежными учеными в области тематического анализа пространственной структуры земной поверхности.

В обзор включены разнообразные труды:

- первые в этом направлении статьи Уильяма Хоббса (1904, 1912), в которых впервые было дано определение линеаментам;
- продолжающие развитие темы работы В. Ц. Кэли (1955), который считал, что линеаментами можно называть лишь линейные структуры значительной протяженности, Б.Б. Брока (1972), определившего «линеамент» как геологический или топографический объект настолько прямолинейный, что его прямолинейность нельзя рассматривать как случайность, Я. Г. Каца с соавторами (1986), развивающих идею «регматической трещиноватости», образующейся под влиянием гравитационного воздействия Солнца и Луны,

а также ротационных сил и выделивших 3 типа линеаментных зон: регионального, трансрегионального и глобального значения;

- и, наконец, посвященные прослеживанию активных разломных зон с использованием данных ДЗЗ на основе современной геодинамики, работы А. Т. Зверева, Ю. О. Кузьмина, А. И. Никонова, В. Г. Бондура, В. Д. Скарятин, и оценке геодинамического риска – В. П. Савиных, В. А. Малинникова, А. В. Садова, С. А. Сладкопевцева, В. В. Кравцова.

Автор отмечает, что выделение зон разрывных нарушений и трещин по линеаментам требует объективного обоснования их геологической природы, что в горно-складчатых областях, в условиях достаточно хорошей обнаженности горных пород, линеаменты легко распознаются на космических снимках, благодаря четкому проявлению прямых дешифровочных признаков зон разрывных нарушений и трещин.

Добротный анализ, имеющихся литературных данных о состоянии проблемы, выполненный А. В. Зверевым, позволяет сделать вывод о том, что в диссертационном исследовании он опирается на результаты работ предшественников, позволяющие достоверно и обоснованно выделять разрывные нарушения земной коры, а понимание их генезиса сделало возможным выявление зон локализации углеводородов и повышенного геодинамического риска.

Далее автором исследованы имеющиеся методы и алгоритмы автоматизированного линеаментного анализа цифровых изображений. Наличие пространственных связей между обнаруженными линеаментами и соотнесенными объектами исследуемого поля точек, позволяет специалисту-интерпретатору установить степень достоверности результатов автоматизированного линеаментного анализа. Выявлено, что возможность обнаружения разломов известными алгоритмами во многом зависит от степени достоверности и полноты исходных данных о точечных объектах.

Исследованы возможности существующего программного обеспечения для анализа цифровых изображений. Отмечается, что

инструментарий для поиска и выделения линейных структур имеется в универсальных ГИС пакетах ArcGIS, MapInfo, QGIS, SAGA, а также создан ряд специальных программ линеаментного анализа LINDENS, WinLESSA, Alina, LINEAMENT, PLANETAMONITORING, Гео-ПК. Диссертант отмечает, что несмотря на недостатки каждый пакет пригоден для проведения исследований, а выбор конкретного программного пакета должен быть обусловлен характером решаемых задач.

Завершая раздел, автор сделал вывод о том, что анализ научной литературы по изучаемой проблеме показал отсутствие эффективных методик автоматизированного линеаментного анализа многозональных космических изображений земной поверхности для решения природно-ресурсных и природоохранных задач и отметил необходимость разработать новый методический подход к проведению и интерпретации результатов автоматизированного линеаментного анализа космических изображений земной поверхности с целью решения вышеуказанных задач.

А. В. Зверев показал, что дальнейшее развитие соответствующих методов и технологий способно существенно повысить качество распознавания линеаментов при решении природно-ресурсных и природоохранных задач, а знание генетических особенностей линеаментной тектоники региона дает возможность более точного прогноза месторождений углеводородов.

Во втором разделе, рассматривая физическую природу линеаментов, выявленных при автоматизированном анализе изображений, автор отмечает, что они приурочены к зонам интенсивного дробления горных пород и разрывных нарушений, разграничивающих блоки земной коры, по которым проходят прямолинейные участки крупных рек. Основные представления о физическом смысле линеаментов представлены в виде четкой схемы, в которой выделено 6 классов:

1. линии вдоль зон разрывных и складчатых дислокаций, подтверждаемых положением приуроченных к ним эпицентров при регистрации

землетрясений или обнаруживающих себя цепочками вулканических конусов, при извержениях;

2. разрывы и флексуры молодых глубинных разрывных структур, хорошо выраженными на поверхности;

3. линии на земной поверхности, связанные косвенными признаками с глубинными структурами;

4. прямолинейные границы неоднородных по характеру отображения зон географической среды или геологической структуры;

5. отражения на поверхности зон, погребенных линейных флексурно-разрывных зон;

6. зоны земной коры с напряженно-деформируемым состоянием, регулирующие теплоперенос из глубин Земли к поверхности.

После изучения разновидностей дизъюнктивных нарушений в работе исследованы возможности обнаружения их на снимках посредством анализа цифровых моделей рельефа. Автором выявлены прямые и косвенные дешифровочные признаки разрывов земной коры, разработана и предложена их классификация. Признаки прямые – геологические (прямолинейные смещения в плане слоев горных пород, заметное изменение их простирания, наличие проявлений вулканизма, термальных источников) – и косвенные – геоморфологические (протяженные тектонические уступы, долины котловины, гряды и гребни с дайковыми и жильными телами, спрямленные участки речных русел, смещения гидросети, резкое разграничение ландшафтного рисунка), гидрогеологические (линии родников, проявления темных полос подземного стока), геоботанические (приуроченность более густой и влаголюбивой растительности), – выявленные в работе, позволили автору сделать вывод о том, что линеаментный анализ целесообразнее проводить по снимкам, чем по данным ЦМР. Экспериментальные работы, проведенные на тестовом участке, расположенном в Краснополянском грабене Главного Кавказского хребта, позволили определить по снимкам

Landsat-7, что основное направление вытянутости роз-диаграмм штрихов совпадает с господствующим в регионе северо-западным простиранием основных орографических и геологических структур в регионе. Аномалии выделены лишь в хребте Аибга, где на левом берегу р. Мзымты обнаружены поперечные северо-восточные линеаменты.

Технологическая схема методики автоматизированного линеаментного анализа космических снимков, представляющая собой системный набор процедур обработки космических изображений земной поверхности, разработанная в работе Зверева А. В., позволяет проводить исследования особенностей штриховых и линеаментных полей для решения природно-ресурсных и природоохранных задач: выявления оползневых участков, прогноза нефтегазовых месторождений и геодинамического районирования. В работе рассмотрены функциональные особенности каждого из блоков в технологической схеме реализации методики автоматизированного линеаментного анализа изображений.

Таким образом, выполненные экспериментальные работы подтвердили вывод о том, что при использовании разнородных первичных материалов (аэрокосмических, топографических, геофизических) выявляются разрывные дислокации разных типов и иерархических уровней. В использовании приема комплексирования имеющихся съемочных, картографических и других данных для наиболее точного выявления линеаментов просматривается научная новизна, а достоверность их дешифрирования подтверждается наличием соответствующих ландшафтных, топографических, геофизических, геохимических и других природных признаков.

Для практического использования разработанной методики в 3 разделе диссертации приводятся, разработанные автором алгоритмы автоматизированного линеаментного анализа космических снимков для быстрого, полного и объективного получения сведений по разрывной тектонике в целях обнаружения вероятных местоположений нефтегазовых

месторождений, прогноза оползневой опасности склонов и геодинамического районирования территорий.

В процессе исследования установлено, что разработанный алгоритм прогноза нефтегазовых месторождений на основе выявления участков повышенной плотности продольных и поперечных линеаментов по отношению к морфоструктурам не может указывать на наличие повышенной концентрации углеводородов направленностью роз-диграмм штрихов напрямую, при этом определено, что залежи углеводородов приурочены к определенным диапазонам плотностей штрихов 62,5-75, 0-12,5, 87,5-100 и 7,5-75, выраженных в условных единицах. Разработка обладает не только научной новизной, но и вызывает значительный практический интерес. Определено, что при исследовании линеаментов целесообразнее использовать космические снимки, а не цифровые модели рельефа (ЦМР), так как в ЦМР не выражен целый комплекс ландшафтных прямых и косвенных дешифровочных признаков.

Выявление оползневых склонов на основе данных автоматизированного линеаментного анализа космических изображений при помощи пакета LESSA посредством выделения участков с повышенной плотностью штрихов позволяет уверенно определять участки пластичного течения и блокового смещения на склонах и предоставлять более полную картину опасностей, чем отражена на имеющихся крупномасштабных инженерно-геологических картах (масштабов 1: 10 000, 1: 50 000).

Использование алгоритма для анализа области разгрузки трещинно-жильных вод дает возможность выделять пути их миграции, что представляет особый интерес при решении задач обеспечения водоснабжения населения. Предлагаемый алгоритм используется впервые и кроме научной новизны имеет качество полезного инструментария для оперативной качественной оценки пригодности земель для хозяйственного использования.

Использование алгоритма геодинамического районирования

территории с помощью многоуровневого автоматизированного линеаментного анализа космических изображений дает возможность выделить блоки земной коры разных иерархических уровней, зоны растяжения, сжатия и относительной стабильности. Разработку можно уверенно отнести к числу новых и полезных для практического применения средств выявления активных в геодинамическом отношении зон разломообразования и активных дислокаций, что позволяет использовать ее при экспертных оценках, необходимых для определения территорий безопасных для освоения.

Предложенные в диссертационной работе методы и алгоритмы могут способствовать повышению роли знания линеаментной тектоники для решения научных и практических задач при освоении территорий, подверженных деформациям земной поверхности под влиянием эрозионных, карстовых, склоновых, вулканических, сейсмических и других процессов.

Достоверность научных результатов, полученных в ходе диссертационных исследований, подтверждается экспериментальными изысканиями на тестовых территориях, включающих сравнение с наилучшими, полевыми исследованиями и научно-техническими отчетами по хозяйственным договорам (имеется справка о внедрении в ООО «Нефтедобывающее предприятие «Чепакское» в 2015-2018 гг.).

Научная новизна

В диссертации Зверева А. В. впервые предложена адаптирующаяся методика автоматизированного линеаментного анализа космических изображений в целях обнаружения вероятных местоположений нефтегазовых месторождений, прогноза оползневой опасности склонов и геодинамического районирования территорий и технологическая схема для ее реализации.

Применение алгоритма прогноза нефтегазовых месторождений позволило впервые установить четкую связь между наличием залежей

углеводородов и повышенной плотностью поперечных и продольных штрихов, по отношению к простираению геологических структур.

Для оценки оползневой опасности создан алгоритм выявления участков местности, наиболее уязвимых с точки зрения подверженности оползневым процессам.

Для выявления блоковой структуры массивов горных пород и ограничивающих блоки активных разломов впервые разработан алгоритм геодинамического районирования территорий

Результаты диссертационного исследования достаточно обоснованы и отличаются научной новизной от общепринятого традиционного подхода, применяемого для выявления разрывов земной коры.

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций

Полученные результаты обогащают теоретическую базу технических и методических средств исследования земель, способствующую успешному развитию отрасли аэрокосмических исследований Земли и фотограмметрии, играющих значительную роль для развития экономики на территории страны и решения широкого круга народнохозяйственных задач. В практическом отношении автором выполнен большой объем экспериментальных исследований по сбору, изучению и систематизации сведений по изучаемой проблематике на тестовых территориях: в Краснополянском грабене Главного Кавказского хребта, на Журавском Прасковейском и Северо-Ставропольском углеводородных месторождениях, в районе тоннеля под Даванским перевалом Байкальского хребта.

В результате получены следующие значимые для науки и практики результаты:

1. Разработана технологическая схема методики использования, автоматизированного линеаментного анализа космических снимков для решения природно-ресурсных и природоохранных задач.

2. Разработан алгоритм прогноза нефтегазовых месторождений на

основе выявления участков повышенной плотности продольных и поперечных линеаментов по отношению к морфоструктурам, являющимся местами, благоприятными для локализации углеводородов.

3. Разработан алгоритм прогноза оползневых склонов на основе выявления участков с повышенной плотностью линеаментов.

4. Разработан алгоритм геодинамического районирования территории с выделением блоков земной коры разных иерархических уровней и зон растяжения, сжатия и относительной стабильности.

5. На примере нефтегазовых месторождений показано, что при исследовании линеаментов целесообразнее использовать космические снимки, а не цифровые модели рельефа.

6. Проанализирован и обобщен опыт по применению методов линеаментной тектоники для решения различных научно-практических задач, связанных с выявлением разломов, прогнозом рудных месторождений и землетрясений.

7. Предложенное в диссертационной работе развитие методов и алгоритмов будет способствовать повышению роли знаний в области линеаментной тектоники для решения научных и практических задач с учетом тепломассопереноса и деформацией земной поверхности.

8. Разработанные методики использования автоматизированного линеаментного анализа внедрены в производственный процесс.

Оценка содержания диссертации

В целом, диссертационная работа Зверева А. В. производит хорошее впечатление, автором проведено серьёзное исследование научной проблемы, рассмотрен широкий спектр существующих методик и проанализированы их недостатки, а также предложены новая методика и алгоритмы ее использования для решения конкретных задач.

После ознакомления с диссертационной работой можно сделать следующие замечания:

В-первых, в работе не хватает оценок точности выявления

дизъюнктивных нарушений, а также приуроченности к ним мест локализации углеводородных проявлений или зон повышенной оползневой активности.

Во-вторых, в тексте часто встречаются опiski и несогласованность окончаний в падежах:

Стр. 11: Сочетания этих характеристик создают различные линеаментные рисунки: «Т-образным, У-образным, Х-образным, ромбовидным и т.д.».

Стр. 25: «Выбор конкретного програмного пакета должен быть обусловлен задачами конкретного исследования».

Стр. 27: «Основы для линеаментного анализа была создана в работах...».

Указанные замечания не критичны и не снижают общую положительную оценку диссертационной работы.

Результаты исследований представлены на российских и международных научных конференциях. Основное содержание представлено в 9 печатных работах, из них 4 работы опубликованы в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК России, для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание учёной степени, 4 – входят в международные реферативные базы данных, 1 – в журнале, входящем в международную реферативную базу данных Chemical Abstracts.

Автореферат диссертации и научные публикации автора отражают основные выводы и результаты, и соответствуют по содержанию основным положениям диссертации.

Диссертация соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности 25.00.34 – «Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия» (технические науки):

п. 4 «Теория и технология дешифрирования изображений с целью исследования природных ресурсов и картографирования объектов исследований»;

п. 5 «Теория и технология получения количественных характеристик динамики природных и техногенных процессов с целью их прогноза».

Диссертационная работа в соответствии с требованиями п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемыми к кандидатским диссертациям, является научно-квалификационной работой, в которой содержатся технические и технологические разработки, имеющие существенное значение для отрасли дистанционных исследований Земли, а её автор – Зверев Андрей Владимирович – заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 25.00.34 – Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия.

Официальный оппонент,

доктор технических наук

Мелкий Вячеслав Анатольевич

Организация: федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения РАН
Структурное подразделение: лаборатория вулканологии и вулканопасности

Должность: ведущий научный сотрудник

Почтовый адрес: 693022, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б

Телефон: 8-984-139-70-77

Электронный адрес: vamlkiy@mail.ru

Шифр и наименование специальности, по которой защищена

диссертация: 25.00.26 - Землеустройство, кадастр и мониторинг земель.

16 марта 2020 г.

Подпись В. А. Мелкого удостоверяю.

И. о. Ученого секретаря ИМГиГ ДВО РАН



А. С. Закупин