

УТВЕРЖДАЮ:

Врио директора НГИЦ РАН

Д.В. Филиппов

«23» сентября 2020 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Зверева Андрея Владимировича

**«РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ЛИНЕАМЕНТНОГО АНАЛИЗА КОСМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ
РЕШЕНИЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫХ И ПРИРОДООХРАННЫХ ЗАДАЧ»,**

представленную к защите на соискание ученой степени

кандидата технических наук по специальности

25.00.34 – Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия

Диссертационная работа Зверева Андрея Владимировича посвящена разработке методики автоматизированного линеаментного анализа данных космической съемки для прогнозных задач геологоразведки и современной геодинамики. Многозональные космические снимки Landsat-7, 8 (ETM+), цифровая модель рельефа (ЦМР) SRTM обрабатывались в пакете прикладных программ автоматизированного статистического анализа линейных элементов (штрихов) LESSA (Lineament Extraction and Stripe Statistical Analysis). Полученные результаты обработки данных космической съемки (плотность штрихов разных простираний и роз-диаграмм штрихов) анализировались с топографическими, геологическими, инженерно-геологическими картами различных масштабов.

Основными результатами диссертации можно считать следующие.

1. Разработана технологическая схема методики использования, автоматизированного линеаментного анализа космических снимков для решения природно-ресурсных и природоохранных задач, представляющая собой системный набор этапов (процедур) обработки космических изображений земной поверхности.
2. Разработан алгоритм прогноза нефтегазовых месторождений на основе выявления участков повышенной плотности продольных и поперечных линеаментов

(штрихов) по отношению к морфоструктурам, являющихся местами, благоприятными для локализации углеводородов.

3. Разработан алгоритм прогноза оползневых склонов на основе выявления участков, характеризующихся повышенной плотностью линеаментов (штрихов), ориентированных поперек склонов, которые являются зонами миграции подземных вод, способствующих смещению массивов горных пород вниз по склону.

4. Разработан алгоритм геодинамического районирования территории с использованием многоуровневого автоматизированного линеаментного анализа космических изображений с выделением блоков земной коры разных иерархических уровней, относительно стабильных зон и зон растяжения и сжатия.

5. На примере нефтегазовых месторождений показано, 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, что не позволяет выявить часть линеаментов.

6. Проанализирован и обобщен опыт по применению анализа линеаментной тектоники для решения различных научно-практических задач, связанных с выявлением разломов (в том числе трансформных разломов), прогнозом рудных месторождений и прогнозом землетрясений.

7. Предложенное в диссертационной работе развитие методов и алгоритмов применения автоматизированного линеаментного анализа может способствовать повышению роли знания линеаментной тектоники для решения научных и практических задач по выявлению, изучению и прогнозу природных (в том числе негативных) процессов, связанных с тепломассопереносом и деформацией земной поверхности (эрозионных, карстовых, склоновых, вулканических, сейсмических и других процессов).

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

Научные результаты выносимы на защиту:

1. Адаптируемая методика применения линеаментного анализа для решения природно-ресурсных и природоохранных задач.

2. Алгоритм поиска месторождений углеводородов на основе автоматизированного линеamentного анализа космических изображений.

3. Алгоритм выявления оползневых склонов на основе автоматизированного линеamentного анализа космических изображений.

4. Алгоритм геодинамического районирования на основе использования автоматизированного многоуровневого линеamentного анализа космических изображений.

Диссертация состоит из введения, трех разделов, заключения, списка литературы, списка принятых сокращений. Общий объём диссертации 121 страниц, включая 58 рисунков. Список литературы включает 123 наименований, в том числе 57 наименований на английском языке.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована цель, задачи и обоснована научная новизна исследований, показаны теоретическая и практическая значимость полученных результатов, сформулированы выносимые на защиту научные результаты, отмечена достоверность и апробация результатов диссертационного исследования.

Первый раздел посвящён обзору литературы по теме диссертации; приводятся общие сведения о линеamentном анализе, существующих методов и алгоритмов, программных пакетов линеamentного анализа цифровых изображений.

Второй раздел посвящён методике автоматизированного линеamentного анализа данных космической съёмки. Анализируется физическая природа штрихов и линеamentов; проявленность прямых и косвенных дешифровочных признаков зон разломов и трещин космических изображений и цифровых моделей рельефа (ЦМР).

Третий раздел посвящен практическому применению разработанной методики автоматизированного линеamentного анализа космических изображений для оценки перспективности территории на нефтегазоносность, оползневой опасности, геодинамического районирования территорий.

Для апробирования алгоритма автоматизированного линеamentного анализа космических изображений для оценки перспективности территории на нефтегазоносность были исследованы эталонные участки (Журавское нефтегазовое месторождение, Прасковейское нефтяное месторождение, Северо-Ставропольское месторождение).

Полученные результаты позволили сделать ряд важных выводов, которые могут быть использованы при выделении нефтегазоперспективных участков в геологоразведочных работах:

1. Представленный алгоритм позволяет проводить прогноз наличия нефтегазовых месторождений.
2. Для выявления залежей углеводородов достаточно использовать два статистических показателя, получаемых при автоматизированном линеаментном анализе – плотность штрихов и розы-диаграммы штрихов.
3. Залежи углеводородов приурочены к поперечным (более богатые залежи) и продольным, по отношению к основным элементам рельефа, штрихам.
4. Изменения направлений роз-диаграмм штрихов так же может указывать на наличие залежей углеводородов.
5. Линеаментный анализ ЦМР так же показал приуроченность залежей углеводородов к штрихам продольным к морфоструктурам.
6. Залежи углеводородов приурочены к двум диапазонам плотностей штрихов 62.5-75, 0-12.5, 87.5-100 и 7.5-75, выраженных в условных единицах.

Для апробирования алгоритма автоматизированного линеаментного анализа космических изображений для прогноза оползневой опасности исследовался район в бассейне р. Мзымта (Сочи), охватывающий территорию между р. Кепша и р. Сулимовская (Роза Хутор). Автоматизированный линеаментный анализ позволяет выявить места развития оползневых участков. Оползни характеризуются повышенной плотностью штрихов, определенных азимутов простирааний.

Полученные результаты позволили сделать ряд важных выводов:

1. Пакет LESSA, при помощи выделения повышенных плотностей штрихов, позволяет уверенно выделять оползневые участки пластичного течения и блокового смещения на склонах с уклоном более 5° , поперечных к речным долинам.
2. По аналогичной методике можно выделять пути миграции и области разгрузки трещинно-жильных вод, что представляет особый интерес для водоснабжения населения.

Для апробирования алгоритма автоматизированного линеаментного анализа космических изображений для геодинамического районирования исследовался

участок в районе проектируемого туннеля БАМ. Геодинамическое районирование недр позволяет оперативно осуществлять оценку, прогноз и контроль состояния массива горных пород на любой стадии освоения недр и земной поверхности.

На основании полученных результатов сформулированы выводы:

1. Проведенный, с помощью специального алгоритма, автоматизированный линеаментный анализ позволяет показать, что тоннель находится в зоне растяжения;
2. Многоуровневый линеаментный анализ космических снимков позволяет выделить до 4 иерархических уровней блоков земной коры;
3. Сквозные линеаменты и линии вытянутости роз-диаграмм штрихов соответствуют морфоструктурным линеаментам 1-го и 2-го рангов соответственно;
4. Розы-диаграммы штрихов полученные при разных уровнях генерализации соответствуют блокам 3-го и 4-го порядка;
5. Повышенные или пониженные значения плотности штрихов, позволяют судить о наличии зон сжатия или растяжения соответственно;
6. Плотность штрихов позволяет выделять пути миграции и разгрузки подземных вод, и как следствие спрогнозировать места развития оползней, селей, солифлюкции.

Результаты, полученные в ходе диссертационного исследования, способствуют повышению научного уровня современных разработок по тематической обработке данных космической съемки. Предложенная методика позволяет решать широкий круг актуальных практических задач по повышению эффективности работ: 1) по поиску месторождений полезных ископаемых и подземных вод; 2) по прогнозу различных катастрофических геодинамических процессов; 3) по оценке потенциальной пригодности геологической среды для проведения строительных работ и сохранности возведенных инженерных сооружений.

Вместе с тем работа не лишена ряда недочетов и упущений:

- 1) Недостаточно корректно сформулированы защищаемые положения. В ходе диссертационного исследования получены достаточно значимые результаты, которые позволяют значительно повысить эффективность геологоразведочных, инженерно-геологических работ и т.п;

2) В работе описано большое количество алгоритмов для линиamentного анализа. Однако автор не указывает, какие именно алгоритмы им выбраны для линеamentного анализа и почему. Также в описании программных не указано, какие из перечисленных автором алгоритмов используются в данных программных пакетах;

3) В разделе 1.4 автором проведен обзор результатов применения линеamentного анализа космических изображений земной поверхности для исследования экологического состояния, геодинамических процессов территории и прогнозной оценки природных ресурсов. Однако в разделе не приведена информация какие были использованы космические снимки и алгоритмы для линеamentного анализа;

4) В разделе 2.2 автор описывает особенности применения цифровой модели рельефа SRTM и космических снимков LandSat на территорию Краснополянского округа Большого Сочи с долиной р. Мзымты. Однако автором не приводится обоснование почему используются снимки именно с Lansat-7. В этом же разделе автором описывается линеamentный анализ индексного изображения NDVI, но автор не приводит никаких пояснений почему именно этот индекс выбран для обработки изображения;

5) В разделе 2.3 автор приводит разработанную технологическую схему автоматизированного линеamentного анализа космических изображений земной поверхности для решения природно-ресурсных и природоохранных задач представляющая собой системный набор этап (процедур) обработки многозональных космических изображений земной поверхности, показана на рис. 2.4. Однако рисунок 2.4. имеет подпись «Рисунок – 2.4. Методика автоматизированного линеamentного анализа космических изображений.»;

6) Рисунки 3.2-3.4, 3.11-3.14, 3.16-3.20, 3.23-3.33, 3.43-3.45 не имеют расшифровки легенды. Рисунок 3.5 отсутствует. Для рисунка 3.6 нет легенды. Далее за рисунком 3.6 следует рисунок без подписи;

7) Главной целью диссертационного исследования является разработка методики автоматизированного линеamentного анализа космических изображений для решения природно-ресурсных и природоохранных задач. Однако в заключении автор почему-то пишет, что разработана «технологическая схема методики использования, автоматизированного линеamentного анализа космических снимков для решения

природно-ресурсных и природоохранных задач, представляющая собой системный набор этапов (процедур) обработки космических изображений земной поверхности»;

8) Желательно при защите диссертационной работы предоставить справку о внедрении (в опубликованном варианте диссертации отсутствует, хотя указано, что справка приложена).

Высказанные замечания не снижают научной значимости диссертационной работы Зверева А.В, основные положения достаточно полно раскрыты в автореферате и публикациях диссертанта. Тема диссертации А.В. Зверева важна и актуальна. Работу следует отнести к специальности 25.00.34 — Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия.

Основные результаты диссертации являются новыми. Показана высокая эффективность использования автоматизированного линеаментного анализа космических снимков для решения ряда поисковых и прогнозных задач геологоразведки и современной геодинамики.

Полученные результаты опубликованы в 9 работах, четыре из которых - в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК России, 1 из них в журнале, входящем в международную реферативную базу данных Chemical Abstracts. Результаты диссертации апробированы на Международных и Всероссийских конференциях. Результаты диссертации использованы при выполнении хоздоговорных работ с ООО «Нефтедобывающее предприятие «Чепакское» в 2015-2018 гг. Результаты внедрены в учебный процесс подготовки магистров по направлению «Геодезия и дистанционное зондирование», по специализации «Исследование природных ресурсов дистанционными методами». На базе выполненных исследований разработано методическое пособие «Космический мониторинг чрезвычайных ситуаций».

В целом диссертация является завершенным научным исследованием, вносящим заметный вклад в современные аэрокосмические исследования Земли.

Представленные в диссертации результаты будут востребованы в дальнейших изысканиях по изучению разрывной и трещинной тектоники, дешифрированию материалов космической съемки. Она может быть интересна для научных и образовательных учреждений, в которых ведутся аэрокосмические исследования Земли. Кроме того, полученные результаты могут служить материалом для различных университетских курсов и спецкурсов.

На основании вышеприведенного можно заключить, что диссертация Зверева А.В. соответствует критериям П.9, П.13, П.14, предъявляемым к кандидатским диссертациям по действующему «Положению о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.34 – Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия.

Отзыв на диссертацию заслушан и одобрен Лабораторией геоинформационных систем.

Отзыв составлен:

Ведущий научный сотрудник,

кандидат геолого-минералогических наук  Е.Э Тюкова.

Подпись Е.Э Тюковой удостоверяю.

Начальник отдела кадров



Л.В. Михайлова.

Составитель отзыва: Ведущий научный сотрудник федерального государственного бюджетного учреждения науки Научный геоинформационный центр Российской Академии Наук (НГИЦ РАН), кандидат геолого-минералогических наук
119019. Москва, а/я 168, ул. Новый Арбат. 11. тел.: (495) 690-59-94;

E-mail: mail@ngic.ru, <http://ngic.ru>

Шифр и наименование специальности: 25.00.05 — Минералогия, кристаллография