

УТВЕРЖДАЮ

Научный руководитель
Федерального государственного бюджетного
научного учреждения «Научно-исследовательский институт
аэрокосмического мониторинга «АЭРОКОСМОС»,
академик РАН, д.т.н., профессор




В.Г. Бондур
« 20 » 08 2026 г.
М.П.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Камаева Артема Анатольевича «Разработка метода структурно-тектонического картографирования Арктической зоны Российской Федерации на основе дешифрирования космических снимков», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.20 – «Геоинформатика, картография»

Представленная на отзыв диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и одного приложения. Общий объем диссертации составляет 169 страниц, включает 48 иллюстраций, 12 таблиц и список использованных источников из 143 наименований.

Актуальность темы выполненной работы и ее связь с направлениями развития науки и практики

Арктическая зона Российской Федерации обладает значительным минерально-сырьевым потенциалом, но характеризуется низкой геологической изученностью, суровыми климатическими условиями и высокой стоимостью полевых работ. Поэтому данные дистанционного зондирования Земли и геоинформационные технологии являются важным инструментом получения сведений о строении геологической среды.

Структурно-тектоническое картографирование необходимо для выявления разломных зон, блоковых границ, участков трещиноватости и рудоконтролирующих структур. Однако традиционное визуальное дешифрирование зависит от квалификации исполнителя, а раздельный анализ спектральных и текстурных признаков не всегда обеспечивает однозначную интерпретацию. В связи с этим разработка метода, объединяющего спектральные и текстурные признаки космических снимков в единой геоинформационной процедуре, является актуальной и направлена на повышение воспроизводимости дешифрирования и сокращение объема наземных проверок.

Представленная работа соответствует:

- Приоритету 21е «повышение уровня связности территории Российской Федерации путем создания интеллектуальных транспортных, энергетических и телекоммуникационных систем, а также занятия и удержания лидерских позиций в создании международных транспортно-логистических систем, освоении и использовании космического и воздушного пространства, Мирового океана, Арктики и Антарктики» Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (Указ Президента РФ от 28.02.2024 г. №145).

- Направлению науки: 1.5. Науки о Земле: пп. 1.5.12.2. «Разработка аппаратуры и методов дистанционного зондирования Земли, включая новые системы измерения и обработки данных»; пп. 1.5.12.3. «Комплексная интерпретация геолого-геофизических данных» (Программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на

долгосрочный период 021 - 2030 годы, Распоряжение Правительства РФ от 31.12.2020 г. №3684-р).

Общая структура диссертации

Рецензируемая диссертационная работа изложена на 169 страницах, включает 48 иллюстраций, 12 таблиц, состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и одного приложения. Библиографический список содержит 143 источника.

Во введении обоснована актуальность исследования, определены объект и предмет работы, сформулированы цель, идея и задачи, приведены основные научные положения, научная новизна и практическая значимость. Приведены сведения об используемых методах, программных средствах, апробации результатов и личном вкладе автора.

В первой главе проанализированы современное состояние геологического изучения Арктической зоны Российской Федерации и возможности применения различных видов спутниковых данных в условиях высоких широт. Рассмотрены основные ограничения дистанционного зондирования, дешифровочные признаки и методы автоматизированной обработки изображений. Обоснована необходимость перехода от преимущественно экспертного анализа к формализованной комплексной обработке данных ДЗЗ.

Во второй главе исследованы спектральные особенности различных типов горных пород, а также пород, подвергшихся вторичным и тектоническим изменениям. Показано, что структурно-тектонические нарушения проявляются через совокупность спектральных признаков, связанных с дроблением, метаморфическими и гидротермальными процессами. Систематизированы геологические спектральные индексы и методы выделения наиболее информативных признаков.

В третьей главе изложен разработанный метод структурно-тектонического картографирования. Метод включает предварительную подготовку спутниковых данных, спектральный и текстурный анализ, а также их последующее объединение в рамках единой геоинформационной процедуры. Для комплексной оценки предложен интегральный спектрально-текстурный показатель, параметры которого определяются с учетом особенностей исследуемой территории.

В четвертой главе проведена апробация разработанного метода на Колмозерском месторождении лития. Полученные результаты показали возможность выявления участков, характеризующихся сочетанием спектральных и текстурно-структурных контрастов, пространственно связанных с известными геологическими объектами и элементами разломной сети.

Научная новизна исследования

Научная новизна работы заключается в развитии методического аппарата геоинформационного анализа данных дистанционного зондирования Земли для структурно-тектонического картографирования арктических территорий. Автором обоснован комплекс диагностических признаков структурно-тектонических неоднородностей, включающий геологические спектральные индексы, эталонные спектральные образы и текстурные характеристики космических снимков. Разработан метод, основанный на раздельном анализе спектральной и текстурной информации с их последующим комплексированием в единой геоинформационной схеме. Предложен алгоритм формирования интегрального спектрально-текстурного показателя, предусматривающий выбор наиболее информативных признаков и определение их относительного вклада на основе сопоставления целевых и фоновых участков.

Значимость для отрасли определяется задачами развития минерально-сырьевой базы и освоения месторождений в условиях Арктической зоны Российской Федерации и расширением возможностей структурно-тектонического картографирования и геодинамической интерпретации территорий месторождений на основе дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли из космоса.

Практическая ценность результатов работы заключается в:

- возможности использования разработанного метода для выявления и картографирования структурно-тектонических неоднородностей по данным дистанционного зондирования Земли;
- применении полученных результатов при планировании геологоразведочных работ и выборе участков, требующих детальной наземной проверки;
- использовании предложенной геоинформационной схемы для анализа арктических и других труднодоступных территорий.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, содержащихся в работе, подтверждаются:

- анализом и обобщением значительного объема отечественной и зарубежной литературы, включающего 143 источника;
- использованием признанных методов спектрального и статистического анализа данных ДЗЗ, включая ACE, GLCM, PCA, нормализацию и пространственный анализ в ГИС;
- формализованным описанием последовательности обработки спутниковых сцен, маскирования неинформативных участков, расчета признаков и формирования итогового показателя;
- сопоставлением результатов с известными контурами рудных тел, разломной сетью и геолого-тектоническими данными по Колмозерскому месторождению;
- применением количественного критерия разделения для выбора текстурной компоненты и весов интегрального показателя;
- апробацией отдельных модулей и разработанного метода на реальных объектах Арктической зоны, а также представлением результатов на научных конференциях и семинарах;
- отражением основных результатов исследования в научных публикациях автора.

Рекомендации по внедрению результатов исследования

Разработанный метод целесообразно применять для предварительного структурно-тектонического районирования труднодоступных и слабоизученных территорий в составе комплексного анализа геологических, геофизических, геоморфологических и полевых данных. Результаты могут применяться при планировании геолого-съемочных и поисково-разведочных работ, оптимизации маршрутов полевых исследований, сокращении объема обследуемых площадей и повышении обоснованности выбора перспективных участков.

Перспективы внедрения связаны с созданием региональных библиотек эталонных спектров основных литотипов и вторично измененных пород, адаптацией алгоритма к данным различных спутниковых систем и его включением в автоматизированные геоинформационные сервисы. Разработанный подход может использоваться научными организациями и производственными предприятиями при геологическом и структурно-тектоническом картографировании, сопровождении геологоразведочных работ и анализе арктических территорий с ограниченной транспортной доступностью.

По содержанию диссертации имеются следующие замечания:

1. В работе недостаточно конкретизирован рекомендуемый масштаб итогового структурно-тектонического картографирования. Необходимо определить соответствие между пространственным разрешением исходных снимков, размерами выявляемых объектов и масштабом формируемых карт.

2. Предложенный метод допускает использование различных GLCM-признаков в качестве текстурной компоненты. Вместе с тем не до конца формализовано, при каких условиях следует выбирать диссимилярность, контраст, энтропию или другой показатель, что сохраняет элемент экспертной оценки.

3. Район Колмозерского месторождения характеризуется заболоченностью, развитой гидрографической сетью и неоднородным ледниковым рельефом. В диссертации нет анализа остаточного влияния увлажнения, растительности, теней и экспозиции склонов на спектральные и текстурные контрасты.

4. Для ранжирования значений АСЕ применяются пороги спектрального контраста 0.10, 0.20 и 0.35. При этом не указано, являются ли эти пороги универсальными либо требуют отдельной калибровки для Колмозерского месторождения с учетом его фоновой спектральной структуры.

5. Высокие значения АСЕ отражают сходство с эталонным спектральным образом пегматита, однако не являются прямой характеристикой содержания лития или сподумена. Данное ограничение необходимо было отразить при геологической интерпретации результатов.

Отмеченные замечания носят преимущественно уточняющий и рекомендательный характер, не затрагивают основного содержания защищаемых положений и не снижают общей научной и практической значимости выполненного исследования.

Общие выводы

Диссертация Камаева Артема Анатольевича представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой на основе анализа современных данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий решена актуальная научная задача разработки метода структурно-тектонического картографирования Арктической зоны Российской Федерации.

Работа характеризуется логичной структурой, достаточным объемом аналитического и расчетного материала, использованием современных программных средств и стремлением автора к формализации процедуры дешифрирования. Научные положения сформулированы последовательно и связаны с результатами отдельных глав. Разработанный подход имеет практические перспективы, прежде всего как инструмент предварительного вероятностного районирования и выбора участков для последующей геологической проверки.

Содержание диссертации соответствует направлениям паспорта специальности 1.6.20 «Геоинформатика, картография»: пункту 7, связанному с картографическими и геоинформационными методами анализа и моделирования пространственных данных, и пункту 24, относящемуся к космическому картографированию и дешифрированию аэрокосмических снимков для исследования геосистем.

Заключение

На основании изложенного следует заключить, что диссертационная работа Камаева Артема Анатольевича «Разработка метода структурно-тектонического картографирования Арктической зоны Российской Федерации на основе дешифрирования космических снимков» содержит решение актуальной научной задачи, имеющей значение для развития геоинформатики, космического картографирования и методического обеспечения геологического изучения труднодоступных арктических территорий.

По актуальности, научной новизне, обоснованности и достоверности полученных результатов, практической значимости и уровню апробации диссертация соответствует требованиям действующего Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Камаев Артем Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.20 «Геоинформатика, картография».

Настоящий отзыв обсужден и одобрен на заседании сотрудников Отдела дистанционного зондирования и Отдела организации баз данных Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт аэрокосмического мониторинга «АЭРОКОСМОС» 19 августа 2026 года, протокол № 07, и рекомендован в качестве официального отзыва ведущей организации.

Мурынин Александр Борисович, ведущий научный сотрудник
«Научно-исследовательского института аэрокосмического мониторинга
«АЭРОКОСМОС», д.т.н.

Адрес: 105064, г. Москва, Гороховский переулок, д. 4

E-mail: amurnin@bk.ru

Тел.: +7(903)1074591



/Мурынин В.Г.

Цидилина Марина Николаевна, заведующая отделом «Научно-исследовательского
института аэрокосмического мониторинга «АЭРОКОСМОС».

Адрес: 105064, г. Москва, Гороховский переулок, д. 4

E-mail: tsidilina2910@gmail.com

Тел.: +7(910)478-51-19

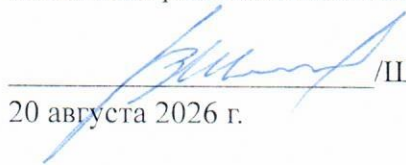


/Цидилина М.Н.

Подписи Мурынина А.Б. и Цидилиной М.Н. заверяю,

Ученый секретарь НИИ «АЭРОКОСМОС», к.х.н.

Шиян Валерий Константинович



/Шиян.В.К.

20 августа 2026 г.

