Отзыв официального оппонента

Погорелова Анатолия Валерьевича о диссертации Зареи Саджад «Картографирование ландшафтов по данным спутникового термического зондирования и моделирования тепловых полей», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.34 – Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия

Диссертационное исследование выполнено в Московском государственном университете геодезии и картографии (МИИГАиК). Диссертация объемом 136 страниц состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы (171 публикация).

Актуальность темы диссертации. Обоснованность научных положений. Потребность в разработке приемов и методов, ориентированных на соответствующее использование спутниковых данных, возрастает в последние десятилетия с развитием космических технологий и увеличением доступности этих данных, а также в связи с развитием и совершенствованием ГИС-картографирования. Диссертационное исследование нацелено на разработку и реализацию методов извлечения полезных – для ландшафтно-географических интерпретаций – сведений из космических снимков в оптическом, инфракрасном и тепловом диапазонах (спутники Landsat-7, Landsat-8, Terra – радиометр ASTER).

Изображения в тепловом инфракрасном диапазоне (диапазоне излучения поверхности Земли) имеют широкое распространение и применяются в целом ряде областей. Вместе с тем, приемы обработки этих изображений находятся в постоянном развитии и модернизации. Научный потенциал съемок в ИК и тепловом диапазонах только раскрывается по мере внедрения новых подходов и привлечения к обработке и интерпретации специалистов из смежных областей. Сфера приложения таких данных весьма широка, однако данные съемок могут быть в полной мере раскрыты лишь в случае разработки и адаптации необходимых приемов и методик дешифрирования ДДЗЗ.

До сих пор снимки в тепловом инфракрасном диапазоне (10,3…12,5 мкм) относительно мало используются в географических и ландшафтных исследованиях. Это в полной мере относится к попыткам оценить состояние ландшафтов и землепользования на разных пространственных (включая региональный) уровнях и временных разрешениях. Тепловые снимки обладают высокой потенциальной географической информативностью, однако методы извлечения полезной информации в настоящее время далеки от совершенства. Диссертация как раз посвящена подобным методам.

В более широком смысле развитие методов дешифрирования спутниковых снимков в ИК и тепловом диапазонах должно способствовать решению фундаментальных задач теоретического и прикладного ландшафтоведения, в том числе описанию внутренних взаимосвязей ландшафтных компонентов и метаболизма ландшафтов.

Касательно актуальности темы в региональном аспекте. Полученные результаты показывают степень эффективности использования разных видов земель в иранской провинции Хузестан (площадь 64 тыс. км^2) и одновременно закладывают науч-

ные предпосылки к улучшению территориального планирования в исследуемом регионе.

Достоверность и новизна основных результатов диссертации. Критическая оценка утверждений и выводов. Основных результатов работы два: 1) упомянутая методика с конечным предложением авторского интегрального индекса «состояния природно-ландшафтных ресурсов»; 2) оригинальные карты, отражающие землепользование на анализируемой территории посредством этого индекса. Оба результата обладают несомненной методической и содержательной новизной.

В методическом смысле замысел работы опирается на формализованный подход к возможностям оценки пространственной дифференциации того, что автор называет «ландшафтами» и «природно-ландшафтными ресурсами». Исходные спутниковые данные (Landsat-7, Landsat-8, Terra) имеют широкое распространение; к тому же хорошо известны особенности их обработки, отраженные во множестве публикаций.

Предлагаемая схема обработки данных и построения карт (рис. 2.1 диссертации на с. 47) вполне логична. Частные приемы подготовки данных и базовых расчетов (радиометрическая и атмосферная коррекция, устранение пропусков сканирования на изображениях, расчеты вегетационного индекса NDVI, температуры земной поверхности ТЗП), к которым прибегает автор, многократно апробированы. Расчет ТЗП, как одного из основных аналитических показателей, выполнен корректно – с учетом излучательной способности поверхности и физического состояния атмосферы. Автор фиксирует подобие сезонного хода ТЗП и вегетационного индекса для разных типов поверхностей (рис. 2.8 и 2.9). Надежность косвенных расчетов достигается верификацией температуры по данным полевых наблюдений (лето 2016 г.), выполненных автором с применением радиометра на 94 площадках, очевидно отражающих типы элементарных поверхностей и землепользования. Дополнительно автор выполнил сопоставление ТЗП с данными 14 метеостанций, показавшее достоверность расчетных величин ТЗП. Корректность расчетов подтверждается статистическим анализом и сравнением массива расчетных величин и прямых наземных измерений на тестовых площадках (таблица 2.6, с. 69-79). Наличие полевых замеров, проведенных для разных ландшафтных условий, – важная верификационная составляющая исследования. Попутно замечу, что данные таблицы 2.6 следовало бы дополнить сведениями о высоте местности как факторе ландшафтообразования.

Алгоритмы обработки изображений, к которым обращается диссертант, содержат элементы автоматизации, относящиеся к стандартным процедурам.

Авторский подход к измерению «ландшафтов» или «природно-территориальных ресурсов», иначе говоря – природно-ландшафтных свойств территории провинции, заключается в расчете интегрального показателя *Iind*. Предлагаемый безразмерный интегральный показатель сочетает нормированные величины а) полуденной радиационной температуры поверхности и б) вегетационного индекса NDVI. Обе величины извлекаются из снимков Landsat. Фактически решается задача оценки биопродуктивности земель на основе весьма ограниченного количества исходных данных ДЗЗ. Расчеты *Iind* выполнены как для «элементарных поверхностей», так и для полигонов в границах административных районов провинции. В обоих случаях применяется аппарат зональной статистики. В финале работы – соответствую-

щие карты (рисунки 3.13 и 3.14), отражающие распределение *Iind* и дифференциацию ландшафтных и землепользовательских свойств местности на уровне местного рельефа и муниципального деления.

В порядке обсуждения авторского подхода следует заметить, что понятие «ландшафта» (см. название диссертации) в физической географии и ландшафтоведении чрезвычайно многомерно. И явно выходит за пределы отдельных показателей – фитомассы (растительность) и температуры земной поверхности. Российская школа ландшафтоведения (В.С. Преображенский, А.Г. Исаченко, Э.Г. Коломыц, Ю.Г. Пузаченко и мн. др.) и современные разработки в области картографирования ландшафтов (А.К. Черкашин, А.Н. Антипов, А.Р. Батуев, Н.Л. Беручашвили, В.В. Братков и др.), имеют серьезные достижения. Это относится и к интерпретациям гидротермических и других геофизических полей, выступающих в качестве геоэкологического фона. Картографирование ландшафтов в представлениях ландшафтоведов – хорошо разработанное направление российского ландшафтоведения.

В этой связи «ландшафты» в названии диссертации следовало бы заменить, на мой взгляд, на «характеристики ландшафтов». По сути, в работе речь идет именно о распределении элементарных показателей (NDVI и ТЗП) в местной экологической обстановке, которые, в свою очередь, могут иметь некое ландшафтно-географическое объяснение. Известно, например, что биота, индексируемая NDVI, является наиболее активным компонентом геосистем на локальном ландшафтном уровне (фация, урочище, ландшафт).

Автор в соответствии со своей научной специальностью сосредоточен на технических сторонах работы. Тем не менее, во избежание смысловой путаницы в аспекте выполненного исследования желательно было бы дать разъяснения в части понимания «ландшафтов» и «природно-ландшафтных ресурсов». Пример неточностей: элементарные морфологические единицы ландшафта и элементарные поверхности не являются синонимами (с. 9, с. 35). Ландшафт действительно имеет морфологическую структуру, но из текста не понятно, что понимается под морфологическими единицами ландшафта.

Еще одно замечание касательно названия диссертации. Строго говоря, красный и ближний инфракрасный каналы для обычного расчета NDVI не относятся к термическому зондированию, отсюда – выполненный в работе анализ в действительности выходит за пределы обозначенного в названии диссертации диапазона зондирования.

При морфологическом делении земной поверхности или выделении элементарных поверхностей по данным GDEM ASTER автор прибегает к комбинации значений уклонов и экспозиции склонов (табл. 2.3). Такое деление используется для «параметризации типов элементарных участков склоновых поверхностей значениями температуры земной поверхности и вегетационного индекса NDVI» (с. 64). Высота местности, достигающая в провинции Хузестан 2000 м, не рассматривается значимым фактором, хотя из диапазона годовых атмосферных осадков (150-1000 мм) понятно, что орография и высота влияют на увлажнение, а, следовательно, и на биопродуктивность.

Некоторые частные замечания. Слово «полосатость» (рисунки 2.1, 2.2), применительно к процедуре устранения на снимках пропущенных полос – линий сканиро-

вания, лучше не использовать. Слово «растр» (рис. 3.4, 3.5 и др.) следует заменить на «растровые представления». Вместо номеров «сезонов» 1-10 (табл. 3.1, 3.2 и др.) следовало бы указать конкретные даты съемки.

Словосочетания «изолинейная» (горизонтали?) и «полигональная» (?) модели рельефа (раздел 2.7) по отношению к ЦМР (DEM) представляют собой неологизмы.

Имеются вопросы уточняющего свойства. Как определялись весовые коэффициенты для нормированных величин температуры ЗП и NDVI (см. табл. 1.3)? Кроме того, чем обосновать установленные суммарные веса ТЗП (0,4) и NDVI (0,6) (см. табл. 1.3)?

Пожелание: следовало бы дать краткое содержательное (ландшафтно-землепользовательское, геоэкологичесвкое) толкование построенных карт (рис. 3.12, 3.13, 3.14) с объяснением пространственного распределения величин *Iind*.

Теоретическая и практическая значимость работы. Методическая ценность работы не вызывает сомнений и понятна из вышеизложенного. Предложен один из способов решения задачи оценки биопродутивности земель на основе ограниченного количества исходных данных спутникового зондирования. Действительно, культивирование сельскохозяйственных культур должно производиться в соответствии с значениями оптимума влагонасыщенности и температуры земной поверхности, о которых дает представление предлагаемый интегральный индекс *Iind*. В условиях аридного климата (Иран) индекс может быть полезен для агроклиматического районирования и снижения рисков сельскохозяйственного производства.

Предлагаемый метод можно применять для организации мониторинга земель на основе актуальных показателей NDVI и ТЗП.

Оценка содержания диссертации, ее завершенности в целом, замечания по оформлению диссертации. Структура диссертационного исследования вполне логична и отвечает замыслу работы и достижению поставленной цели.

Рекомендации к содержанию следующие. Некоторые справочные сведения, приведенные, в частности, в главе 1 (описания КА Ресурс-П, Канопус-В, данные которых в анализе не применяются), мне кажутся избыточными. И наоборот, явно не хватает геоморфологического описания исследуемой территории, включая орографию, морфологию и морфометрию.

В главе 1 следовало бы рассмотреть альтернативные вегетационные индексы, коих, как известно, насчитывается множество.

Географическое описание исследуемой территории – провинции Хузестан (глава 1) следовало выделить в отдельную главу, либо как-то изменить название главы 1.

Оформление отвечает необходимым требованиям.

Считаю, что задачи диссертации в целом решены; тема раскрыта. Замечания принципиально не влияют на высокий уровень оценки полученных результатов и не вызывают сомнений в научной компетенции диссертанта в области аэрокосмического исследования Земли.

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати. Научные результаты диссертационного исследования изложены в 11 публикациях, из которых 8 представлены в рекомендованных ВАК России

и/или входят в базы данных SCOPUS и Web of Science журналах. Кроме того, результаты доложены на трех международных конференциях.

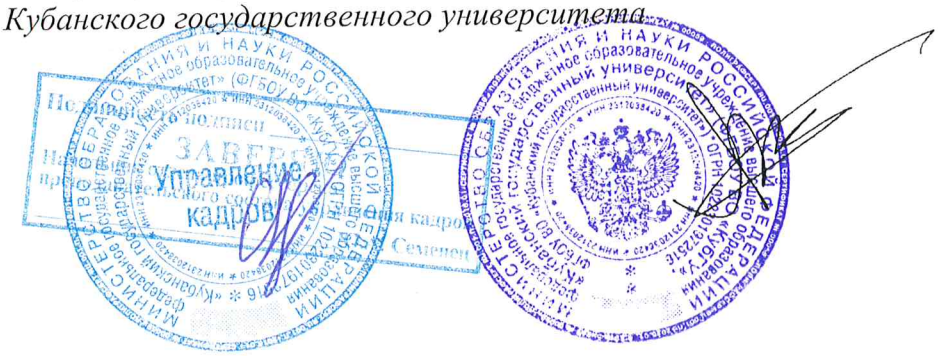
Содержание **автореферата** соответствует основным положениям диссертации.

Таким образом, диссертация Зареи Саджад представляет собой научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных диссертантом исследований разработаны теоретические положения картографирования характеристик ландшафтов по данным спутникового зондирования и моделирования тепловых полей, а также предложены новые прикладные решения для количественной оценки пространственной изменчивости геоэкосистем. Совокупность полученных результатов следует квалифицировать как научное достижение в области аэрокосмических исследований Земли.

Диссертационное исследование «Картографирование ландшафтов по данным спутникового термического зондирования и моделирования тепловых полей» соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Минобрнауки РФ, утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г.), а ее автор – Зареи Саджад заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.34 – Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия.

«____» _____ 2018 г.

Официальный оппонент
доктор географических наук, профессор,
заведующий кафедрой геоинформатики
Кубанского государственного университета *А.В. Погорелов*



Погорелов Анатолий Валерьевич,
Ученая степень: доктор географических наук
Отрасль: науки о Земле
25.00.23 – физическая география, биогеография, география почв и геохимия ландшафтов
Ученое звание: профессор
Место работы: ВГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»
Адрес организации: 350040, Краснодар, ул. Ставропольская, 149
Должность: заведующий кафедрой геоинформатики
e-mail pogorelov_av@bk.ru
Тел. 8-905-4084744

Основные публикации А.В. Погорелова по теме диссертации за 2013-2017 гг.

- Погорелов А.В., Дулепа С.В., Липилин Д.А. Опыт космического мониторинга свалок на территории Краснодарского края // Геоматика. 2013. №4(21). С. 64-71.
- Погорелов А.В., Липилин Д.А. О дешифрировании объектов землепользования по космическим снимкам на территории Краснодарского края // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета, 2013, № 2(35). С.46-51.
- Pogorelov A.V., Antonenko M.V., Boyko E.S. Research of the coastal zone by the airborne laser scanning data (Verbyanaya bay-bar, sea of Azov) // Proc. SPIE 9535, Third International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2015), 95351M (June 19, 2015); doi:10.1117/12.2192582
- Погорелов А.В., Антоненко М.В., Федорова С.И., Елецкий Ю.Б. Количественные изменения Вербяной косы в Азовском море по данным ежегодного мониторинга // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2015, № 11. С. 63-70.
- Rizaev I.G., Pogorelov A.V., Krivova M.A. A technique to increase the efficiency of artefacts identification in lidar-based canopy height models // International Journal of Remote Sensing. 2016. Vol. 37, № 7. P. 1658-1670. doi.org/10.1080/2150704X.2016.1160299
- Погорелов А.В., Липилин Д.А. Тепловой «портрет» города Краснодара по данным спутниковых снимков // Прикладная экология. Урбанистика. №4 (24). 2016. С. 32-45. DOI 10. 15593/2409-5125/2016.04.03
- Погорелов А.В., Бойко Е.С., Петраков Д.А., Киселев Е.Н. Динамика ледника Фишт (Западный Кавказ) за 1909-2015 гг. и влияние климата на его современные изменения // Лед и снег. 2017. Т. 57. № 4. С. 498-506. doi: 10.15356/2076-6734-2017-4-498-506
- Погорелов А.В., Липилин Д.А., Курносова А.С. Спутниковый мониторинг Краснодарского водохранилища // Географический вестник = Geographical bulletin. 2017. №1(40). С. 130–137. Doi 10.17072/2079-7877-2017-1-130-137