

**ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата биологических наук Прокопьевой Кристины Олеговны
на тему: «Цифровое картографирование засоленности почв в
опустыненных степях Калмыкии»
по специальности 1.5.19. Почвоведение**

Тема диссертационной работы Прокопьевой К.О. **актуальна** и посвящена применению современных методов цифровой картографии для оценки засоленности в опустыненных степях Калмыкии. Исследуемый регион считается самой аридной территорией в Европейской части России. Процессы опустынивания и деградации земель здесь носят катастрофический характер. При этом ключевым фактором деградации является засоление. Цифровое картографирование не требует проведения интенсивных полевых работ и в то же время позволяет определить очаги и интенсивность засоления, прогнозировать его распространение и разрабатывать целевые меры по реабилитации земель.

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что впервые алгоритмы машинного обучения (дерево решений CART и случайный лес) были применены для количественного описания взаимосвязи между видами растений и засоленностью почв. Впервые был апробирован алгоритм искусственных нейронных сетей для картографирования засоленности почв и проведено сравнение с обычно используемой множественной линейной регрессией, при этом модель нейронной сети показала значительно более высокие коэффициенты детерминации. В результате была построена крупномасштабная карта засоленности почв для района опустыненных степей Калмыкии с использованием ДДЗ высокого разрешения и проведена статистическая оценка ее точности.

Практическая значимость. Предлагаемая в диссертации методика позволяет оперативно составлять крупномасштабные карты территорий солонцовых комплексов для обширных территорий на юге степной зоны России, используя комбинацию данных ДДЗ (спектральные индексы,

полученные с помощью изображений SuperView-1) и результаты обследования растительного покрова.

Диссертация Прокопьевой К.О. состоит из введения, 4 глав, названных разделами, заключения, выводов, списка литературы и 4 приложений. Она изложена на 158 страницах, содержит 15 таблиц и 17 рисунков. Список литературы включает 201 источник, из них 63 на иностранном языке.

Цель работы состояла в том, чтобы оценить возможность численного прогноза глубины и степени засоления почв солонцовых комплексов в опустыненных степях Калмыкии на основе геоботанических и дистанционных данных с помощью современных методов цифрового картографирования. Задачи диссертации вытекают из поставленной цели, имеют четкие формулировки. Их последовательное решение обеспечено использованием адекватных методов получения и обработки первичных аналитических данных.

В **первой** главе (разделе) представлен обзор научной литературы. Он посвящен трем ключевым аспектам: влиянию засоления на растительные организмы, классификациям растений-галофитов и теории фитоиндикации с учетом её новейших методов. Также приводится анализ цифровых технологий в картографировании, в частности, использование снимков для мониторинга засоления.

Во **второй** главе (разделе) дается физико-географическую характеристику территории исследования, которая расположена в подзоне опустыненных степей на Прикаспийской низменности. Регион характеризуется сложным почвенным покровом: солонцовыми комплексами в сочетании со светло-каштановыми и лугово-каштановыми почвами, который в настоящее время сталкивается с активной деградацией земель, вызванной как перевыпасом скота, так и природными процессами. Растительность типична для опустыненных степей и чутко реагирует на малейшие изменения микрорельефа и увлажнения.

В **третьей** главе (разделе) дано описание объектов и методов. К достоинствам работы можно отнести то, что для каждой из 3 задач в подробно изложена методология проведения экспериментов, рассматривающая весь путь от сбора первичного материала и способов анализа данных, подробно описаны алгоритмы машинного обучения.

В **четвертой** главе (разделе) представлены основные результаты диссертации. Проведено сопоставление засоленности почв и растительности на основе машинного обучения для исследуемой территории. Было изучено 12 видов растений, которые были разделены на группы: избегающие соли, толерантные и солелюбивые галофиты. Для точной диагностики засоления были построены модели машинного обучения. Наибольшую точность (до 95%) показала модель для слоя почвы 0-50 см, были выявлены ключевые виды - индикаторы.

Интерес представляет проведенная Прокопьевой К.О гармонизация результатов химического исследования засоленности почв. Представлены результаты анализа более тысячи образцов, в которых засоление почв характеризовалось по показателям, полученным в ходе общепринятых методов и экспресс-методов, использованных в работе (в частности с измерением удельной электропроводности водной суспензии 1:5). Также показано, что градации, вычисленные по показателю содержания водорастворимого натрия согласно разработанному диссертантом уравнению пересчета в электропроводность, хорошо сопоставимы с опубликованными данными.

В работе показано, что наилучшими прогностическими показателями (предикторами) для построения карт засоленности почв оказались следующие спектральные индексы: преобразованный нормализованный разностный вегетационный индекс, преобразованный вегетационный индекс, улучшенный вегетационный индекс, индекс интенсивности.

Полученные научные результаты грамотно проинтерпретированы. Научные положения и выводы диссертационной работы подтверждаются

использованием современных теоретических, методологических и методических подходов, адекватным целям и задачам исследования; обеспечены значительным объемом фактического материал. Диссертация написала научным профессиональным языком, результаты изложены логично, последовательно и обосновано. Вместе с тем, к работе имеется ряд замечаний:

1. Для поиска связи видов и сообществ с засолением почв выборка, объемом 64 делилась на обучающую и тестовую в соотношении 70% к 30%, что приводит к выборкам, объема 44 и 20. Выборки можно было увеличить при применении технологии бутстрепа. Тоже самое относится и к 3 задаче, где выборка объемом 104 также делилась на обучающую и тестовую.

2. Для оценки качества моделей был использованы коэффициент детерминации и другие критерии, однако не приведены графики предсказанных и наблюдаемых значений – наиболее простой и наглядный способ оценки качества моделирования.

Указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертационная работа Прокопьевой Кристины Олеговны – законченный самостоятельный научный труд, выполненный на хорошем научном уровне, хорошо оформлена. Диссертация представляет оригинальное исследование, где для решения поставленных задач был проделан большой объем экспериментальных работ с применением апробированных методик.

Степень обоснованности и достоверности полученных результатов подтверждается статистической обработкой полученных экспериментальных данных, использованием методов машинного обучения и специально проведенных методических экспериментов. По теме диссертации опубликовано 5 статей, 4 из которых – в рецензируемых научных журналах, индексируемых базами Scopus, Web of Science, RSCI и рекомендованных к защите в Диссертационном совете МГУ.015.3 по специальности 1.5.19 Почвоведение. Автореферат полностью отражает содержание диссертации, а в публикациях автора отражены основные результаты защищаемой диссертационной работы.

Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.5.19 Почвоведение (по биологическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Прокопьева Кристина Олеговна заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.19 Почвоведение.

Официальный оппонент:

Кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент кафедры общего земледелия
и агроэкологии

факультета почвоведения МГУ

119991, г. Москва, Ленинские горы д.1, стр.12,

МГУ имени М.В.Ломоносова, факультет почвоведения

Контактные данные:

тел.: 7(916)5850409, e-mail: jlmesh@list.ru

29 сентября 2025 года

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 06.01.03 – почвоведение

Адрес места работы:

119991, Москва, Ленинские горы, д.1, стр.12, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, кафедра общего земледелия и агроэкологии

Ю.Л. Мешалкина

Подпись

ЗАВЕРЯЮ