

## ДИСТАНЦИОННОЕ ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ПОЧВ МИКРОЗАПАДИН В АГРОЦЕНОЗЕ

Н. А. Соколова

*Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской академии наук,  
г. Новосибирск, Россия  
[nsokolova@issa-siberia.ru](mailto:nsokolova@issa-siberia.ru)*

**АННОТАЦИЯ.** Вовлечение в пашню малоплодородных текстурно-дифференцированных почв микрозападин требует специальной агротехники при реализации точного земледелия. Использование комбинированных изображений, полученных при сочетании спектральных индексов SBL, SCI и BRI способствует определению локализации и площадей микрозападин в агроландшафте.

**Ключевые слова:** *текстурно-дифференцированные почвы, микрозападины, спектральные индексы, лесостепь, Западная Сибирь.*

Неоднородность почвенного покрова существенно влияет на эффективность его функционального использования, особенно в агроландшафтах [1]. Эта неоднородность может быть обусловлена как литогенной основой агроландшафта, зоогенными факторами, так и выраженным микрорельефом [2]. Последний фактор играет ведущую роль в агроландшафтах юга Западной Сибири. Для равнинных территорий (Новосибирская, Омская, Томская области) характерными для современного почвообразования породами являются рыхлые субэраальные отложения (лесовидные суглинки), склонные к развитию просадочных явлений – суффозий [3]. В результате этого процесса на упомянутой территории почти повсеместно сформирован плоско-западинный микрорельеф. Почвы, развивающиеся в замкнутых микрозападинах, являются весьма контрастными по отношению к фоновым почвам, отличаются режимами функционирования и свойствами [4]. В понижениях микрорельефа почвы более холодные и влажные, что способствует развитию в естественных условиях древесных насаждений, а в агроландшафте приводит к вымоканию и вымерзанию сельскохозяйственных культур и большему засорению [5]. При вовлечении в пашню сильно контрастные по отношению к фоновым почвам требуют применения особых агротехнологических приемов для выравнивания урожайности, в противном случае существенно снижают ее [6]. Так называемое «точное» земледелие требует количественного

учета площадей почв микрозападин и их локализации для своевременной коррекции технологических схем. Современные средства дистанционного зондирования Земли позволяют выявить и локализовать неблагоприятные явления в агроландшафтах [7, 8]. Целью данного исследования являлась разработка автоматизированных методов дистанционного детектирования почв микрозападин в агроландшафте.

**Условия, объекты и методы исследования.** Исследование проводилось на примере агроландшафта, расположенного в Кожевниковском районе Томской области. Почвенный покров агроландшафта представлен высококонтрастным комплексом агрочерноземов глинисто-иллювиальных (фон) и подбелов темных глубокоэлювирированных (в микрозападинах), трансформированных в разной степени [9]. Рассматриваемые почвы существенно отличаются друг от друга по своим физическим и агрохимическим показателям, в том числе, по содержанию физической глины, углерода, азота, обменных оснований в пахотном слое [10]. Ранее показана связь между спектральным откликом и содержанием влаги и углерода в почвах [11]. Детектирование текстурно-дифференцированных почв микрозападин проведено на основе мультиспектральных снимков с космического аппарата Sentinel-2A (сцены с 2016 по 2021 год), выбранных с учетом времени вегетации посевов. Снимки предварительно были подвергнуты атмосферной и ортокоррекции в модуле Semi-Automatic

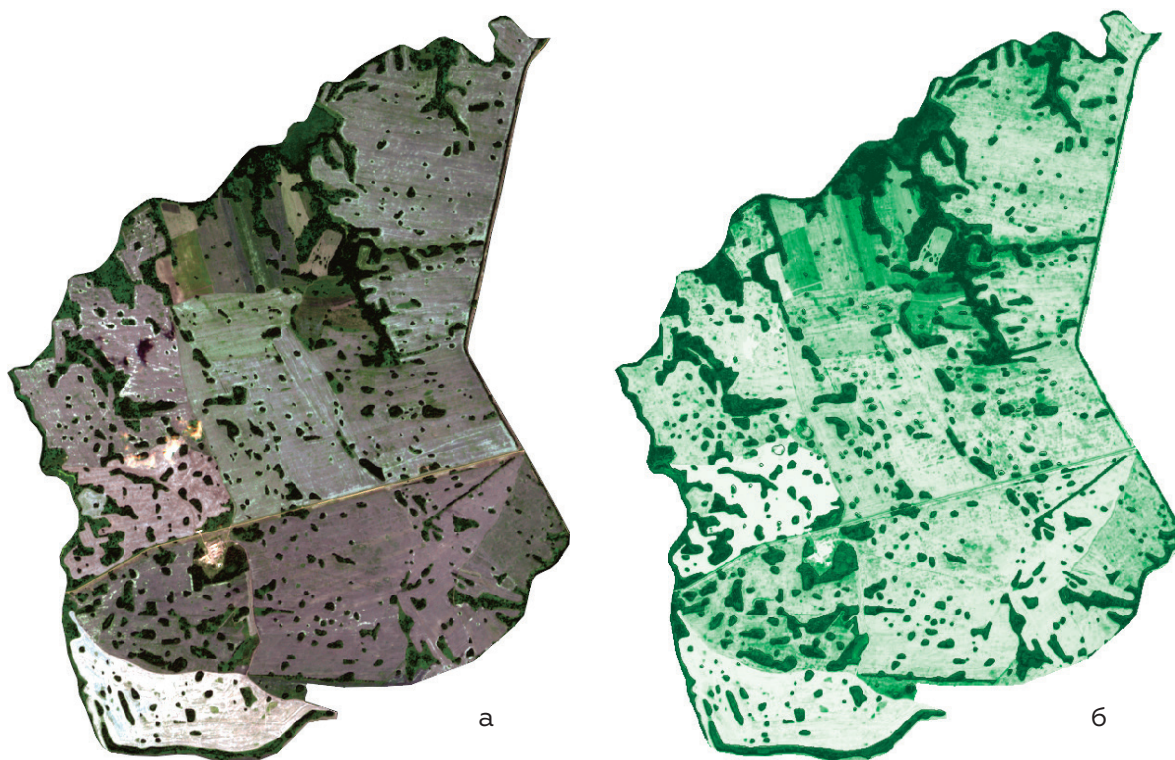


Рисунок 1. Изображение ключевого участка в естественных цветах (а) и детектирование древесной растительности при помощи NDVI (б)

Classification пакета QGIS. Западины, занятые естественными лесными насаждениями, выделены путем расчета нормализованного вегетационного индекса (NDVI). Западины, подвергшиеся распашке, выделены путем расчета индексов SBL (Soil Background Line), SCI (Soil Composition Index) и BRI (Browning Reflectance Index).

**Результаты исследований.** В период с 2016 по 2021 гг. в пределах ключевого участка был реализован зерновой севооборот, и состояние (пар / культура, этап ее развития) каждого конкретного поля различались. Космические снимки были выбраны с учетом минимальной облачности, но при этом в разные периоды вегетационного сезона. Таким образом, в выборку попали как участки открытой почвы (пар), так и молодые всходы и период колошения яровых, и период восковой спелости озимых культур.

Использование индекса NDVI позволяет четко отделить микрозападины, занятые лесными насаждениями (рис. 1). За весь период наблюдений наибольшее количество микрозападин под лесными колками было в 2016 году и в дальнейшем неуклонно снижалось, что означает вовлечение почв микропонижений в ак-

тивный сельскохозяйственный оборот.

Почвы микропонижений, где лес сведен несколькими годами ранее, заметно отличаются от фоновых почв как по своим агрохимическим свойствам (содержание углерода, физической глины) в верхних горизонтах, так и по спектральному отклику. На паровом поле и в период от всходов до колошения они хорошо различимы как визуально, так и при помощи индекса NDVI и BRI (рис. 2).

Однако в период активной вегетации сельскохозяйственных культур индекс NDVI не способствует разделению почв фона и микропонижений. Активное развитие растительности также препятствует использованию индексов, связанных со спектральными характеристиками почвенного фона. Тогда как использование комбинированного изображения SBL, SCI и BRI предоставляет возможность выделить почвы микрозападин, сложно выявляемые в агроландшафте как визуально, так и при помощи других распространенных спектральных индексов (рис. 3).

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, путем вычисления различных спектральных индексов и детектирования почв микрозападин выявлено снижение пло-

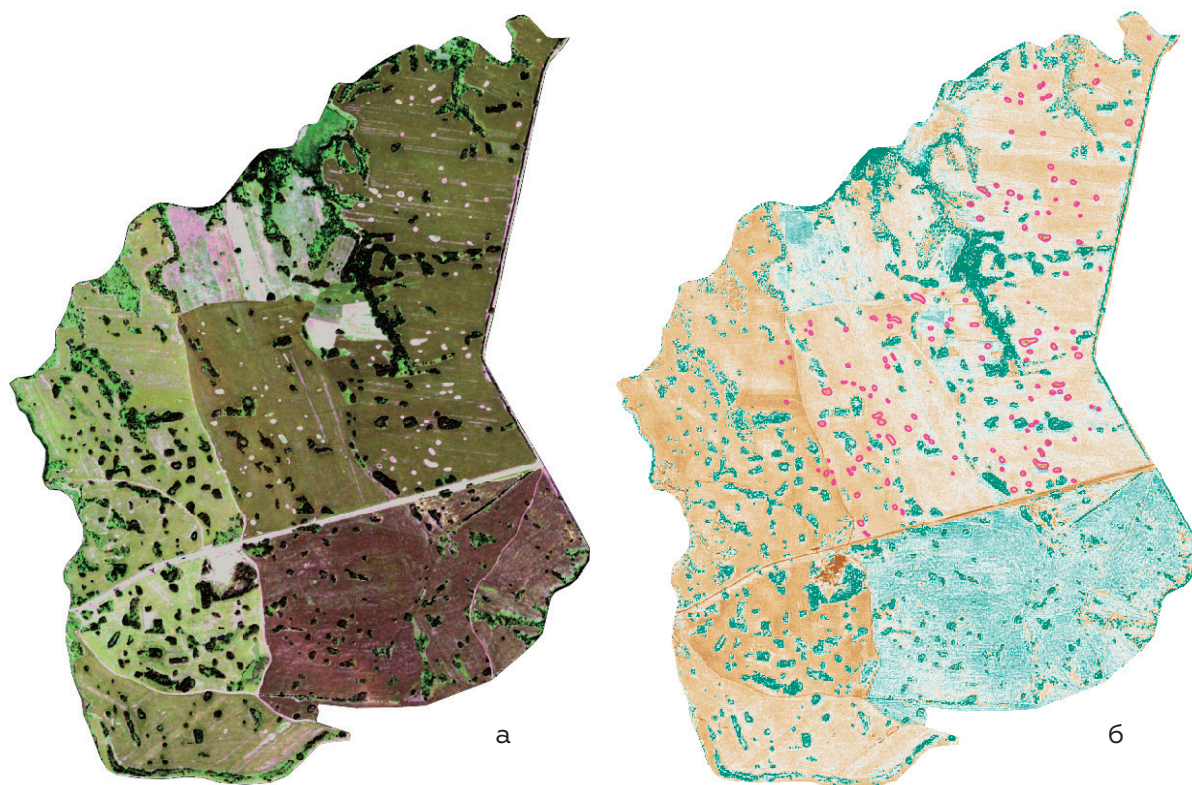


Рисунок 2. Изображение ключевого участка в естественных цветах (а) и детектирование микрозападин с использованием индекса BRI (б)

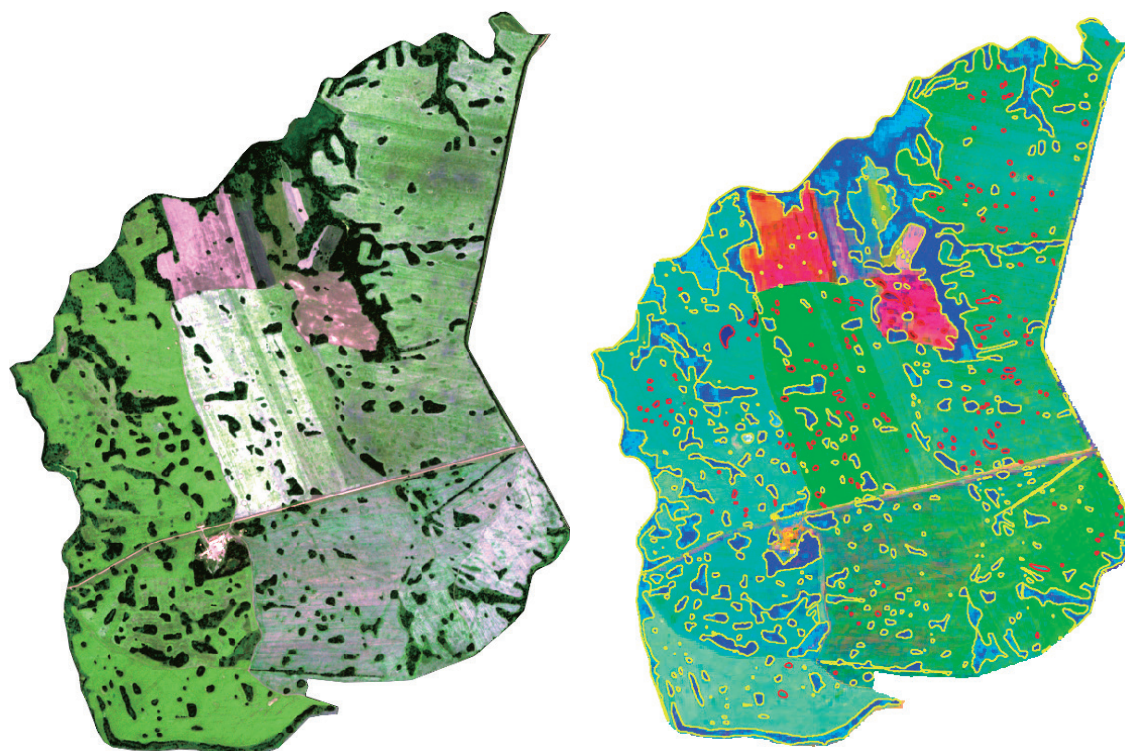


Рисунок 3. Изображение ключевого участка в естественных цветах (а) и детектирование микрозападин при помощи комбинированного из индексов SBL, SCI и BRI изображения (б)

щади микропонижений рельефа, занятых лесом, и соответственное увеличение площадей текстурно-дифференцированных почв, вовлеченных в пашню с 2016 по 2021 гг. на 64 га в пределах ключевого участка. Для наилучшего детектирования почв микропонижений це-

лесообразно использовать комбинированное изображение, полученное сочетанием индексов SBL, SCI и BRI.

Исследование выполнено по государственному заданию ИПА СО РАН

# REMOTE DETECTION OF SOILS OF MICRO-DEPRESSIONS IN THE AGROCENOSIS

*N. A. Sokolova*

*Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,  
Novosibirsk, Russia  
[nsokolova@issa-siberia.ru](mailto:nsokolova@issa-siberia.ru)*

**ABSTRACT.** The involvement of low-yielding texturally differentiated soils of micro-depressions in arable land requires special agrotechnics in the implementation of precision farming. The use of combined images obtained using a combination of spectral indices SBL, SCI and BRI helps to determine the localization and areas of micro-depressions in the agricultural landscape.

**Keywords:** *texturally differentiated soils, micro-depressions, spectral indices, forest-steppe, Western Siberia*

## Литература.

- 1 Булгаков Д. С., Сорокина Н. П., Карманов И. И. Об оценке территории землепользования с неоднородным почвенным покровом // Почвенно-земельные ресурсы: оценка, устойчивое использование, геоинформационное обеспечение. Минск: изд-во Центр БГУ, 2012. С. 41–43.
- 2 Фридланд В. М. Структуры почвенного покрова мира. М.: Мысль, 1984. 235 с.
- 3 Хмелев В. А., Танасиенко А. А. Земельные ресурсы Новосибирской области и пути их рационального использования. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. 349 с.
- 4 Смоленцев Б. А., Сапрыкин О. И., Соколова Н. А., Елизаров Н. В. Влияние почв микрозападин на структуру агроландшафтов лесостепной зоны Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2017. № 6 (48). С. 11–18.
- 5 Карманов И. И., Савинова Е. Н. Агрономическая однородность и агрономическая совместимость // Методика комплексной агрономической характеристики почв. М.: Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 1985. С. 23–25.
- 6 Капустянчик С. Ю., Добротворская Н. И. Микроклимат почв и урожайность яровой пшеницы в плакорном микрозападном агроландшафте // Вестник Алтайского ГАУ. 2012. № 2 (88). С. 32–35.
- 7 Письман Т. И., Ерунова М. Г., Ботвич И. Ю., Емельянов Д. В., Кононова Н. А., Бобровский А. В., Крючков А. А., Шпедт А. А., Шевырногов А. П. Информативность спектральных вегетационных индексов для оценки засоренности посевов сельскохозяйственных культур по наземным и спутниковым данным // Исследование Земли из космоса. 2021. № 3. С. 55–66.
- 8 Терехин Э. А. Оценка сезонных значений вегетационного индекса (NDVI) для детектирования и анализа состояния посевов сельскохозяйственных культур // Исследование Земли из космоса. 2015. № 1. С. 23–31.
- 9 Сапрыкин О. И., Соколова Н. А. Агрогенная трансформация профилей текстурнодифференцированных почв микрозападин // Почвы и окружающая среда. 2022. Том 5. № 1. е171.
- 10 Сапрыкин О. И., Соколова Н. А. Изменение свойств текстурно-дифференцированных почв в связи с вовлечением в пашню // Почвы и окружающая среда: Мат-лы Всеросс. науч. конф., посв. 55-летию ИПА СО РАН. Новосибирск. 02–06 октября 2023. С. 170–175.
- 11 Чинилин А. В., Савин И. Ю. Крупномасштабное цифровое картографирование содержания органического углерода почв с помощью методов машинного обучения // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2018. № 91. С. 46–62.