

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Д. А. Кислицын

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4,
220030, г. Минск, Беларусь, dimas_13082000@mail.ru*

Проанализирована пространственная структура сельскохозяйственных земель в рамках сельсоветов трех административных районов Гродненской области на основе результатов автоматизированного дешифрирования космического снимка Sentinel-2. Выявлены ключевые тренды динамики пахотных, луговых и лесных земель за период с 1986 по 2019 гг. по данным геоинформационного анализа результатов классификации космических снимков Landsat-5, Landsat-7, Sentinel-2.

Ключевые слова: земельное покрытие; геоинформационный анализ; автоматизированное дешифрирование; космические снимки; сельскохозяйственные земли.

GEOINFORMATION ANALYSIS OF REMOTE SENSING DATA FOR AGRICULTURAL LAND MAPPING

D. A. Kislitsyn

*Belarusian State University, Nezavisimosti Av., 4,
220030, Minsk, Belarus, dimas_13082000@mail.ru*

The spatial structure of agricultural land within the selsoviets of three administrative districts of Grodno region has been analyzed based on the results of automated interpretation of Sentinel-2 space image. Key trends in the dynamics of arable, meadow and forest lands for the period from 1986 to 2019 were identified based on the geoinformation analysis of Landsat-5, Landsat-7, Sentinel-2 space images classification results.

Keywords: land cover; geoinformation analysis; automated interpretation; space images; agricultural land.

Качество земельного менеджмента в значительной степени связано с уровнем использования пространственной информации о земельных ресурсах, которая должна быть достоверной, объективной и максимально полной. Автоматизированное дешифрирование данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) позволяет получить репрезентативную информацию на основе разновременных космических снимков, что повышает эффективность картографирования земельного покрытия. Использование геоинформационных систем (ГИС) автоматизирует различные этапы по картографированию земельных ресурсов и заметно

увеличивает скорость обработки геоданных, что определяет актуальность исследования.

Прикладные аспекты использования данных ДЗЗ и ГИС-технологий для картографирования динамики природных экосистем и оценки их состояния представлены в монографии Д. Г. Груммо и соавторов [1]. Результаты автоматизированного дешифрирования космических снимков Landsat для анализа динамики классов земного покрытия Полесского государственного радиационно-экологического заповедника за период с 1987 по 2014 г. изложены в статье [2]. Оценка уровня точности при обработке космических снимков MODIS по сравнению с результатами, полученными на основе дешифрирования снимков Landsat для территории Канады, проанализирована в работе канадских ученых [3]. Зарубежный обзор [4], посвященный теоретико-методологическим аспектам использования космических снимков Sentinel для картографирования динамики и структуры земельного покрытия, позволяет оценить уровень точности и перспективы развития различных методов для обработки снимков.

Исследуемая территория занимает около 4329,2 км² и представлена Новогрудским, Кореличским и Дятловским районами Гродненской области Республики Беларусь. Автоматизированное дешифрирование космических снимков Landsat-5, Landsat-7, Sentinel-2 (даты съемки: 04 мая 1986 г., 02 мая 2000 г. и 17 апреля 2019 г. соответственно) выполнено на основе метода максимального правдоподобия в ENVI 5.3. Применение дополнительных космических снимков Landsat и Sentinel за период с конца августа по начало октября за аналогичные годы в указанных периодах позволит рассчитать минимальные значения индекса NDVI для более точного выделения пахотных и луговых земель. Последовательное применение инструментов «Фильтр большинства», «Удаление границ», «Группировка», «Извлечь по атрибутам», «Отсечение» в ArcGIS 10.7 использовано для пост-классификационной обработки результатов автоматизированного дешифрирования, а автоматическая векторизация проведена с помощью инструмента «Растр в полигоны».

Для повышения точности при выделении различных классов земельного покрытия использована информация о морфометрических показателях рельефа (уклон и вертикальное расчленение) и вегетационном индексе NDVI. Расчет статистических данных для каждого векторного контура результата контролируемой классификации производился путем использования инструмента «Зональная статистика в таблицу».

При выделении различных классов сельскохозяйственных земель с учетом информации о гидроморфизме почв определен ряд критериев. Пахотные земли имеют преимущественно более низкие значения NDVI (ме-

нее 0,32–0,39 в зависимости от периода вегетации), рассчитанного на основе минимальных значений для двух космических снимков (в основном, май и сентябрь), по сравнению с луговыми землями. Сельскохозяйственные земли на гидроморфных почвах при уклоне более 0,4–0,5°, если не выделялись заболоченные луга в отдельный подкласс, а в остальных случаях при уклоне более 0,3°, – можно отнести к луговым землям. Контурные луговых земель, имеющие средние значения уклона более 1,0–1,5° и NDVI менее 0,24–0,26 (по данным космических снимков Landsat), со значительной долей вероятности могут быть идентифицированы как пахотные [5].

Анализ распределения вертикального расчленения рельефа для некоторых типов и видов почв сельскохозяйственных земель Новогрудского района (на основе перекодированного векторного слоя Soils из земельно-информационной системы) проведен на основе использования инструмента «Зональная гистограмма». Минимальные значения данного морфометрического показателя (до 2 м/км²) характерны для 58,6 % от площади торфяно-болотных почв и 50,9 % от площади деградаторфяных почв. Для аллювиальных болотных и аллювиальных дерновых почв характерны более высокие значения вертикального расчленения рельефа: в основном от 2,1 до 10,0 м/км² (табл. 1).

Таблица 1

Распределение вертикального расчленения рельефа для некоторых типов и видов почв Новогрудского района (в процентах от площади для каждого из выбранных типов или видов почв)

Вертикальное расчленение рельефа, м/км ²	Типы и виды почв							
	среднесмытые	слабосмытые	сильносмытые	аллювиальные	деградаторфяные	аллювиальные болотные	торфяно-болотные	овражно-болотные
0,0-2,0	0,36	0,96	0,78	16,79	50,88	21,96	58,57	0,94
2,1-5,0	1,02	2,84	0,38	38,70	19,40	40,75	11,66	0,30
5,1-10,0	2,93	6,02	1,03	28,09	10,84	23,34	11,81	0,32
10,1-20,0	15,74	27,24	6,86	11,92	11,93	7,87	8,62	12,11
20,1-30,0	40,81	37,54	31,16	2,18	5,85	2,40	6,32	42,31
30,1-40,0	24,92	16,75	31,59	1,32	0,35	1,97	1,71	20,48
40,1-50,0	12,77	7,68	20,42	0,85	0,58	1,54	1,30	19,19
50,1-60,0	1,27	0,82	6,99	0,15	0,17	0,17	0,00	4,07

Высокий удельный вес участков, имеющих вертикальное расчленение рельефа более 30 м/км², характерен для эродированных почв: для слабосмытых – 25,2 %, для среднесмытых – 39,0 %, для сильносмытых –

59,0 %. Около 62,8 % от площади овражно-балочных почв имеют вертикальное расчленение рельефа в диапазоне от 20,1 до 40,0 м/км².

Анализ динамики основных видов земель и их групп в рамках трех районов проведен за период с 1986 по 2019 гг. По районам структура отличается: в структуре земельного покрытия Кореличского района наибольшие площади занимают пахотные земли, а Дятловский район характеризуется более высоким уровнем лесистости территории.

За период с 1986 по 2000 гг. произошло снижение удельного веса лесных земель и под древесно-кустарниковой растительностью (ДКР), что обусловлено наличием лесных вырубок, а за период с 2000 по 2019 гг. отмечено существенное увеличение данной группы видов земель из-за увеличения площади участков, занятых кустарниковой растительностью, и в связи с переводом низкопродуктивных луговых земель в состав лесных. Площадь пахотных земель на территории Новогрудского и Дятловского районов увеличилась с 1986 по 2000 гг. (от 28,2 % до 30,2 % и от 28,7 % до 30,7 % соответственно), что связано с переводом части наиболее продуктивных участков улучшенных луговых земель в состав пашни (табл. 2).

Таблица 2

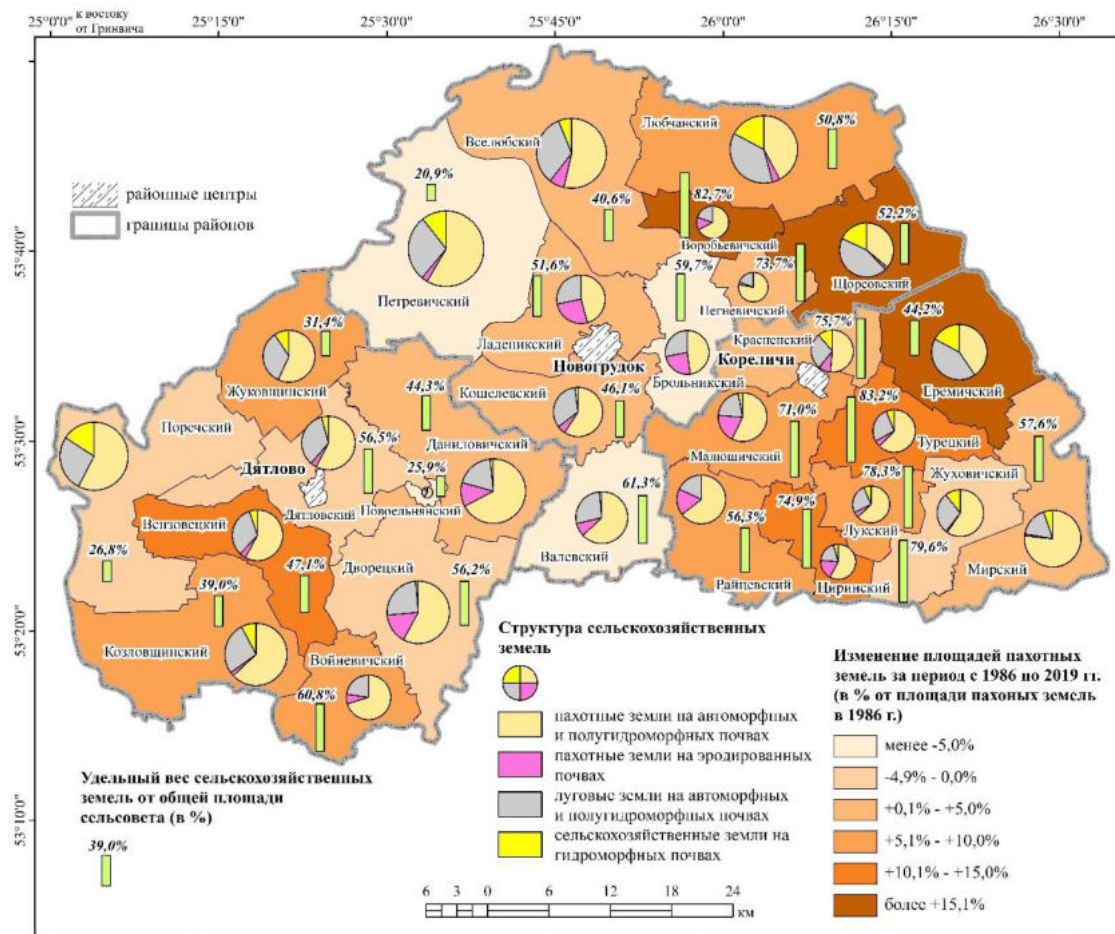
Динамика удельного веса основных видов земель и их групп за период с 1986 по 2019 гг., %

Виды земель и их группы	Районы								
	Новогрудский			Кореличский			Дятловский		
	1986	2000	2019	1986	2000	2019	1986	2000	2019
Лесные земли и земли под ДКР	40,5	39,3	43,4	20,3	19,9	23,9	44,9	43,6	49,7
Пахотные земли	28,2	30,2	28,6	41,6	40,2	44,7	28,7	30,7	29,3
Луговые земли	20,7	19,6	18,1	27,4	28,0	21,4	17,1	16,4	14,0

За период с 2000 по 2019 гг. в Дятловском и Новогрудском районах произошло снижение удельного веса пахотных земель из-за неэффективности использования небольших контуров пашни, отдаленных от центров сельскохозяйственных организаций или расположенных на малопродуктивных песчаных почвах среди лесных массивов. Высокий уровень сельскохозяйственной освоенности территории и повышенный балл плодородия почв характерны для Кореличского района, который имеет другие тенденции по динамике площади пахотных земель. За период с 2000 по 2019 гг. произошло существенное сокращение площади луговых земель, а для

Кореличского района удельный вес данного вида земель уменьшился от 28,0 % до 21,4 %.

Пространственная информация о структуре сельскохозяйственных земель в рамках сельсоветов административных районов Новогрудской возвышенности получена путем обработки векторного результата дешифрирования с помощью таких инструментов, как «Пересечение», «Суммарная статистика» и «Сводная таблица» (рисунок).



Структура сельскохозяйственных земель в рамках сельсоветов Новогрудской возвышенности в 2019 г. (на основе мозаики космических снимков Sentinel-2)

Минимальные значения сельскохозяйственной освоенности (от 20,9 % до 31,4 %) характерны для четырех сельсоветов, которые в основном расположены в северо-западной части Новогрудской возвышенности, где преобладают песчаные почвы с невысоким уровнем плодородия, а также сконцентрированы обширные участки лесных массивов. Новоельнянский сельсовет также имеет низкий уровень сельскохозяйственной освоенности, что обусловлено наименьшей площадью среди сельсоветов

в рамках исследуемой территории и расположением в его пределах городского поселка Новоелья, занимающего основную его часть. В центральной части Кореличского района сельскохозяйственная освоенность составляет около 70–80 %.

Щорсовский и Еремичский сельсоветы выделяются достаточно высокой (более 42,0 %) долей луговых земель на автоморфных и полугидроморфных почвах, что связано с ограничениями в использовании земель под пашню в пределах речной долины Немана. Для двух сельсоветов Новогрудского района удельный вес эродированных почв в составе сельскохозяйственных земель превышает 23,0 %, что связано с высокими значениями вертикального расчленения рельефа. В пределах речной долины Немана сконцентрированы основные участки торфяно-болотных и аллювиальных болотных почв, поэтому три сельсовета, характеризующиеся наиболее высоким удельным весом сельскохозяйственных земель на гидроморфных почвах (более 17,0 %), приурочены к северо-восточной части Новогрудской возвышенности (табл. 3).

Таблица 3

Сельсоветы Новогрудской возвышенности с наибольшим удельным весом различных классов объектов в структуре сельскохозяйственных земель, %

Сельсоветы	Удельный вес луговых земель на автоморфных и полугидроморфных почвах	Сельсоветы	Удельный вес пахотных земель на эродированных почвах
Щорсовский	44,3	Ладеницкий	26,0
Еремичский	42,1	Брольницкий	23,9
Любчанский	36,9	Малюшицкий	18,8
Сельсоветы	Удельный вес пахотных земель на автоморфных и полугидроморфных почвах (не включая эродированные)	Сельсоветы	Удельный вес сельскохозяйственных земель на гидроморфных почвах
Негневичский	77,4	Щорсовский	18,1
Мирский	76,6	Любчанский	17,2
Войневичский	69,7	Еремичский	17,1

Для трех сельсоветов пахотные земли на автоморфных и полугидроморфных почвах (не включая эродированные) имеют удельный вес более 69,0 % от структуры сельскохозяйственных земель, а для большинства сельсоветов преобладают значения в диапазоне от 50,1 % до 65,0 %.

Увеличение площади пахотных земель от 5,1 % до 15,0 % за период с 1986 по 2019 гг. в основном характерно для сельсоветов, расположенных

в южной части Дятловского района, а также в центральной части Кореличского района. Для пяти сельсоветов исследуемой территории наблюдается снижение площади пахотных земель на более чем 3,0 %, что обусловлено такими факторами, как рост застроенных территорий (в Дятловском и Новоеельнянском сельсоветах), проявление процессов водной эрозии, невысокое плодородие песчаных почв.

Таким образом, на основе применения ГИС-технологий проанализирована пространственная дифференциация структуры сельскохозяйственных земель в рамках сельсоветов Новогрудской возвышенности за 2019 г. Использование разновременных космических снимков для анализа динамики основных видов земель и их групп позволило определить основные тренды в рамках трех районов за период с 1986 по 2019 гг. Некоторые типы и виды почв характеризуются заметными различиями по распределению вертикального расчленения рельефа, информация о котором может использоваться в качестве косвенного дешифровочного признака.

Библиографические ссылки

1. Наземные и дистанционные методы оценки состояния экосистем особо охраняемых природных территорий / Д. Г. Груммо [и др.] ; под общ. ред. Д. Г. Груммо, А. В. Судника ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича. Минск : Беларуская навука, 2023. 351 с.
2. *Кохно А., Казяк Е.* Картографирование земельного фонда Полесского государственного радиационно-экологического заповедника на основе автоматизированного дешифрирования материалов дистанционного зондирования Земли // Земля Беларуси. 2016. № 4. С. 30–33.
3. *Pouliot D., Latifovic R., Zabcic N.* Development and assessment of a 250 m spatial resolution MODIS annual land cover time series (2000–2011) for the forest region of Canada derived from change-based updating // Remote Sensing of Environment. 2014. № 140. P. 731–743.
4. *Thanh N., Kappas M.* Comparison of random forest, k-nearest neighbor, and support vector machine classifiers for land cover classification using Sentinel-2 imagery // Sensors. 2018. № 18 (18). P. 1–20.
5. *Кислицын Д. А., Клебанович Н. В.* Геоинформационный анализ динамики и структуры классов земельного покрытия Новогрудской возвышенности // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2024. № 1. С. 126–140.