

ГЕОДЕЗИЯ

УДК 528.4:332.54

DOI 10.52928/2070-1683-2022-32-14-102-106

МОНИТОРИНГ ТРАНСФОРМАЦИИ ЗЕМЕЛЬ ПРИГРАНИЧНЫХ ТЕРРИТОРИЙ
ПО МАТЕРИАЛАМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

М.В. МАКАРОВА,
канд. техн. наук К.И. МАРКОВИЧ,
канд. техн. наук И.П. ШЕВЕЛЕВ
(Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой)

В статье приведены результаты анализа трансформации территорий, являющихся приграничными к границам административно-территориальных единиц. Сделаны выводы о необходимости своевременного учета происходящих изменений элементов природно-экологического каркаса, а также видов земель, активно трансформирующихся под воздействием антропогенных факторов. Предложена автоматизация распознавания контуров земель приграничных территорий средствами геоинформационных систем. Предложена количественная оценка изменений объектов природной среды приграничных территорий, на основе которой сделаны выводы о необходимости уменьшения временного интервала корректировки пространственного положения границ административно-территориальных единиц.

Ключевые слова: административно-территориальные единицы, установление границ, нормализация границ, мониторинг, землеустройство, земельно-информационные системы, данные дистанционного зондирования Земли.

Введение. Как показала практика выполнения работ по нормализации границ административно-территориальных и территориальных границ (далее – АТЕ и ТЕ), проводимых с 2016 по 2021 гг. специалистами РУП «Проектный институт Белгипрозем», большая доля участков границ районов совмещается с объектами гидрографии и контурами земель (т.е. объектами природно-экологического каркаса).

Нормативный срок проведения повторных работ по нормализации и установлению границ АТЕ и ТЕ – 50 лет¹. Однако расхождения фактических и зарегистрированных границ административно-территориальных единиц чаще всего связаны с несвоевременным учетом (внесением изменений и дополнений) результатов происходящих природных и антропогенных процессов в Земельно-информационные системы (далее – ЗИС) районов [1; 2].

Основная часть. Мониторинг состояния земельных ресурсов по данным дистанционного зондирования Земли (далее – ДЗЗ) проводится специалистами РУП «Проектный институт Белгипрозем», прежде всего, с целью государственного контроля за использованием и охраной земель [1].

Мониторинг по данным ДЗЗ – это процесс внесения в ЗИС района изменений, произошедших в результате антропогенного воздействия (характера использования, выхода из строя мелиоративных систем, неиспользования земельных участков и нарушения земель) либо природных факторов (естественного зарастания, заболачивания, меандрирования рек) по актуальным данным дистанционного зондирования Земли². При обнаружении подобных изменений происходит согласование с землеустроительными службами местных органов власти, в границах компетенций которых расположена рассматриваемая территория.

Тем самым, специалистами, отвечающими за эксплуатацию ЗИС в данном районе, производится так называемое **сличение** – процесс сопоставления актуальных данных дистанционного зондирования Земли с информацией базы данных земельно-информационной системы с целью выявления признаков изменений видов земель, выполняемый при ведении (эксплуатации) земельно-информационной системы в рабочем порядке³.

Преимущество предлагаемой авторами методики по сравнению с визуальным дешифрированием в процессе сличения заключается в использовании алгоритма выделения границ объектов природно-экологического каркаса на основе сравнения разновременных снимков в полуавтоматическом и автоматическом режиме с использованием обучаемой классификации.

Автоматизация распознавания контуров земель приграничных территорий. При анализе данных дистанционного зондирования Земли используются специализированные программные комплексы, ориентированные на профессиональную обработку многоканальных снимков, и геоинформационные системы, обладающие инструментарием для обработки и интерпретации результатов.

¹ Методические указания по нормализации и установлению границ административно-территориальных единиц Республики Беларусь : утв. приказом респ. унитар. предп. «Проект. ин-т Белгипрозем», 11 апр. 2016 г., № 20. – Минск : УП «Проектный институт Белгипрозем», 2016. – 31 с.

² Земельно-информационная система Республики Беларусь. Порядок создания и ведения (эксплуатации, обновления) : ТКП 610-2017 (33520). – Введ. 01.07.22. – Минск : Белгипрозем, 2022. – 92 с.

³ См. сноску 2.

Для дешифрирования и объединения полученных однородных пикселей в требуемые группы используются стандартные функции ArcGIS, которые представляют собой классификацию с обучением и без обучения.

Классификация с обучением позволяет в ручном режиме определить количество классов и задать эталонные по значениям пиксели. Таким образом созданы файлы сигнатур, участвующие в процессе обработки. В последующем используется модуль Spatial Analyst. Происходит так называемая фильтрация полученных результатов.

Блок-схема последовательности операций с растрами в ArcGIS представлена на рисунке 1.

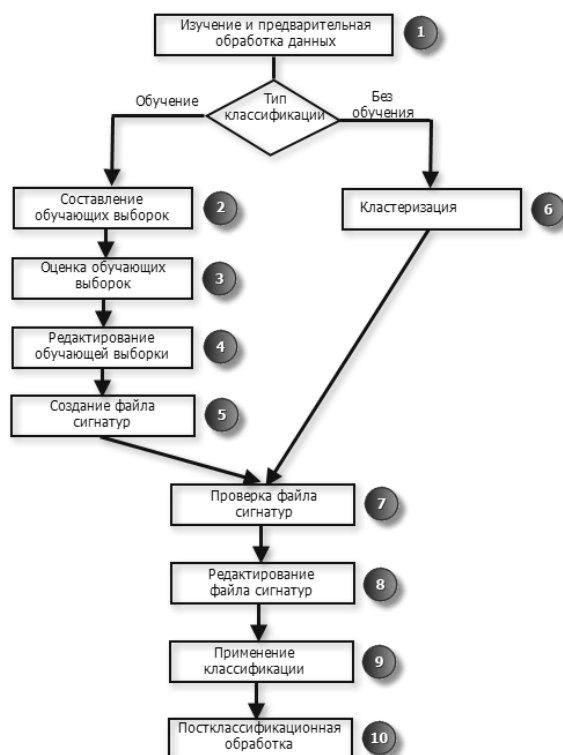
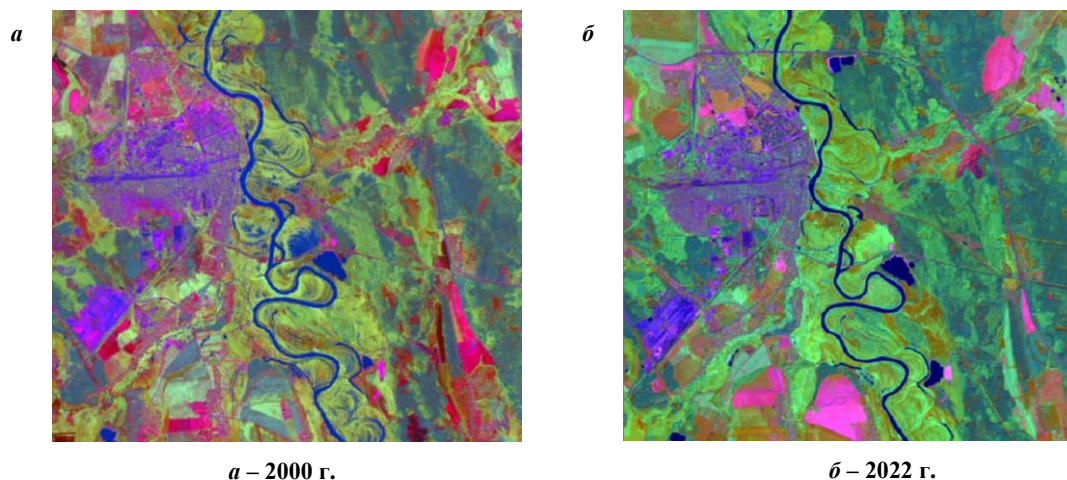


Рисунок 1. – Блок-схема последовательности операций по классификации изображений в среде ArcGIS⁴

В качестве исходных данных были использованы свободно распространяемые многоканальные снимки Landsat⁵ (приграничные территории Бобруйского района по состоянию на 1984, 2000, 2022 гг.). Синтезирование снимков необходимо для более четкого визуального или автоматического выделения границ объектов. В рамках исследования подобраны наиболее информативные комбинации каналов изображения (ближний ИК: коротковолновый ИК: красный), что представлено на рисунке 2.



а – 2000 г.

б – 2022 г.

Рисунок 2. – Синтез многозонального космического снимка исследуемой территории в ложной цветопередаче в соотношении каналов 5:4:3

⁴URL: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/extensions/spatial-analyst/image-classification/image-classification-using-spatial-analyst.htm>.

⁵ URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

Следующим этапом происходит управляемая классификация. Были заданы классы землепользований для получения обучающих выборок. Результаты классификации после проверки и редактирования файла сигнатур представлены на рисунке 3.

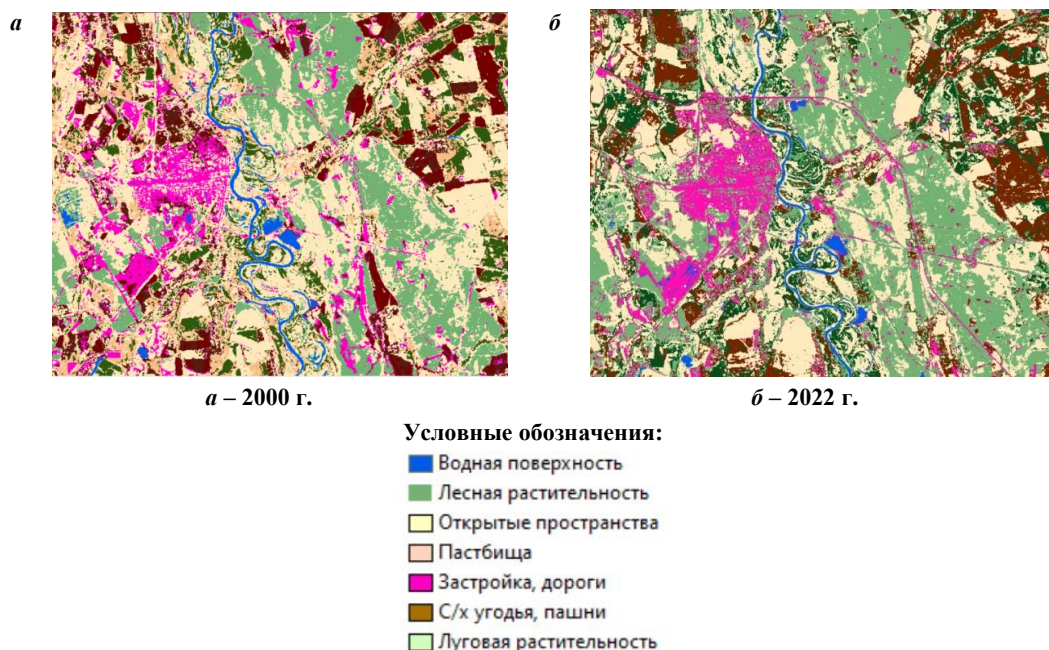


Рисунок 3. – Выходные классифицированные растры приграничных территорий

В ПО ArcGIS авторами был использован инструмент *Фильтр большинства (Majority Filter)*, который замещает значения ячеек раstra, основываясь на значениях большинства соприкасающихся смежных ячеек [3].

Конечная задача сводится к отнесению полученных данных в определенное количество групп. С помощью конвертации раstra в полигоны возможно осуществить подсчет площадей контуров земель по заданным категориям и оценить динамику изменений во времени.

Количественная оценка изменений объектов. Для анализа и оценки происходящих антропогенных и природных процессов вблизи границ АТЕ возможно учитывать ряд показателей:

1. Изменение площади приграничного площадного объекта, $S_{\text{тенд}}$, га:

$$S_{\text{тенд}} = \frac{S_{\text{изм.}}}{S_{\text{общ.}}} \times 100\%, \quad (1)$$

где $S_{\text{изм.}}$ – площадь изменения конкретного приграничного объекта;
 $S_{\text{общ.}}$ – общая площадь объекта на начальный период⁶.

2. Показатель тенденции изменения периметра приграничного площадного объекта, $P_{\text{тенд}}$, км:

$$P_{\text{тенд}} = \frac{P_{\text{изм.}}}{P_{\text{общ.}}} \times 100\%, \quad (2)$$

где $P_{\text{изм.}}$ – периметр изменения конкретного приграничного объекта;
 $P_{\text{общ.}}$ – общий периметр объекта на начальный период.

3. Показатель изменения длины приграничного линейного объекта, $L_{\text{тенд}}$, км:

$$L_{\text{тенд}} = \frac{L_{\text{изм.}}}{L_{\text{общ.}}} \times 100\%, \quad (3)$$

где $L_{\text{изм.}}$ – длина изменения конкретного приграничного объекта;
 $L_{\text{общ.}}$ – общая длина объекта на начальный период.

4. Скорость изменения объектов во времени, $V_{\text{тенд}}$, км(га)/год:

$$V_{\text{тенд}} = \frac{L_{T_2} - L_{T_1}}{T}, \quad (4)$$

где $L_{T_2 - T_1}$ – площадь/периметр/длина контура объекта за временной интервал, км;
 T – величина временного интервала (5, 10, 15, 20 и т.д. лет).

В таблице 1 приведены динамические показатели изменения *площади* ($S_{\text{тенд}}$, %) и *скорости изменения площади* ($V_{\text{тенд}}$, га/год) приграничных объектов Бобруйского района для периода наблюдений в 38 лет (1984–2022 гг.) с интервалами в 16 лет и 22 года.

⁶ Беленко, В.В. Концепция и технология мониторинга земель застраиваемых территорий по материалам космической съемки : дис. ... д-ра техн. наук : 25 00 26 / В.В. Беленко. – М., 2019. – 209 л.

Таблица 1. – Динамические показатели изменения приграничных природных объектов Бобруйского района

Наименование объекта	1984–2000 гг.		2000–2022 гг.		1984–2022 гг.	
	$S_{\text{тенд}}$, %	$V_{\text{тенд}}$, га/год	$S_{\text{тенд}}$, %	$V_{\text{тенд}}$, га/год	$S_{\text{тенд}}$, %	$\Delta V_{\text{тенд}}$, га/год
Крупные массивы лесной растительности/контура	7,7	0,9	4,3	0,43	4,9	0,7
Открытые пространства, застройка	2,2	23,17	0,7	17,4	2,8	20,3
Сельскохозяйственные угодья	11,0	57,3	8,2	60,01	19,2	58,7
Русло водотоков	2,1	0,8	1,6	0,015	2,7	0,4
Контур водоемов	0,01	-	-	-	0,01	-

Интерпретация результатов. С 1984 по 2000 годы наибольшему изменению подверглись контура сельскохозяйственных угодий и лесной растительности. Территория изменялась благодаря развитию частного сектора (индивидуальной жилой застройкой). Наименьшему изменению подверглись контура водоемов.

За период с 2000 по 2022 г. динамика изменений схожа с предыдущим периодом. При общем уменьшении $S_{\text{тенд}}$ площадь изменения га/год немного увеличилась. Изменение русел водотоков для данного участка также подтверждается количественными характеристиками.

Наибольшие изменения в динамике с 1984 по 2022 годы показали лесные и сельскохозяйственные земли. Это может быть связано с трансформацией угодий, интенсификацией сельского хозяйства и переводом земель из одной категории в другую (изъятие сельскохозяйственных земель и предоставление их для несельскохозяйственных целей).

На рисунке 4 видно, что имеются участки нормализованной границы, проходящие по лесным землям и сельскохозяйственным контурам. Данные участки подвержены трансформации и требуют своевременного учета.



Рисунок 4. – Наложение современной границы Бобруйского района в Геопортале ЗИС (базовая карта – материалы аэрофотосъемки)⁷

Полученные данные в целом соотносятся в тенденции с результатами годовой отчетности (форма 22-ЗЕМ) по районам, что представлено на диаграмме динамики изменений видов и земель Бобруйского района (рисунок 5).

Экстраполируя полученные данные на другие АТЕ (районы), необходимо отметить, что тенденция уменьшения площадей сельскохозяйственных земель по стране в целом весьма устойчива. Площадь сельскохозяйственных земель в период с 1958 по 2010 гг. ежегодно уменьшалась в среднем на 22,8 тыс. га, по сравнению с начальным уровнем. Среднегодовое сокращение сельскохозяйственных земель в 1965–2010 гг. составило 25,4 тыс. га. Уменьшение проходило в основном за счет Витебской, Гомельской и Могилевской областей⁸.

Проведенные экспериментальные исследования на тестовой приграничной территории (Бобруйского района) по апробированию предложенных методик на базе многозональных космических снимков спутника Landsat показали, что изменения контуров видов земель, к которым привязываются границы, происходят быстрее, чем за 50 лет.

Автором сделан вывод о необходимости уточнения границ, проходящих по контурам сельскохозяйственных земель, массивов леса и руслам рек, каждые 20–25 лет. Также, исходя из тенденции трансформации сельскохозяйственных земель, можно сделать вывод о нецелесообразности привязки нормализуемой границы к контурам сельскохозяйственных и лесных земель.

Достоверность получаемых результатов может быть увеличена при:

- 1) проведении оценки точности классификации растровых изображений;
- 2) повышении пространственного разрешения исходных данных дистанционного зондирования (использовании ортофотопланов для расчета изменений в площадях);
- 3) повышении спектрального разрешения данных;
- 4) применении различных способов фильтрации;
- 5) применении разностных изображений (позволяющих делать вычитание результатов классификации разновременных растров).

⁷ URL: <https://gismap.by/next/?opendata>.

⁸Национальный доклад о состоянии, использовании охране земельных ресурсов Республики Беларусь / Гос. комитет по имуществу Республики Беларусь ; под ред. Г.И. Кузнецова. – Минск : РУП «БелНИЦзем», 2011. – 184 с.

Это, в свою очередь, может позволить проводить мониторинг земель приграничных территорий с достаточно высокой детальностью изменений и фиксировать изменения с целью последующей нормализации границ АТЕ и ТЕ в рабочем порядке.

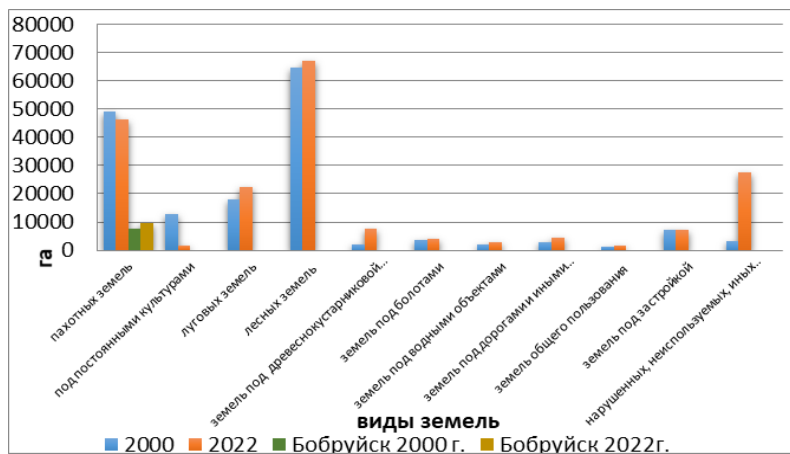


Рисунок 5. – Динамика трансформации видов земель Бобруйского района (и г. Бобруйска) в интервале 2000–2022 гг. (составлено по статистическим данным⁹)

Закключение. Поскольку работы по нормализации и установлению границ будут актуальны в будущем, авторами предложено минимизировать затраты времени и средств путем добавления в практику РУП «Белгипрозем» периодического отслеживания изменений приграничных к АТЕ и ТЕ территорий путем внесения изменений по границам в отдельный слой в процессе регулярного мониторинга состояния земельных ресурсов по данным ДЗЗ.

В связи с этим авторами предложена концепция функционирования мониторинга состояния земельных ресурсов с целью выявления изменений фактического состояния приграничных земельных участков с помощью ЗИС района и ДЗЗ.

Предлагаемый алгоритм мониторинга земель приграничных территорий, в отличие от ранее реализованных подходов к нормализации и установлению границ АТЕ и ТЕ, позволяет, используя автоматизированную обработку в специализированном программном обеспечении, выявлять трансформации земель, а также элементов территориального планирования, оценивать их количественные характеристики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макарова, М. Геоинформационное обеспечение нормализации и установления границ районов Республики Беларусь / М. Макарова, А. Помелов // Земля Беларуси. – 2016. – № 3. – С. 35–39.
2. Грищенко, В. Об установлении границ административных районов / В. Грищенко // Земля Беларуси. – 2017. – № 4. – С. 2–4.
3. Пономарчук, А.И. Дистанционное зондирование в картографии: учеб. пособие / А.И. Пономарчук, Е.С. Черепанова, А.Н. Шихов. – Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2013. – 100 с.

REFERENCES

1. Makarova, M. & Pomelov, A. (2016). Geoinformational support of normalization and establishment of boundaries of districts of the Republic of Belarus. *Zemlya Belarusi*, (3), 35–39. (In Russ.).
2. Grishchenko, V. (2017). On the establishment of boundaries of administrative districts. *Zemlya Belarusi*, (4), 2–4. (In Russ.).
3. Ponomarchuk, A.I., Cherepanova, E.S. & Shikhov, A.N. (2013). *Distantionnoe zondirovanie v kartografii*. Perm: Perm. gos. nats. issled. un-t. (In Russ.).

Поступила 15.11.2022

MONITORING OF LAND TRANSFORMATION IN BORDER TERRITORIES USING MATERIALS OF REMOTE SENSING DATA

M. MAKAROVA, K. MARKOVICH, I. SHEVELEV
(Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk)

The article presents the results of the analysis of changes in territories that are bordering to the boundaries of administrative-territorial units. Conclusions are drawn about the need to timely take into account the ongoing changes in the elements of the natural and ecological framework, as well as types of land that are actively transforming under the influence of anthropogenic factors. The automation of land contour recognition in border areas by means of geographic information systems is proposed. A quantitative assessment of changes in the natural environment objects of border areas is proposed, on the basis of which conclusions are drawn about the need to reduce the interval for adjusting the spatial position of the boundaries of administrative-territorial units.

Keywords: administrative-territorial units, establishment of boundaries, normalization of boundaries, monitoring, land management, land information systems, remote sensing data.

⁹ URL: http://gki.gov.by/ru/activity_branches-land-reestr/.