

DOI: 10.12737/article\_59a93b09eba2c5.20601895

Лозовой Н.М., канд. техн. наук, доц.,  
Лозовая С.Ю., д-р техн. наук, проф.,  
Мартынова Н.С., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РЕЛЬЕФА И ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ИНФРАСТРУКТУРЫ АНТРОПОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НА ПРИМЕРЕ БГТУ ИМ. В.Г. ШУХОВА

nataychik9@gmail.com

В данной статье рассмотрена актуальность проблемы проведения своевременного мониторинга состояния рельефа и инфраструктуры антропогенных объектов. Произведены анализ материалов по исследуемой территории БГТУ им. В.Г. Шухова – результаты тахеометрической съемки территории университета и аэрофотоснимки с геоданными формата KML, загруженные из бесплатных источников - и дальнейшая привязка результатов тахеометрической съемки к растровым изображениям по реальным географическим координатам местности. Осуществлены анализ на предмет совпадения границ объектов, полученных с помощью тахеометрической съемки, с границами объектов на аэрофотоснимках, и оценка их точности. Выделены динамичные антропогенные объекты и прослежены стадии их развития. Выяснено, что точность определения границ антропогенных объектов по аэрофотоснимкам на начальном этапе изысканий позволяет использовать аэрофотоснимки для первичного мониторинга и выявления областей изучаемой территории, которые требуют более точного и тщательного контроля и продолжительного наблюдения из-за происходящих динамических процессов. Сделаны выводы о необходимости применения дистанционного метода оценки состояния рельефа для решения прикладных задач строительства.

**Ключевые слова:** состояние рельефа, антропогенные объекты, оценка точности, границы объектов, аэрофотоснимки, мониторинг земной поверхности.

**Введение.** В современных условиях технического прогресса хозяйственная деятельность человеческого общества активно изменяет ход и направленность развития многих природных процессов и явлений. Антропогенные изменения природной среды часто искусственно вызывают резкое усиление или ослабление естественных процессов и явлений [1, 2].

Белгородская область – один из наиболее экономически развитых регионов России. Природные особенности области и текущие темпы развития региона обуславливают необходимость производства своевременного мониторинга состояния рельефа. Сельскохозяйственная деятельность, строительство и добыча полезных ископаемых непрерывно изменяют рельеф нашей области. Однако производство съемки рельефа всей территории на постоянной основе нерентабельно [3, 4].

### Оценка состояния рельефа и точности определения границ антропогенных объектов

Для оценки состояния рельефа и точности определения границ антропогенных объектов на первом этапе необходимо провести анализ материалов по исследуемой территории Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. Для этого были ис-

пользованы аэрофотоснимки местности за период с 2004 года по 2017 год и результаты тахеометрической съемки за 2011 год [5, 6].

Аэрофотоснимки за 2004, 2010, 2011, 2014, 2015 и 2017 годы были получены с помощью бесплатных приложений Google Earth и SASplanet совместно с файлами формата KML. KML – формат файлов, несущий в себе географическую информацию, в том числе пространственные метки, которые можно использовать для привязки различных графических данных [7]. Снимки были выполнены в одинаковом масштабе 1:500, что упрощает работы по выявлению объектов рельефа местности и оценке точности полученных результатов, а разноплановые источники графической информации о рельефе исследуемой местности, повышают достоверность и точность полученных результатов [8]. Тахеометрическая съемка производилась в масштабе 1:1000 с высотой сечения 1 м. Ее результаты представлены в формате DWG.

С помощью инструментов ArcGIS была произведена трансформация растровых изображений. Трансформирование – это преобразование наклонного снимка в горизонтальную плоскость [9, 10]. После этого была осуществлена привязка тахеометрической съемки к аэрофотоснимкам по

реальным географическим координатам местности, что позволили сделать пространственные геометки формата KML [11].

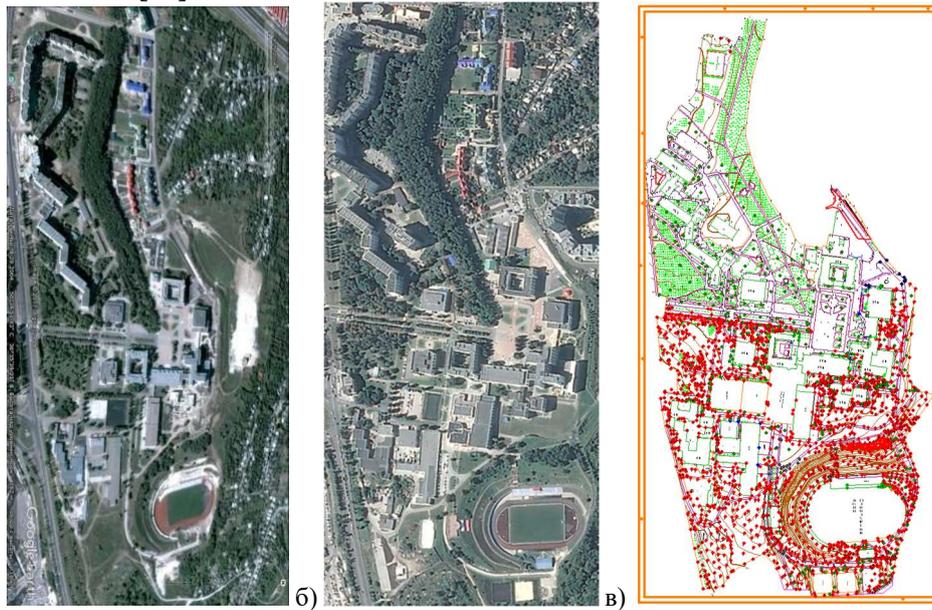


Рис. 1. Исходные материалы:

а – аэрофотоснимок за 2004 год; б – аэрофотоснимок за 2017 год; в – тахеометрическая съемка

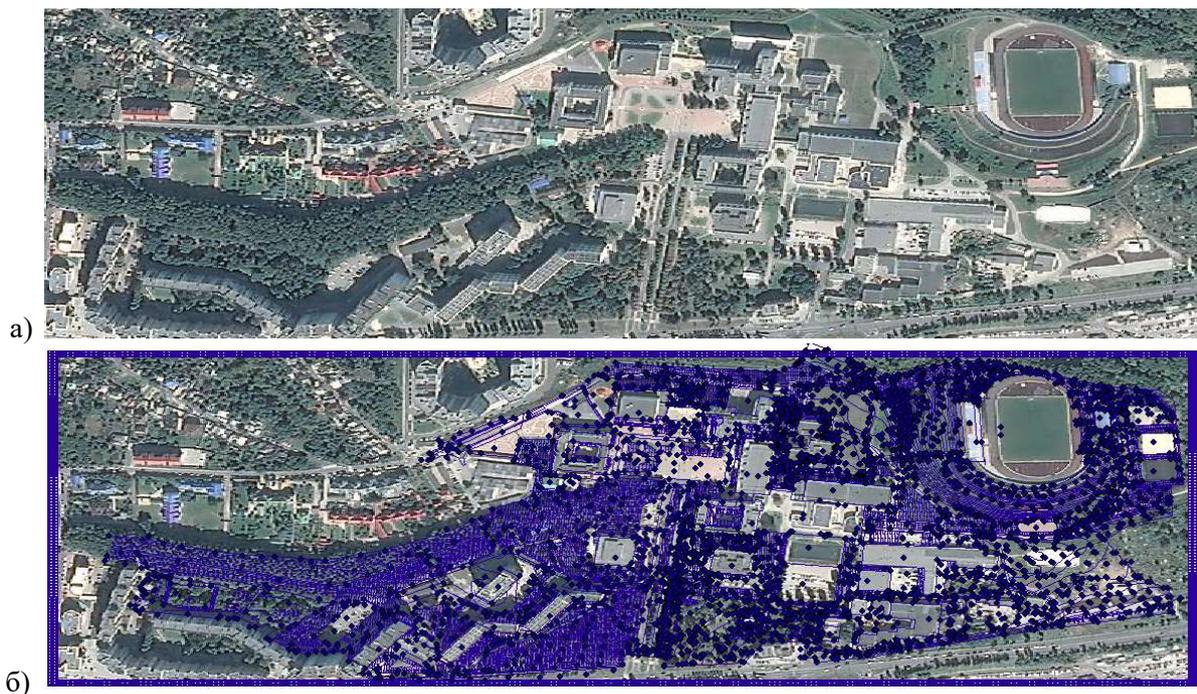


Рис. 2. Аэрофотоснимок изучаемой местности  
а – до привязки; б – после привязки

Далее был проведен анализ на предмет совпадения границ объектов, полученных с помощью тахеометрической съемки, с границами объектов на аэрофотоснимках [12]. В 80 % случаев границы исследуемых объектов на аэрофотоснимках и тахеометрической съемки совпадают (рис. 2 а, б), в остальных случаях имеются незначительные расхождения (рис. 2 в).

Согласно Инструкции по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов после привязки необходимо осуществить проверку её точности [13]. Средние ошибки на опорных точках после внешнего ориентирования продемонстрированы в таблице.

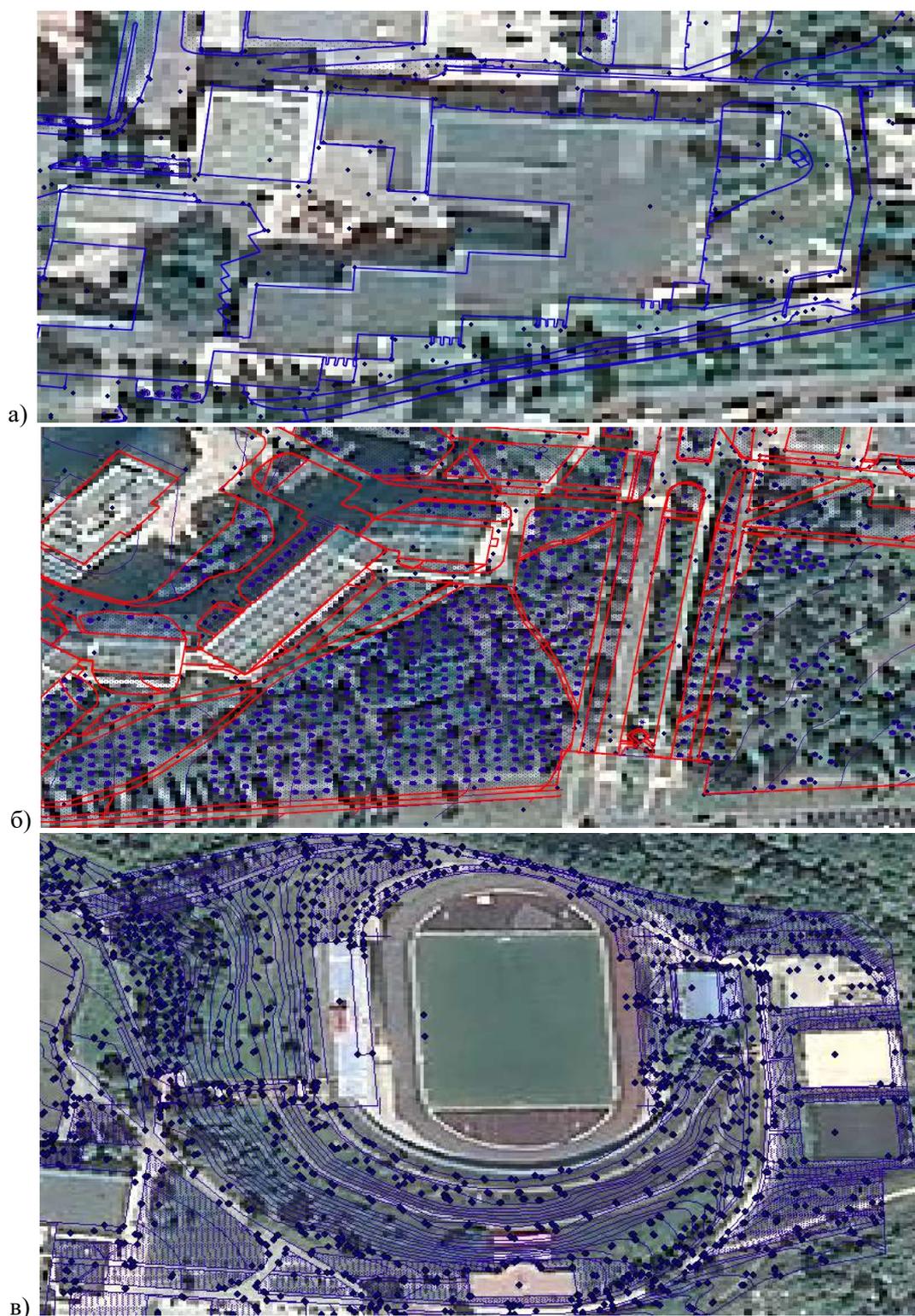


Рис. 3. Анализ совпадения границ антропогенных объектов

Таблица

Допуски на средние ошибки привязки на опорных точках

Масштаб	$h_{сеч}$	Допуск, м
1:500	0,5	0,5
1:1 000	1	1
1:2 000	1	1,5
1:10 000	2,5	2
1:25 000	5	5

С помощью инструментов и приложений ArcGIS были проведены измерения и расчеты, которые позволили вычислить точность определения границ антропогенных объектов по аэрофотоснимкам. Наибольшая ошибка привязки составила 0,96 м, что удовлетворяет допуску,

предусмотренному Инструкцией [13]. Таким образом, точность определения границ соответствует установленным допускам, что делает полученные данные применимыми для дальнейших исследований рельефа [14].

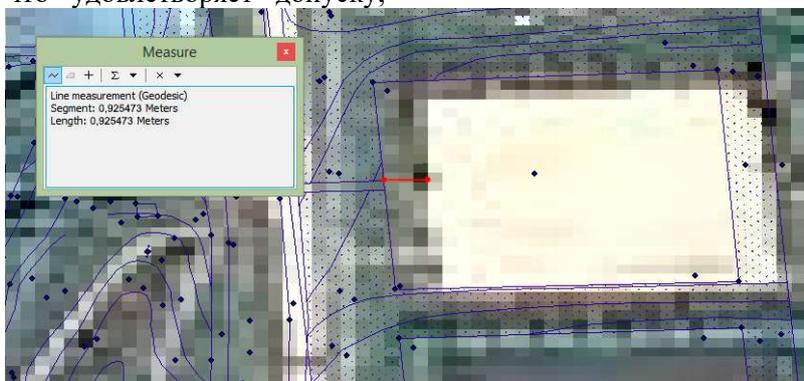


Рис. 4. Измерение погрешностей привязки

По косвенным дешифровочным признакам были определены наиболее динамичные объекты и стадии их развития. Такими объектами оказались учебный корпус, общежитие, бассейны и

обустройство территории, прилежащей к стадиону университета [15]. На рисунке 5. наглядно продемонстрирована динамика данных антропогенных объектов, а именно этапы строительства данных сооружений.

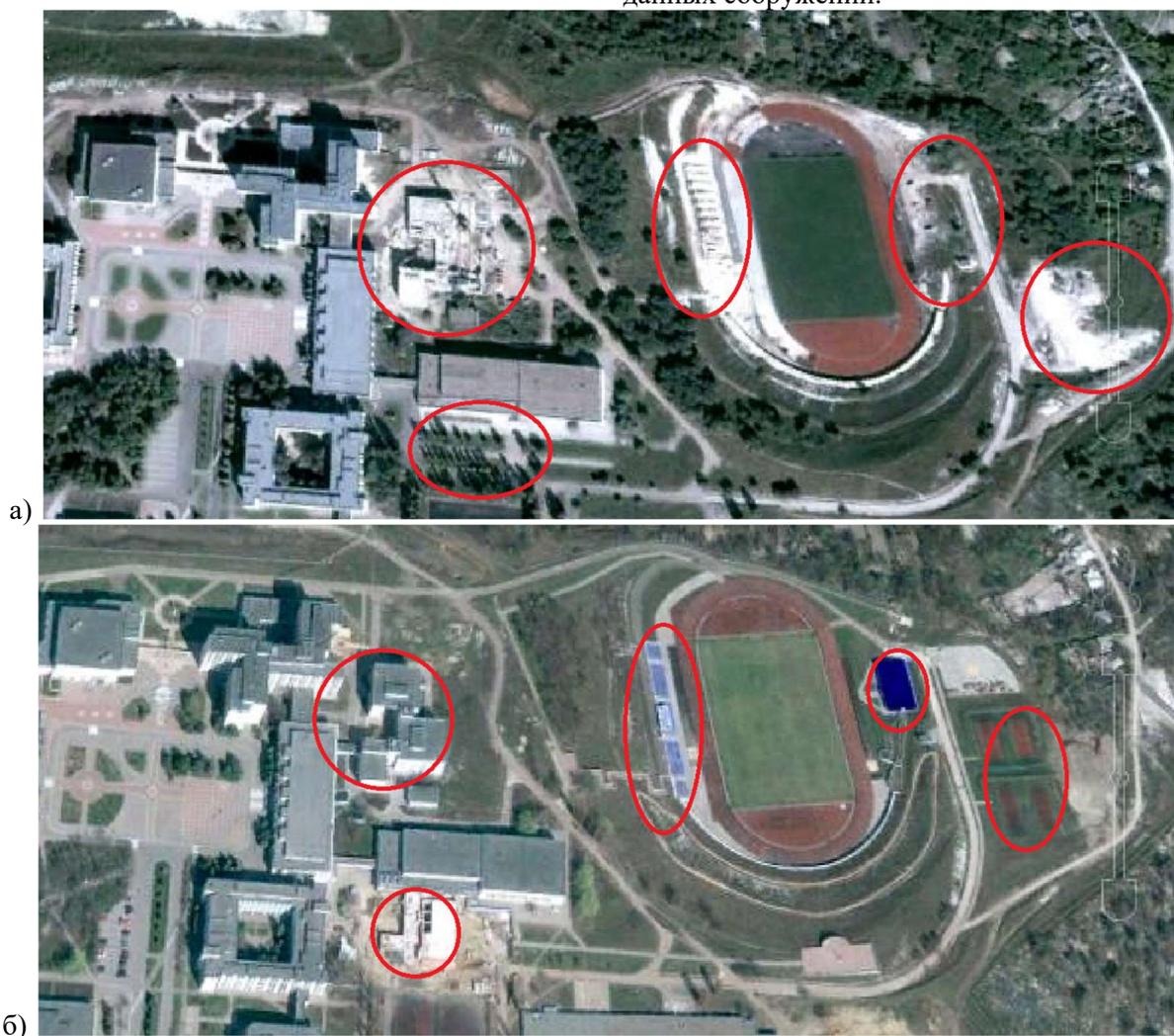


Рис. 5. Аэрофотоснимки изучаемой местности (начало)  
а – за 2004 год; б – за 2010 год.

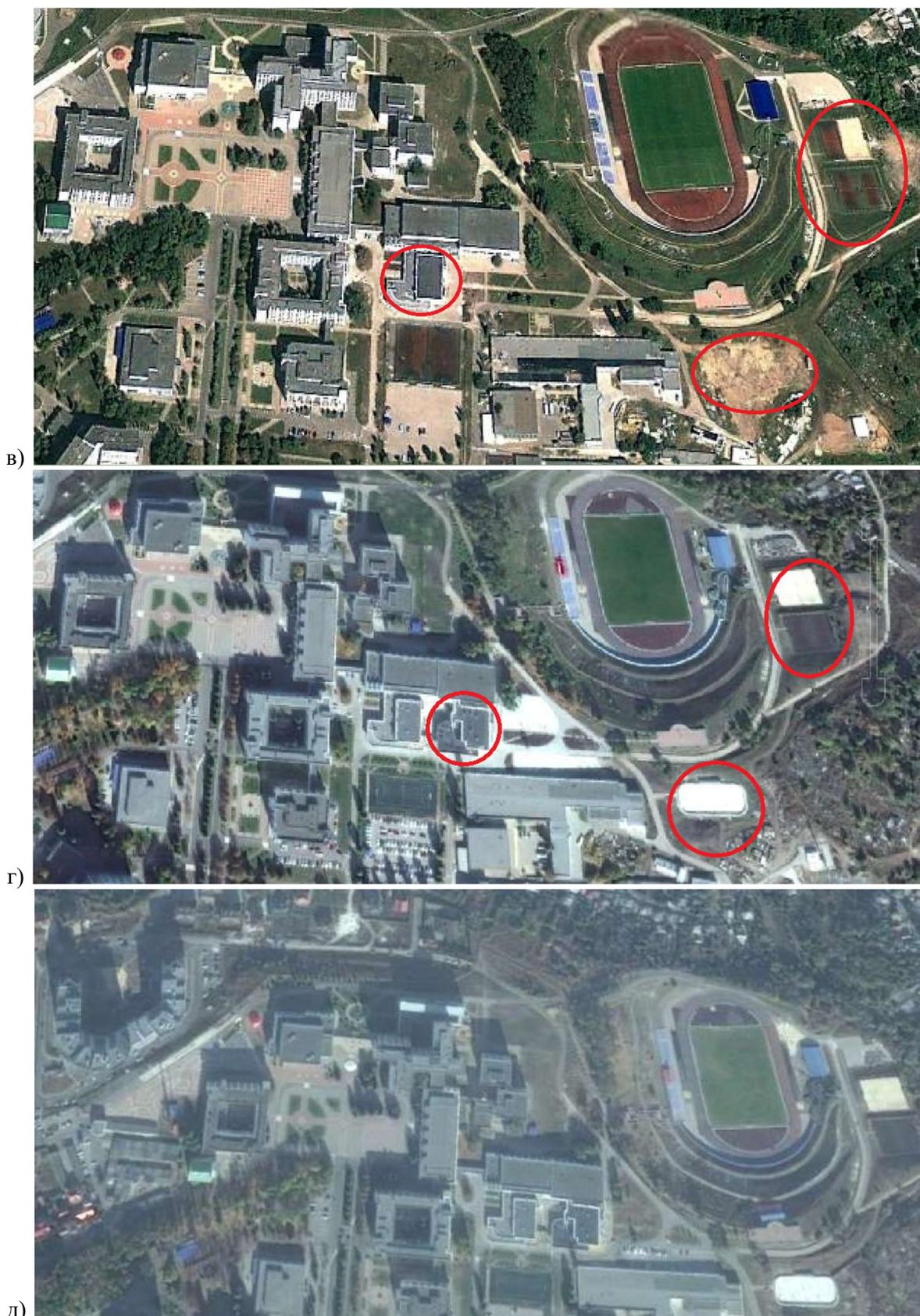


Рис. 5. Аэрофотоснимки изучаемой местности (окончание)  
 в – за 2011 год; г – за 2014 год; д – за 2015 год

При анализе совпадений границ объектов на снимках 2017 года с результатами тахеометриче-

ской съемки 2011 года было выявлено, что наиболее точное соответствие границ наблюдается на равнинной территории, тогда как наибольшие

расхождения границ соответствуют территории, расположенной на склоне или в непосредственной близости к нему и берегам реки Северский Донец. Эти несоответствия могут быть обусловлены как погрешностями фотоснимка, так и динамическими процессами, происходящими на

данных участках местности. Это может послужить обоснованием для проведения более тщательного мониторинга рельефа и наблюдений за деформациями зданий и сооружений.

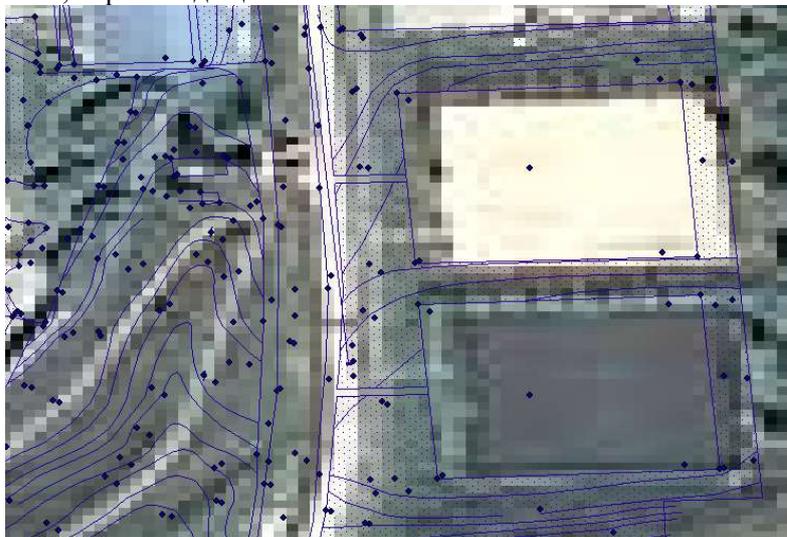


Рис. 6. Участок возможных динамических процессов

**Выводы.** Таким образом, было выяснено, что точность определения границ антропогенных объектов по аэрофотоснимкам на начальном этапе изысканий позволяет использовать аэрофотоснимки для первичного мониторинга и выявления областей изучаемой территории, которые требуют более точного и тщательного контроля и продолжительного наблюдения из-за происходящих динамических процессов, и участков, динамические процессы на которых развиты слабо или не развиты вовсе. Такой подход существенно сокращает продолжительность мониторинга, а также физические и материальные затраты по его проведению. Также по результатам оценки и анализа рельефа были выявлены несколько динамических объектов среды и прослежены этапы их развития.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Петин А. Н., Новых Л. Л., Петина В. И., Глазунов Е. Г. Экология Белгородской области. Учебное пособие для учащихся 8-11х классов. М.: МГУ, 2002. 288 с.
2. Маккавеев Н.Н. Сток и русловые процессы. М.: МГУ, 1971. 241с.
3. Шаповалов В.А., Полухин О.Н., Петин А.Н. Белгородоведение: учебник для общеобразовательных учреждений. Белгород: БелГУ, 2002. 410 с.
4. Анисимов В.А., Макарова С.В. Инженерная геодезия. Хабаровск: ДВГУПС, 2009. 150 с.

5. Мартынова Н.С., Лозовая С.Ю. Свойства языков Арнольда в описании природных процессов/ Сборник докладов VIII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4 т. Т. 3. // Старый Оскол: ООО «Ассистент плюс», 2015. С. 194-196

6. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. Киев (Украина): Национальный авиационный университет, 2008. 245 с.

7. Конин В.В. Спутниковые системы и технологии. М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2005. 334 с.

8. Краснопевцев Б.В. Фотограмметрия. М.: УПП "Репрография" МИИГАиК, 2008. 212 с.

9. Quick start guide ArcMap [Электронный ресурс]. URL: <http://desktop.arcgis.com/arcmap/latest/get-started/setup/arcgis-desktop-quick-start-guide>

10. Scott Crosier, Bob Booth, Katy Dalton, Andy Mitchell, Kristin Clark. ArcGIS 9. ESRI, 2004. 368 с.

11. Учебное пособие по курсу «Топографическое дешифрирование. Дешифрирование объектов земельного и городского кадастра». М.: МГУГиК, 2009. 120 с.

12. Учебное пособие по курсу «Дешифрирование снимков». Изучение динамики природных процессов и объектов по аэро- и космическим снимкам. М.: МГУГиК, 2006. 77 с.

13. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. М.: ЦНИИГАиК, 2002. 100 с.

14. Дроздов С.Л., Сладкопепцев С.А. Дистанционные методы оценки природных ресурсов (рельеф и почвы): учебное пособие. М.: МИИГАиК, 2015. 150 с.

15. Методические указания по ведению наблюдений за состоянием дна, берегов, состоянием и режимом использования водоохраных зон и изменениями морфометрических особенностей водных объектов или их частей. М., 2012. 100 с.

---

**Lozovoy N.M., Lozovaya S.Yu., Martynova N.S.**

**ESTIMATION OF THE STATE OF THE RELIEF AND THE ACCURACY OF DETERMINING THE BOUNDARIES OF ANTHROPOGENIC OBJECTS**

*This article describes the urgency of the problem of timely monitoring of the earth's surface. The analysis of materials on the investigated territory of BSTU named after V.G. Shukhova - results of tacheometric survey of the university territory and aerial photos with geolocation data of KML format, downloaded from free sources - and further binding of results of tacheometric survey to bitmaps on real geographical coordinates of the area. An analysis was carried out for the coincidence of the boundaries of objects obtained with the help of tacheometric survey with the boundaries of objects on aerial photographs, and an assessment of their accuracy. Dynamic anthropogenic objects are singled out and the stages of their development are traced. It was found out that the accuracy of determining the boundaries of anthropogenic objects from aerial photographs at the initial stage of the survey makes it possible to use aerial photographs for primary monitoring and identification of areas of the study area that require more accurate and careful monitoring and continuous monitoring due to dynamic processes. Conclusions are drawn on the need to apply a remote method of assessing the state of the relief for solving the applied problems of construction.*

**Keywords:** *state of the relief, anthropogenic objects, estimation of accuracy, boundaries of objects, aerial photographs, monitoring of the earth's surface.*

---

**Лозовой Николай Михайлович**, кандидат технических наук, доцент кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: lozwa88@mail.ru

**Лозовая Светлана Юрьевна**, доктор технических наук, профессор кафедры городского кадастра и инженерных изысканий.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Мартынова Наталья Сергеевна**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: nataychik9@gmail.com