

УДК: 528.8:374.1

DOI: 10.35595/2414-9179-2025-3-31-446-459

Т. И. Енбаева<sup>1</sup>, П. Л. Павлова<sup>2</sup>, О. В. Кутузова<sup>3</sup>, А. А. Васильев<sup>4</sup>, Д. А. Игнатенко<sup>5</sup>,  
Е. А. Паниди<sup>6</sup>

## ОСНОВЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКИ В ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

### АННОТАЦИЯ

В последние годы актуальной задачей развития образования как в целом, так и в отдельных областях, в частности в таких направлениях, как география, картография, геоинформатика, дистанционное зондирование, беспилотные технологии, стала разработка методик и приемов обучения проектной деятельности. В настоящей статье рассматриваются и обсуждаются результаты образовательной и экспериментальной работы авторов в рамках организации и проведения проектной работы с учащимися средней школы (8, 9 и 10 классы) при проведении Научно-технологической проектной образовательной программы «Большие вызовы» по направлению «Экология и изучение изменений климата» в образовательном центре «Сириус» в июле 2024 г. Темой проекта было заявлено «Создание каталога эталонов дешифрирования спутниковых снимков для экологических исследований». При выполнении проекта использованы свободно распространяемые программные средства и библиотеки: QGIS, SAGA GIS, Orfeo ToolBox, GDAL и др., а также публично доступные онлайн-платформы, GitHub и Zenodo и данные спутниковой съемки Метеор, Landsat-8–9, Sentinel-2. Создан и опубликован онлайн в форме веб-сайта прототип каталога эталонов дешифрирования спутниковых снимков. Каталог включил образцы визуального дешифрирования ряда объектов и ситуаций, значимых с точки зрения экологических исследований, а также образцы наборов данных для автоматизированного распознавания данных объектов и ситуаций на спутниковых снимках. В состав каталога вошли образцы для визуального дешифрирования (фрагменты снимков с пояснениями), образцы для автоматизированного дешифрирования (спектральные сигнатуры) и образцы для автоматизированного дешифрирования с применением методов машинного обучения (тайлы с размеченными на них объектами).

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** данные дистанционного зондирования, пространственные данные, образовательная деятельность, проектная деятельность

---

<sup>1</sup> Независимый исследователь, Курганская область, Россия

<sup>2</sup> Независимый исследователь, Московская область, Россия

<sup>3</sup> Независимый исследователь, Свердловская область, Россия

<sup>4</sup> Независимый исследователь, Республика Саха Якутия, Россия

<sup>5</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, кафедра картографии и геоинформатики, Санкт-Петербург, Россия, 199034

<sup>6</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, кафедра картографии и геоинформатики, Санкт-Петербург, Россия, 199034, e-mail: [panidi@ya.ru](mailto:panidi@ya.ru), [e.panidi@spbu.ru](mailto:e.panidi@spbu.ru)

**Tatiana I. Enbaeva<sup>1</sup>, Polina L. Pavlova<sup>2</sup>, Olga V. Kutuzova<sup>3</sup>, Aisen A. Vasiliev<sup>4</sup>, Daria A. Ignatenko<sup>5</sup>, Evgeny A. Panidi<sup>6</sup>**

## **BASICS OF REMOTE SENSING AND GEOINFORMATICS IN A CONTEXT OF PROJECT-BASED LEARNING OF SECONDARY SCHOOL STUDENTS**

### **ABSTRACT**

The development of methods and techniques for project-based teaching has become an urgent task for the development of education in recent decades, both in general and in narrow domains, in particular, in such areas as geography, cartography, geoinformatics, remote sensing, and unmanned technologies. The paper discovers and discusses some results of the educational and experimental work elaborated by the authors in the framework of organizing and conducting project-based research with secondary school students (grades 8, 9 and 10) during the “Big Challenges” Scientific and Technological project-based educational program (Ecology and Climate Change Studies section) at the Sirius Educational Center in July 2024. The project title was “Development of a samples catalog for satellite imagery interpretation for environmental studies”. Freely distributed software and libraries (QGIS, SAGA GIS, Orfeo ToolBox, GDAL, etc.), publicly available online platforms (GitHub and Zenodo), publicly available satellite imagery data (Meteor, Landsat-8–9, Sentinel-2) were used. A catalog prototype for the satellite imagery interpretation has been created and published online in the form of a website. The catalog incorporated the samples for visual interpretation of a number of objects and situations significant in the meaning of environmental studies and the samples of datasets for automated detection of these objects and situations in satellite images. The catalog contains samples for visual interpretation (fragments of images with textual explanations), samples for automated interpretation (spectral signatures), and samples for automated interpretation by machine learning methods (tiles with markup of the objects of interest).

**KEYWORDS:** remote sensing data, geospatial data, education, project activities

### **ВВЕДЕНИЕ**

В последние годы актуальной задачей развития образования как в целом, так и в отдельных областях, в частности в таких направлениях, как география, картография, геоинформатика, дистанционное зондирование, беспилотные технологии стала разработка методик и приемов обучения проектной деятельности. Данная задача актуальна как при подготовке обучающихся в высших учебных заведениях [Сидорина и др., 2017; Ахметжанова и др., 2019; Сидорина и др., 2019], так и для обеспечения углубленной профориентации и предметной подготовки школьников [Зотова, 2018; Милинский, Саприна, 2023; Шамхалова и др., 2023], а также студентов средних специальных учебных заведений [Казакова и др., 2022].

На всех уровнях образования вовлечение обучающихся в проектную работу обеспечивает решение сразу нескольких проблем — от развития мягких навыков до обучения комплексированию знаний, критически необходимому в условиях все более углубляю-

<sup>1</sup> Independent researcher, Kurgan Region, Russia

<sup>2</sup> Independent researcher, Moscow Region, Russia

<sup>3</sup> Independent researcher, Sverdlovsk Region, Russia

<sup>4</sup> Independent researcher, Republic of Sakha Yakutia, Russia

<sup>5</sup> Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, Department of Cartography and Geoinformatics, 33, 10th line of Vasil’evsky island, St. Petersburg, 199178, Russia

<sup>6</sup> Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, Department of Cartography and Geoinformatics, 33, 10th line of Vasil’evsky island, St. Petersburg, 199178, Russia, e-mail: [panidi@ya.ru](mailto:panidi@ya.ru), [e.panidi@spbu.ru](mailto:e.panidi@spbu.ru)

щейся обособленности знаний отдельных научных и технических дисциплин и параллельного появления и развития новых мультидисциплинарных направлений исследования, а также востребованности кросс-дисциплинарных и конвергентных разработок во многих отраслях на производстве. При обучении в средней школе на сегодняшний день проектная деятельность закреплена в федеральном государственном образовательном стандарте (ФГОС) как обязательная [Шамхалова и др., 2023]. Отдельно необходимо упомянуть, что с внедрением проектной деятельности в школьное образование связан ряд инициатив федерального уровня, в частности развитие сети детских технопарков «Кванториум»<sup>1</sup>, сетей центров образования «Точка роста»<sup>2</sup> и центров цифрового образования «IT-КУБ»<sup>3</sup>, а также сеть региональных центров выявления, поддержки и развития способностей и талантов у детей и молодежи<sup>4</sup> (работающих по модели образовательного центра «Сириус») и собственно образовательный центр «Сириус»<sup>5</sup>, расположенный на одноименной федеральной территории.

В настоящей статье рассматриваются и обсуждаются результаты образовательной и экспериментальной работы авторов<sup>6</sup> в рамках организации и проведения проектной работы с обучающимися средней школы (8, 9 и 10 классы) при проведении Научно-технологической проектной образовательной программы «Большие вызовы» в образовательном центре «Сириус» в июле 2024 г. Темой проекта было заявлено «Создание каталога эталонов дешифрирования спутниковых снимков для экологических исследований». Изложенный в статье материал обобщает методический опыт авторов по организации работы над школьным учебно-исследовательским проектом.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проектная образовательная программа «Большие вызовы» проводится в образовательном центре «Сириус» ежегодно в июле в течение трех недель. В выполнении проектов принимают участие отбираемые на конкурсной основе обучающиеся. Конкурсный отбор совмещен с проведением конкурса научно-технологических проектов школьников с одноименным названием «Большие вызовы»<sup>7</sup>, проводимым центром ежегодно, в зимне-весенний период для учащихся 7–11 классов средней школы и студентов 1–2 курсов средних специальных учебных заведений. На образовательную программу отбираются учащиеся 7–10 классов, занявшие призовые места в конкурсе проектов. Конкурс проводится в рамках 14 комплексных направлений, включая «Космические технологии», «Освоение Арктики и Мирового океана», «Экология и изучение изменений климата» и др.,

<sup>1</sup> Федеральное государственное автономное учреждение «Центр просветительских инициатив Министерства просвещения Российской Федерации». Электронный ресурс: <https://mpcenter.ru/national-project/informacionnoe-soprovozhdenie/quantorium/> (дата обращения 25.04.2025)

<sup>2</sup> Федеральное государственное автономное учреждение «Центр просветительских инициатив Министерства просвещения Российской Федерации». Электронный ресурс: <https://mpcenter.ru/national-project/informacionnoe-soprovozhdenie/tochka-rosta/> (дата обращения 25.04.2025)

<sup>3</sup> Федеральное государственное автономное учреждение «Центр просветительских инициатив Министерства просвещения Российской Федерации». Электронный ресурс: <https://mpcenter.ru/national-project/informacionnoe-soprovozhdenie/it-kub/> (дата обращения 25.04.2025)

<sup>4</sup> Образовательный центр «Сириус». Электронный ресурс: <https://sochisirius.ru/regions-centers> (дата обращения 25.04.2025)

<sup>5</sup> Образовательный центр «Сириус». Электронный ресурс: <https://sochisirius.ru/> (дата обращения 25.04.2025)

<sup>6</sup> Научно-технологическая проектная образовательная программа «Большие вызовы». Электронный ресурс: [https://bigchallenges.ru/projects2024/eco\\_3](https://bigchallenges.ru/projects2024/eco_3) (дата обращения 25.04.2025)

<sup>7</sup> Конкурс научно-технологических проектов «Большие вызовы». Электронный ресурс: <https://konkurs.sochisirius.ru/> (дата обращения 25.04.2025)

которые формируются в соответствии с содержанием и направлениями Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации<sup>1</sup>.

Вместе с тем, с содержательной точки зрения образовательная программа отделена от конкурса. Участники распределяются на проектные команды по 4–6 человек и ведут работу уже не над собственными проектами, а над проектами, предложенными ведущими производственными организациями и университетами России. Этим достигается возможность форсированного проектного обучения, т. к. обучающиеся получают возможность поработать под руководством (менторством) практикующих специалистов в предметных областях, соответствующих тематике образовательной программы. Отбор тем проектов также выполняется на конкурсной основе. В весенний период организации (представители организаций) подают для рассмотрения развернутые описания проектов, предлагаемых ими для выполнения в рамках образовательной программы, проводимой в текущем году.

Проектная работа, рассматриваемая в настоящей статье, выполнялась в рамках направления «Экология и изучение изменений климата». Тема проекта «Создание каталога эталонов дешифрирования спутниковых снимков для экологических исследований» соответствует по крайней мере еще одному направлению программы — «Космические технологии», что довольно типично с учетом специфики формирования перечня направлений конкурса и программы «Большие вызовы». Целью проекта явилось создание прототипа информационного ресурса со структурированными данными, отражающими различные типы экологических задач. Каталог включил образцы визуального дешифрирования ряда объектов и ситуаций, значимых с точки зрения экологических исследований, а также образцы наборов данных для автоматизированного распознавания данных объектов и ситуаций на спутниковых снимках. С учетом того, что исполнители проекта, обучаясь в 8, 9 и 10 классах ранее не имели не только опыта работы с данными дистанционного зондирования, но и какой-либо теоретической подготовки в данной области, создание каталога изначально рассматривалось как прототипирование.

Значимой проблемой явились науко- и ресурсоемкость дистанционного зондирования как предметной области, предполагающие, в общем случае, наличие специальных знаний и опыта, использование достаточно производительного компьютерного оборудования, специализированного программного обеспечения, а в ряде случаев и специализированных технических средств. Предусмотреть наличие подобных знаний и доступность ресурсов при выполнении школьных проектов чаще всего затруднительно. Решение данной проблемы в рамках проекта выполнено путем смещения проектной работы из области собственно дистанционного зондирования (путем исключения использования профессионального дорогостоящего программного обеспечения и соответствующей техники) в кросс-дисциплинарную область, находящуюся на пересечении дистанционного зондирования, геоинформатики и информационных технологий. Такое решение дало возможность использовать свободно распространяемые программные средства и иные информационные ресурсы общего назначения, достаточно широко доступные и применимые в области геоинформатики и работы с пространственными данными.

В случае исследований в области наук о Земле использование геоинформационных методов и средств для решения экологических, гидрологических, геологических и иных задач позволяет погрузиться в конкретную научную область в упрощенной форме, не требуя, к примеру, наличия доступа к лабораториям, организации полевых исследований и последующего анализа полученных образцов и т. д. При обработке же материалов дистанционного зондирования геоинформационные программные средства позволяют

---

<sup>1</sup> Указ Президента Российской Федерации от 28.02.2024 г. № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации». Электронный ресурс: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50358> (дата обращения 25.04.2025)

выполнять решение значительной части прикладных задач, связанных с обработкой и анализом данных, без применения специализированных систем и средств (в т. ч. программных), применяемых в промышленности. В качестве инструмента для обработки и отображения различного рода географических данных, в частности спутниковых снимков, содержащих как пространственную, так и семантическую информацию, возможно применение свободно распространяемых геоинформационных систем (QGIS<sup>1</sup>, GRASS GIS<sup>2</sup>, SAGA GIS<sup>3</sup> и др.) и/или программных библиотек для работы с геопространственными данными (GDAL<sup>4</sup>, Rasterio<sup>5</sup>, Shapely<sup>6</sup>, Geopandas<sup>7</sup>), а также облачной платформы Google Earth Engine<sup>8</sup> [Gorelick, 2017]. Перечисленные программные средства и были применены при исполнении проекта. Кроме того, для первого знакомства со структурой и содержанием цифровых материалов спутниковых съемок применен программный продукт Orfeo ToolBox<sup>9</sup>, предназначенный для обработки спутниковых снимков и характеризующийся минималистичностью графического интерфейса, что позволяет обеспечить достаточно мягкое вовлечение в работу неподготовленных пользователей. При исполнении проекта использована Orfeo ToolBox версии 8.1.2, являющаяся последней доступной версией с самостоятельным графическим пользовательским интерфейсом (в более поздних версиях программный продукт интегрируется с настольной геоинформационной системой QGIS и предполагает использование ее графического интерфейса взамен собственного, что может существенно усложнить работу на начальных этапах обучения).

По аналогии с привлечением свободно распространяемого программного обеспечения, при выполнении проекта были использованы свободно доступные данные спутниковой съемки космических агентств России, США и ЕС, со спутников серий Метеор<sup>10,11</sup>, Landsat<sup>12</sup> и Sentinel<sup>13</sup>.

Для публикации результатов проекта использованы публичные репозитории GitHub<sup>14</sup> и Zenodo<sup>15</sup>, что позволило познакомить обучающихся с методологией и преимуществами онлайн-публикации результатов научных исследований, а также с инструментами для такой публикации.

- 
- <sup>1</sup> Программное обеспечение QGIS. Электронный ресурс: <https://qgis.org/> (дата обращения 25.04.2025)
  - <sup>2</sup> Программное обеспечение GRASS GIS. Электронный ресурс: <https://grass.osgeo.org/> (дата обращения 25.04.2025)
  - <sup>3</sup> Программное обеспечение SAGA GIS. Электронный ресурс: <https://saga-gis.sourceforge.io/en/index.html> (дата обращения 25.04.2025)
  - <sup>4</sup> Программная библиотека GDAL. Электронный ресурс: <https://gdal.org/> (дата обращения 25.04.2025)
  - <sup>5</sup> Программная библиотека Rasterio. Электронный ресурс: <https://rasterio.readthedocs.io/> (дата обращения 25.04.2025)
  - <sup>6</sup> Программная библиотека Shapely. Электронный ресурс: <https://shapely.readthedocs.io/> (дата обращения 25.04.2025)
  - <sup>7</sup> Программная библиотека Geopandas. Электронный ресурс: <https://geopandas.org/> (дата обращения 25.04.2025)
  - <sup>8</sup> Платформа Google Earth Engine. Электронный ресурс: <https://earthengine.google.com/> (дата обращения 25.04.2025)
  - <sup>9</sup> Программное обеспечение Orfeo ToolBox. Электронный ресурс: <https://www.orfeo-toolbox.org/> (дата обращения 25.04.2025)
  - <sup>10</sup> Геопортал РОСКОСМОС'а. Электронный ресурс: <https://gptl.ru/> (дата обращения 25.04.2025)
  - <sup>11</sup> Банк базовых продуктов НЦ ОМЗ. Электронный ресурс: <https://bbp.ntsomz.ru/catalog/> (дата обращения 25.04.2025)
  - <sup>12</sup> Каталог снимков EarthExplorer. Электронный ресурс: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения 25.04.2025)
  - <sup>13</sup> Каталог снимков Copernicus Space Data Ecosystem. Электронный ресурс: <https://dataspace.copernicus.eu/browser/> (дата обращения 25.04.2025)
  - <sup>14</sup> Платформа GitHub. Электронный ресурс: <https://github.com/> (дата обращения 25.04.2025)
  - <sup>15</sup> Платформа Zenodo. Электронный ресурс: <https://zenodo.org/> (дата обращения 25.04.2025)

Важной организационной и педагогической проблемой стала необходимость сформулировать такую цель проекта, чтобы актуальность его выполнения была очевидна обучающимся независимо от сложности предлагаемой к решению проблемы. Это было необходимо также в связи с необходимостью обеспечения достаточного уровня мотивации (и его повышения), инициативности и вовлеченности обучающихся в процесс на всех этапах исполнения проекта. Актуальность для участников проекта была преподнесена в виде следующей рабочей гипотезы: для обеспечения точности и достоверности дешифрирования снимков в экологических исследованиях необходимо создание каталога эталонов дешифрирования, в котором будут размещаться образцы природных и антропогенных объектов с кратким описанием и дешифровочными признаками. Такой каталог позволит специалистам (в т. ч. неподготовленным) использовать выявленные особенности каждой группы объектов для идентификации аналогичных объектов на других спутниковых снимках. Образцы, собранные в каталоге, помогут опознавать внешне схожие объекты. Для иллюстрации последнего утверждения в предварительной презентации проекта для участников использованы фрагменты спутниковых снимков, отображающие глиняный карьер и свалку твердых бытовых отходов (рис. 1), значимых различий в отображении которых неподготовленный пользователь, как показала практика, не находит.



*Рис. 1. Рекультивируемый полигон твердых бытовых отходов — слева, и разработка месторождения глины — справа. Снимки доступны в Google Earth™*  
*Fig. 1. A recultivated landfill — on the left, and the clay opencast — on the right.*  
*The images are available on Google Earth™*

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В рамках проекта каталог эталонов дешифрирования был создан в форме веб-сайта. Такой подход обеспечил минимизацию затрат ресурсов (использованы свободно доступные средства веб-публикации), углубленное знакомство обучающихся с технической стороной веб-технологий и возможность «проведения» обучающихся через всю технологическую цепочку научного и высокотехнологичного производства: от сбора данных до представления результатов. В рамках работы над проектом выполнено создание каталога, включающего три категории данных:

- образцы для визуального дешифрирования (фрагменты снимков с пояснениями);
- образцы для автоматизированного дешифрирования (спектральные сигнатуры);

- образцы для автоматизированного дешифрирования с применением методов машинного обучения (тайлы с размеченными на них объектами).

При формировании каталога образцов обучающиеся последовательно решили следующие задачи:

- изучение, поиск и подбор задач и кейсов, связанных с использованием спутниковых данных в экологии;
- выбор репрезентативных объектов для создания эталонов дешифрирования;
- поиск и загрузка из открытых источников необходимых спутниковых снимков;
- атмосферная коррекция снимков и повышение пространственного разрешения;
- выделение границ интересующих объектов на обработанных снимках;
- определение средних значений пикселей для данного типа объектов по эталонам;
- построение спектральных сигнатур (формирование табличных файлов и визуализация графиков);
- создание обучающего набора данных, нарезка тайлов и разметка объектов;
- оформление эталонных изображений в форме иллюстраций для веб-сайта каталога.

Большинство процедур работы с данными обучающие выполнили самостоятельно после кратких целенаправленных разъяснений сути и содержания решаемых задач. Однако отдельные процедуры (например, нарезка тайлов с использованием программных библиотек для работы с изображениями и элементов программирования) были выполнены в формате мастер-класса силами преподавателей в связи с существенной ограниченностью времени исполнения проекта.

В результате обучающимися успешно освоен процесс получения из открытых источников и обработки спутниковых снимков (с использованием графического интерфейса, в геоинформационной системе QGIS или с помощью программного кода) для создания эталонов дешифрирования семи (самостоятельно выбранных) групп объектов и явлений, которые могут изучаться в рамках экологических исследований: хвостохранилищ (рис. 2), полигонов твердых бытовых отходов, горно-обогачительных комбинатов, тепловых электростанций, природных пожаров (рис. 2), эвтрофикации, вырубки леса.

Представленные на рис. 2 изображения являются примерами образцов (иллюстраций) для визуального дешифрирования спутниковых снимков, включенных в каталог. Для каждого типа объектов отбирались по несколько примеров (образцов) изображения таких объектов, в т. ч. изображения на снимках, полученных с использованием различных съемочных систем (Метеор, Landsat-8–9, Sentinel-2).

Помимо эталонов для визуального дешифрирования, подготовлены и включены в каталог спектральные сигнатуры для каждого типа объектов. Обучающимися вычислены средние значения спектральных яркостей, зафиксированных на снимках, в пределах изображений объектов и явлений в различных каналах снимка (табл. 1). Для формирования подобных наборов данных границы эталонных объектов были выделены с помощью создания векторной маски в QGIS, по которой проводилась процедура обрезки растровых изображений. Далее для полученных изображений на языке программирования Python с помощью библиотеки GDAL проводился расчет средних значений спектральной яркости в границах выделенного объекта для каждого из каналов. Полученные ряды значений визуализированы и представлены в каталоге в форме иллюстраций (графиков) (рис. 3) и в форме текстовых файлов в формате \*.csv. Такие данные (спектральные сигнатуры) могут быть использованы для автоматизированного сопоставления с изучаемыми объектами и явлениями с целью их последующей идентификации. Заметные различия на построенных графиках для отличающихся типов объектов и явлений, зафиксированных на снимках, позволили наглядно продемонстрировать обучающимся принципы, по которым в дальнейшем изображения могут быть классифицированы с выделением указанных типов объектов.



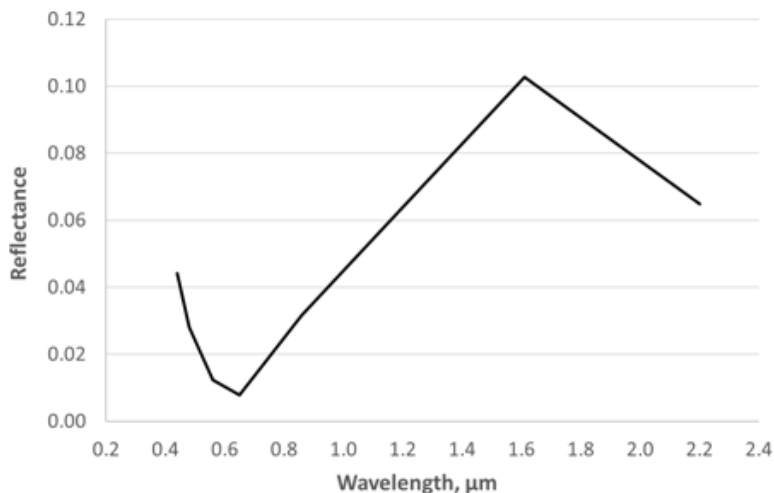
*Рис. 2. Образцы для визуального дешифрирования (фрагменты снимков с пояснениями).  
 Хвостохранилище — слева, природный пожар — справа  
 Fig. 2. Samples for visual interpretation (imagery fragments with explanations).  
 Tailings — on the left, a natural fire — on the right*

*Табл. 1. Средние значения спектральных яркостей для территорий  
 промышленных объектов (горно-обогатительных комбинатов)  
 Table 1. Average values of spectral radiances for the areas  
 of industrial facilities (mining and processing plants)*

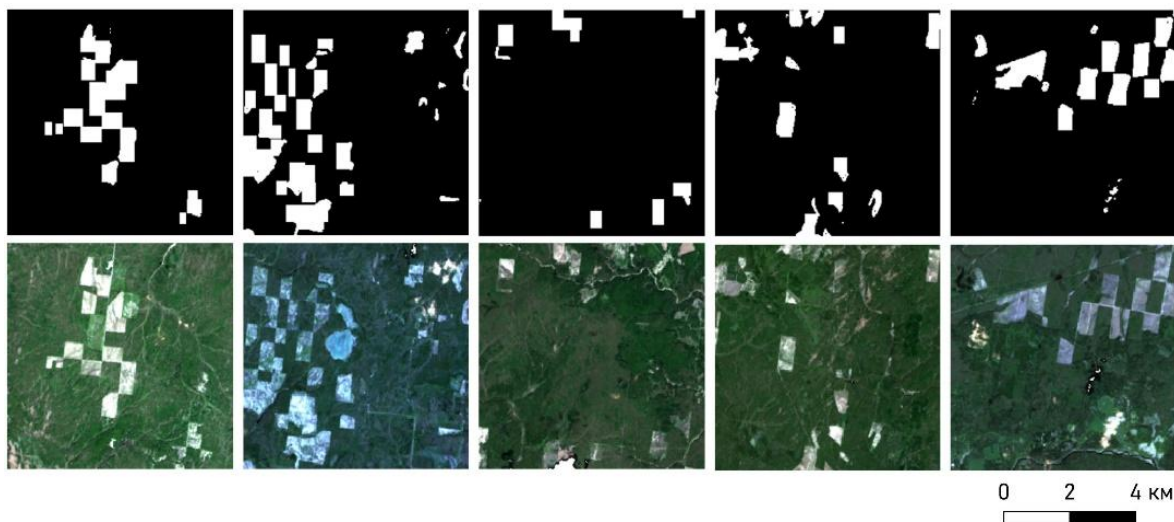
Канал (Landsat-9)	Длина волны, мкм	Гайский	...	Ярославский	Среднее
1	0,44	0,0488	...	0,0612	0,0441
2	0,48	0,0361	...	0,0005	0,0280
3	0,56	0,0000	...	0,0018	0,0123
4	0,65	0,0029	...	0,0550	0,0078
5	0,86	0,0646	...	0,1833	0,0317
6	1,61	0,1049	...	0,1728	0,1027
7	2,20	0,0654	...	0,0971	0,0649

Другим вариантом анализа данных при автоматизированном дешифрировании является применение методов глубокого (машинного) обучения (сверточных нейронных сетей). Данная группа методов предполагает использование предварительно подготовленных обучающих выборок, в состав которых включаются образцы спутниковых снимков с маркированными объектами интереса. При этом снимок обычно разрезается на множество квадратных фрагментов (тайлов) размером, например, 512×512 или 1024×1024 пикс. Маркировка таких объектов может производиться несколькими способами. Например, указание на наличие интересующего объекта на тайле может выполняться путем приписывания к тайлу соответствующего тега (комментария в форме текстовой строки) либо выделением объекта на тайле рамкой (векторной или растровой). При выполнении проекта

использован самый трудоемкий, но вместе с тем самый точный в смысле указания наличия и границ объектов интереса на тайлах — создание растровых масок. Данный подход предполагает создание для каждого тайла бинарной пиксельной маски, отделяющей объект интереса от фона (рис. 4). Маска создается в ручном режиме путем «закрашивания» объектов интереса в специализированном или универсальном графическом редакторе.



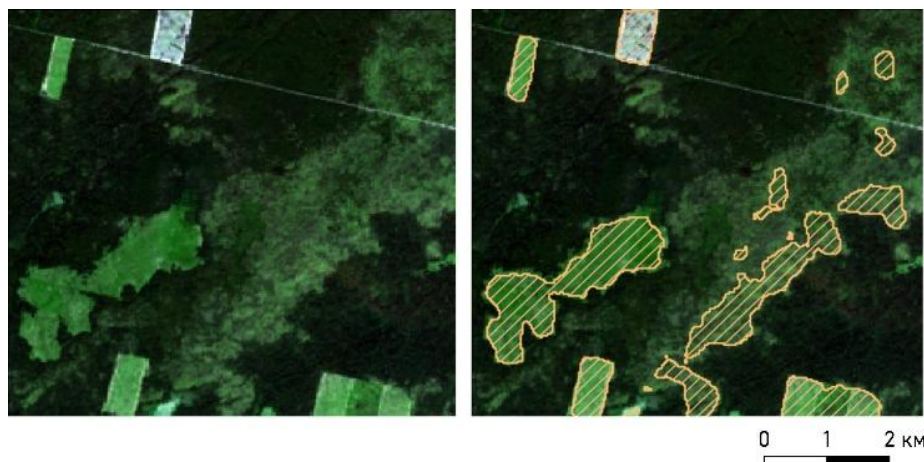
*Рис. 3. График средних значений спектральной яркости в каналах снимка Landsat-9 для территорий горно-обогатительных комбинатов*  
*Fig. 3. The average radiance spectral diagram for the Landsat-9 bands of the mining and processing plant areas*



*Рис. 4. Пример набора тайлов и бинарных растровых масок с выделением лесных вырубок*  
*Fig. 4. An example of tiles set and binary raster masks with forest cuttings masking*

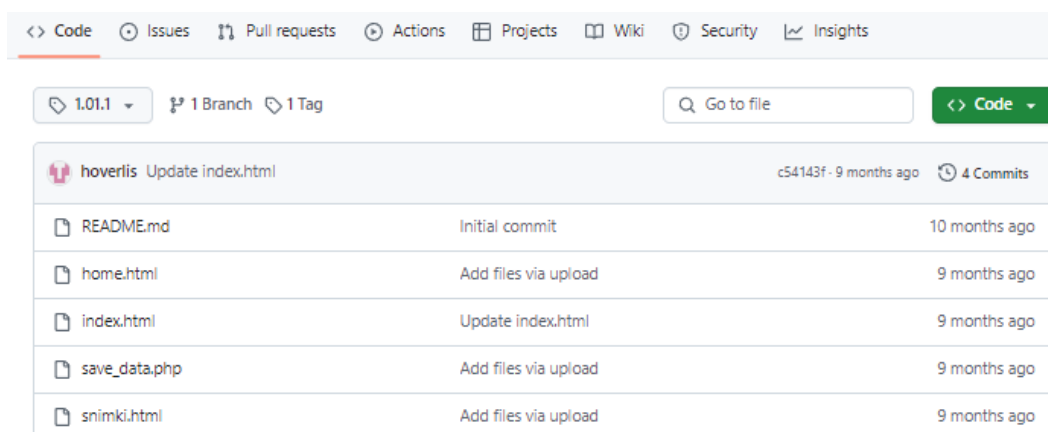
Образцы разметки данных для распознавания объектов на снимках с использованием нейронных сетей протестированы в формате преподавательского мастер-класса с использованием сверточных нейронных сетей. Полученные результаты (рис. 5) демонстрируют применимость подготовленных данных (искомые объекты детектируются), отра-

жая вместе с тем и необходимость совершенствования размеченного набора данных, в т. ч. путем увеличения количества размеченных фрагментов снимков (при детектировании генерируется заметное число ошибок).



*Рис. 5. Результат автоматизированного распознавания лесных вырубок на спутниковом снимке*  
*Fig. 5. The result of automated interpretation of forest cuttings in a satellite image*

Созданный каталог оформлен в форме веб-сайта, опубликованного в открытом доступе. Для публикации сайта совместно со всеми включенными в каталог данными использована платформа GitHub. Данная онлайн-платформа являет собой многопользовательскую систему контроля версий, применяемую при разработке программного обеспечения. При размещении разрабатываемого программного кода как публично доступного доступ к ресурсам GitHub предоставляется без взимания оплаты. Включенная в состав GitHub подсистема GitHub Pages позволяет преобразовывать размещенные в репозитории GitHub данные веб-сайтов (страницы с кодом сайтов и сопутствующие данные) в активные, доступные по прямым ссылкам сайты. Данный подход был использован для публикации при выполнении проекта (рис. 6–7).



*Рис. 6. Фрагмент интерфейса учетной записи GitHub с размещенными в ней файлами сайта каталога, разработанного в рамках проекта*  
*Fig. 6. A fragment of the GitHub account interface where hosted the files of the catalog's website developed as part of the project*

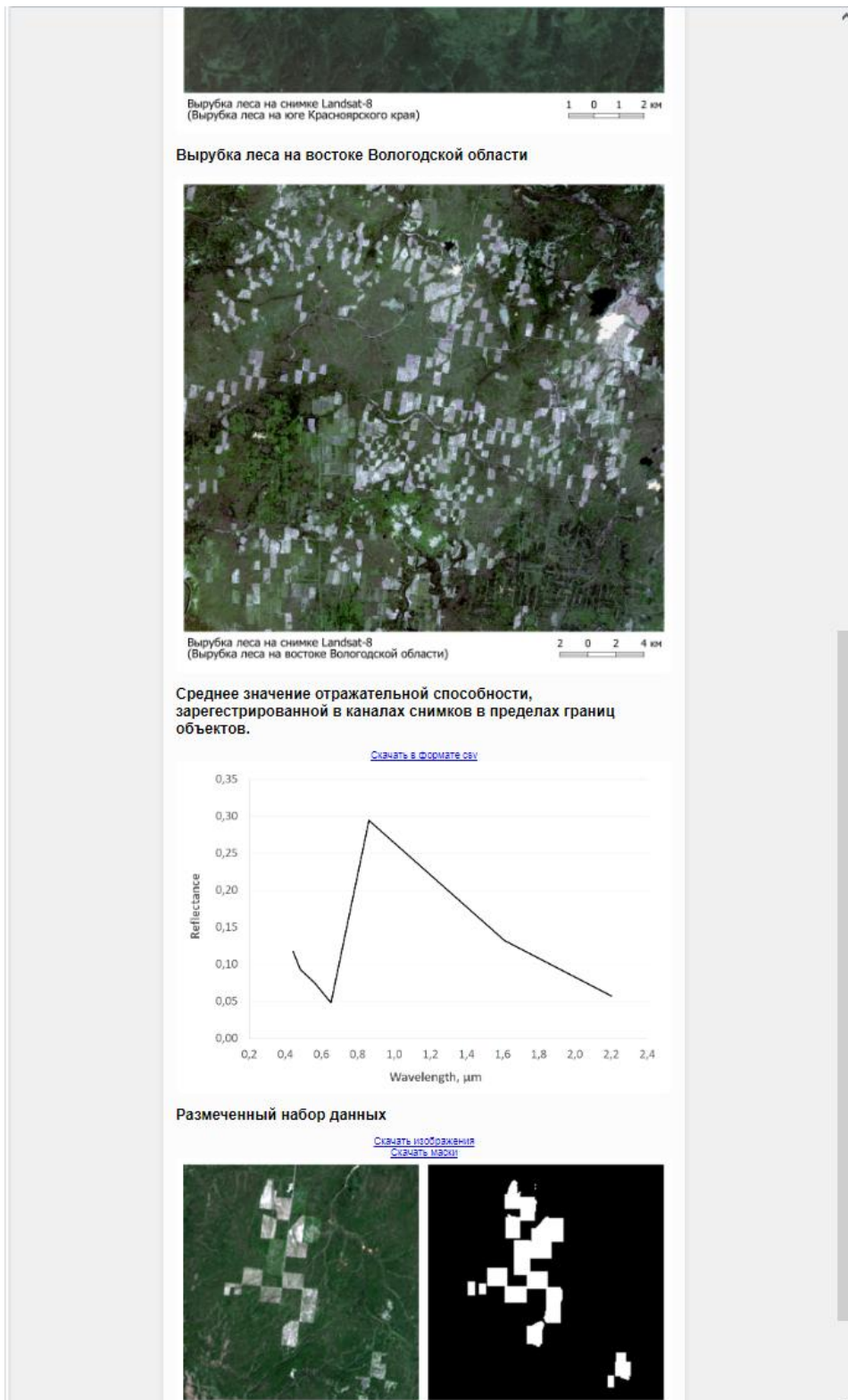


Рис. 7. Фрагмент веб-сайта каталога. На странице веб-сайта размещены примеры изображения лесных вырубок на спутниковых снимках, образец спектральных сигнатур и набор тайлов на размеченных которых размечены вырубки

Fig. 7. A fragment of the catalog's website. The website page contains examples of forest cuttings satellite images, a sample of spectral signature, and a set of tiles with the cuttings markup applied

На финальной стадии проекта для закрепления авторского права участников проектной команды и с целью освоения ими методологии и приемов публикации результатов научных исследований созданный прототип каталога эталонов дешифрирования дополнительно опубликован в универсальной репозитории с открытым доступом Zenodo. Данный репозиторий широко применяется для публикации научных данных и интегрирован с GitHub, что позволяет перенести созданный в GitHub проект в Zenodo в автоматическом режиме с сохранением результатов в Zenodo в нередактируемой далее форме. При публикации данных в репозитории Zenodo им автоматически присваивается номер DOI, что обеспечивает возможность цитировать созданный продукт в научных публикациях.

## **ВЫВОДЫ**

Проектное обучение в средней школе традиционно характеризуется ограниченностью возможностей материально-технического обеспечения проектной деятельности. Результаты исполнения проекта, рассмотренного в настоящей публикации, наглядно демонстрируют, что по крайней мере частичное решение данной проблемы может быть обеспечено путем внедрения и применения информационных технологий и средств, включая свободно распространяемые данные и инструменты. Такой подход позволяет во многих ситуациях заменить работу с физическими предметами, материалами и системами на, по сути, информационное моделирование, не приводя к невосполнимым потерям в наглядности, качестве и продуктивности выполняемых работ. Дополнительным значимым эффектом при этом оказывается более глубокая вовлеченность и мотивированность обучающихся, привлекаемых к проектной работе, по-видимому связанная с общей заинтересованностью молодых людей компьютерными технологиями.

Результаты выполненного проекта также показывают, что знакомство учащихся средней школы с технологиями дистанционного зондирования, будучи полезным с точек зрения профориентации и развития общего кругозора, может быть эффективно и мало-ресурсозатратно организовано с совместным применением свободно распространяемых геоинформационных программных средств (компенсирующих не безусловное, но фактическое отсутствие свободно распространяемых программных средств для работы с данными дистанционного зондирования, имеющих широкую функциональность) и веб-ресурсов (включая различные веб-сервисы, системы и средства веб-публикации и веб-разработки).

Рассмотренные в настоящей публикации программные средства и среды не только позволяют «снизить порог входа» в специальность, но и, являясь своего рода развивающим конструктором с привычным интерфейсом, обеспечивают развитие творческих способностей обучающихся, формирование у них навыков командной работы и иных мягких навыков в совокупности с некоторыми специальными компетенциями, что в общем случае рассматривается как одна из непосредственных причин, обуславливающих целесообразность, желательность и даже необходимость внедрения проектного обучения.

## **БЛАГОДАРНОСТИ**

Материал подготовлен при поддержке Санкт-Петербургского государственного университета, СПбГУ PureID: 137732659.

## **ACKNOWLEDGEMENTS**

The paper preparing was funded by the Saint Petersburg State University, SPbU PureID: 137732659.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Ахметжанова Г. В., Руденко И. В., Голубева И. В., Емельянова Т. В.* Проектная деятельность: учебно-методическое пособие. Тольятти: Издательство ТГУ, 2019. 72 с.

*Зотова С. С.* Проектная деятельность школьников в условиях ФГОС: учебно-методическое пособие. Глазов: Глазовский государственный педагогический институт, 2018. 75 с.

*Казакова И. С., Миньяр-Белоручева Е. Ю., Емельяненко М. С., Герасименко С. В.* Методические рекомендации по организации проектного обучения в образовательных организациях среднего профессионального образования. М.: ФГБОУ ДПО ИРПО, 2022. 90 с.

*Лазебник О. А., Тюрин С. В., Литвинова М. В., Капралов Е. Г., Паниди Е. А.* Картография и геоинформатика, проблемы и перспективы высшего образования: опыт Санкт-Петербургского университета. Геодезия и картография, 2017. Т. 78. № S17-1. С. 16–27. DOI:10.22389/0016-7126-2017-16-27 .

*Милинский А. Ю., Саплина А. С.* Организация проектной деятельности по физике в рамках ФГОС с применением оборудования технопарка универсальных педагогических компетенций. Проблемы современного педагогического образования, 2023. Вып. 79. Ч. 4. С. 91–94. DOI: 10.15356/2076-6734-2015-1-4-14.

*Сидорина И. Е., Паниди Е. А., Позднякова Н. А., Андреева Т. А.* Образование в сфере геоинформационного картографирования в СПбГУ. Геоматика: образование, теория и практика. Материалы международной научно-практической конференции. Минск: БГУ, 2019. С. 173–176.

*Шамхалова О. Д., Лопина Е. А., Яронова Т. В.* Проектная и исследовательская деятельность обучающихся в процессе реализации обновленного ФГОС. Вопросы науки и образования: новые подходы и актуальные исследования. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Чебоксары, 2023. С. 108–109.

*Gorelick N., Hancher M., Dixon M., Iyushchenko S., Thau D., Moore R.* Google Earth Engine: Planetary-Scale Geospatial Analysis for Everyone. Remote Sensing of Environment, 2017. V. 202. P. 18–27. DOI: 10.1016/j.rse.2017.06.031.

## REFERENCES

*Akhmetzhanova G. V., Rudenko I. V., Golubeva I. V., Yemelyanova T. V.* Project Activity: An Educational and Methodical Manual. Tolyatti: TSU Publishing House, 2019. 72 p. (in Russian).

*Gorelick N., Hancher M., Dixon M., Iyushchenko S., Thau D., Moore R.* Google Earth Engine: Planetary-Scale Geospatial Analysis for Everyone. Remote Sensing of Environment, 2017. V. 202. P. 18–27. DOI: 10.1016/j.rse.2017.06.031.

*Kazakova I. S., Minyar-Beloruhev E. Yu., Emelianenko M. S., Gerasimenko S. V.* Methodological Recommendations on the Organization of Project-Based Learning in Educational Institutions of Secondary Professional Education. Moscow: Institute of Professional Education Development, 2022. 90 p. (in Russian).

*Lazebnik O. A., Tiurin S. V., Litvinova M. V., Kapralov E. G., Panidi E. A.* Cartography and Geoinformatics, Problems and Prospects of Higher Education: Experience of the Saint Petersburg University. Geodesy and Cartography, 2017. V. 78. No. S17-1. P. 16–27 (in Russian). DOI: 10.22389/0016-7126-2017-16-27.

*Milinsky A. Yu., Saplina A. S.* Organization of Project Activities in Physics Within the Framework of the Federal State Educational Standard Using the Equipment of the Technopark of Universal Pedagogical Competencies. Problems of Modern Teacher Education, 2023. V. 79. Part 4. P. 91–94 (in Russian). DOI: 10.15356/2076-6734-2015-1-4-14.

*Shamkhalova O. D., Lopina E. A., Aronova T. V.* Project and Research Activities of Students in the Process of Implementing the Updated Federal State Educational Standard. Issues of Science and Education: New Approaches and Relevant Research. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Cheboksary, 2023. P. 108–109 (in Russian).

*Sidorina I. E., Panidi E. A., Pozdnyakova N. A., Andreeva T. A.* Education in the Domain of GIS-based Mapping at St. Petersburg State University. Geomatics: Education, Theory and Practice. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Minsk: BSU, 2019. P. 173–176 (in Russian).

*Zotova S. S.* Project Activities of Schoolchildren in the Conditions of the Federal State Educational Standard: An Educational and Methodological Manual. Glazov: Glazov State Pedagogical Institute, 2018. 75 p. (in Russian).

---