

К. С. Дементьева¹✉, Л. А. Карпова¹

Создание интерактивной карты экологического состояния города Барнаула Алтайского края

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: dementieva.kksenia_1@mail.ru

Аннотация: В данной работе рассмотрено создание интерактивной карты экологического состояния города Барнаула Алтайского края на основе актуальных статистических данных и данных дистанционного зондирования Земли с применением геоинформационных технологий (ГИТ). Выделены основные объекты загрязнители атмосферы, проклассифицированы объекты гидрографии, земли лесного фонда и сельскохозяйственного пользования по спектральным индексам NDTI, NDVI и BSI соответственно, и составлен интегральный показатель экологической обстановки в баллах. Разработана интерактивная веб-карта с помощью геоинформационной системы QGIS и опубликована с помощью облачной платформы GitHub.

Ключевые слова: интерактивная экологическая карта, Барнаул, природный каркас, объекты загрязнители

K. S. Dementieva¹✉, L. A. Karpova¹

Creation of an interactive map of the ecological state of Barnaul, Altai Territory

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: dementieva.kksenia_1@mail.ru

Abstract: In this paper, we consider the creation of an interactive map of the ecological state of the city of Barnaul in the Altai Territory based on up-to-date statistical data and data from remote sensing of the Earth using geoinformation (GIS) technologies. The main objects of atmospheric pollutants are identified, hydrographic objects, forest lands and agricultural lands are classified according to the spectral indices NDTI, NDVI and BSI, respectively, and an integral indicator of the environmental situation in points is compiled. An interactive web map has been developed using the QGIS geographic information system and published using the GitHub cloud platform.

Keywords: interactive ecological map, Barnaul, integral indicator, natural framework, polluting objects

Введение

В России с середины XX века начали стремительно возрастать темпы роста населения, промышленной нагрузки и, как следствие, урбанизации. На этом фоне особенно сильно усугубилась экологическая ситуация городских территорий, поэтому можно отметить, что отображение экологической ситуации на картах, является актуальной проблемой современности.

В настоящее время для описания экологической обстановки города Барнаула существуют, в основном, статистические данные, публикуемые Министерством экологии, но актуальная комплексная карта экологического состояния отсутствует.

Объектом исследования являются территория в административных границах города Барнаула.

Цель исследования – создание интерактивной карты экологического состояния города Барнаула Алтайского края. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- изучить теоретические материалы по теме исследования;
- провести анализ российского опыта создания городских интерактивных экологических карт;
- выявить особенности составления интерактивной экологической карты;
- разработать программу интерактивной карты экологического состояния территории города Барнаула с применением ГИТ;
- создать интерактивную карту экологического состояния территории города Барнаула.

Методы и материалы

Для составления интерактивной карты экологического состояния города Барнаула Алтайского края использовались источники, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Источники, используемые при создании интерактивной карты

Вид источника	Название	Назначение
Основной	Картографический источник – векторные данные OpenStreetMap	Составление элементов общегеографической основы
	Данные дистанционного зондирования – спектральные спутниковые снимки для мониторинга окружающей среды Sentinel-2	Составление тематического содержания карты
	Статистический источник – санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 [1]	Расчет санитарно-защитных зон промышленных предприятий
Дополнительный	Данные дистанционного зондирования – набор спутниковых данных GMTED2010 Digital Elevation	Составление рельефа местности
	Картографический источник – ФГИС СКДФ карта автомобильных дорог [2]	Создание санитарных разрывов автомобильных дорог
	Статистический источник – методические рекомендации по определению расчетной величины санитарных разрывов между автомобильной дорогой и жилой застройкой при проектировании автомобильных дорог, г. Москва, 2019 [3]	
Вспомогательный	Природа Барнаула. Отчет по проекту, выполненного в АлтГУ: руководитель проекта А.Ф. Воронков, первый заместитель главы администрации города Барнаула по дорожно-благоустроительному комплексу. Издан отчет: ООО «Алфавит», 2014. – с. 80. [4]	Изучение географической и экологической характеристики района
	Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среда в Алтайском крае в 2023 году» г. Барнаул, 2024 г. [5]	
	Руководство по картографическим и картоиздательским работам. Часть 2: Составление и подготовка к изданию топографических карт масштабов 1: 200 000, 1: 500 000. Военно-топографическое управление генерального штаба, г. Москва, 1980 г [6]	Составление редакционно-технических указаний и указаний по генерализации

Картографирование выполнено с использованием геоинформационной системы QGIS и векторного редактора Inkscape.

Составление оригинала карты началось с формирования и генерализации объектов общегеографической основы с помощью векторных данных OpenStreetMap и набора спутниковых данных GMTED2010 Digital Elevation.

Далее на карту добавлялись тематические элементы содержания: промышленные зоны предприятий, полигоны ТБО и зоны добычи полезных ископаемых импортированы из данных OpenStreetMap. Для каждого предприятия создавался художественный значок типа промышленности, к которому относится предприятие. Расчет санитарно-защитных зон для объектов промышленности был выполнен по санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 [1], где:

- предприятия первого класса – 1 000 м;
- предприятия второго класса – 500 м;
- предприятия третьего класса – 300 м;
- предприятия четвертого класса – 100 м;
- предприятие пятого класса – 50 м.

Все промышленные предприятия города Барнаула распределены по классам, и для них создавались санитарно-защитные зоны с помощью инструмента «Буферизация» согласно нормативным размерам их классов.

Санитарные разрывы автомобильных дорог создавались с помощью данных о суточной интенсивности движения с сайта ФГИС СКДФ [2] и расчета суточной интенсивности и итогового расстояния снижения шума из документа ОДМ 218.2.100-2019 [3]. Итоговая формула расчета (1):

$$LA_{экв7,5} = 50 + 8,8 \times \lg (0,076 \times N_{сум}), \quad (1)$$

где $N_{сум}$ – суточная интенсивность движения.

Экологическая оценка акватории водных объектов проводилась согласно индексу мутности воды NDTI (Normalized Difference Turbidity Index) по спутниковым снимкам Sentinel-2 2023 года, по формуле (2):

$$NDTI = \frac{B4 - B3}{B4 + B3}, \quad (2)$$

где: $B4$ – Band 4 (Red); $B3$ – Band 3 (Green).

Экологическая оценка земель лесного фонда проводилась согласно вегетационному индексу NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) по спутниковым снимкам Sentinel-2 2023 года, по формуле (3):

$$NDVI = \frac{B8 - B4}{B8 + B4}, \quad (3)$$

где: $B8$ – Band 8 (Near Infrared – NIR); $B4$ – Band 4 (Red).

Экологическая оценка земель сельскохозяйственного назначения проводилась согласно индексу оголенности почв BSI (Bare Soil Index) по спутниковым снимкам Sentinel-2 2023 года, по формуле (4):

$$BSI = \frac{(B11+B4) - (B8+B2)}{(B11+B4) + (B8+B2)}, \quad (4)$$

где: $B11$ – Band 11 (SWIR); $B4$ – Band 4 (Red); $B8$ – Band 8 (Near Infrared – NIR); $B2$ – Band 2 (Blue).

После получения необходимых растровых изображений спектральных индексов NDTI, NDVI, BSI данные средних значений были перенесены посредством инструмента «Зональная статистика» на акваторию вод озер и реки Обь, земли лесного фонда и сельскохозяйственного назначения соответственно.

Для интегрального показателя создана сетка 500 на 500 метров, на каждый сектор которой был рассчитан суммарный балл по всем экологическим факторам с помощью инструмента «Суммарное объединение атрибутов по расположению».

Интегральный показатель экологической обстановки рассчитывался по формуле (5):

$$\Sigma \text{ э.ф.} = (NDVI, NDTI, BSI) \times 1 + S \times 2 + G \times 2, \quad (5)$$

где $NDVI$ – значение рассчитанных баллов классификации индекса NDVI; $NDTI$ – значение рассчитанных баллов классификации индекса NDTI; BSI – значение рассчитанных баллов классификации индекса BSI; S – значение рассчитанных баллов за площадь санитарных зон предприятий; G – значение рассчитанных баллов за площадь санитарных разрывов дорог.

Баллы распределены по принципу, где 1 балл – наименьшая экологическая нагрузка, 5 баллов – наибольшая.

После заполнения таблиц атрибутов осуществлялся экспорт проекта в HTML формат с помощью модуля геоинформационной системы QGIS qgis2web. Следующий этап – редакция исходного кода в программе VS code, а именно формирование компоновки карты, дополнительная настройка легенды, названия и интерактивных элементов карты:

- во всех слоях отредактировано pop-up окно – интерактивный элемент, появляющийся поверх карты при нажатии, содержащий детальную информацию на основе таблиц атрибутов о каждом из объектов;

- в слое объектов загрязнителей города Барнаула слева от интерактивной карты создан список всех предприятий города, при нажатии на каждый элемент которого карта автоматически приближается и закрепляется над нужным объектом промышленности;

- в слое природного каркаса города Барнаула слева от интерактивной карты сформированы 4 кнопки слоев спектральных индексов NDVI, NDTI и BSI, при

нажатию на каждую происходит переключение слоев на выбранный, а также раскрывается дополнительное окно краткой информации об индексе: название, формула для расчета и выводы на территорию города Барнаула.

Последний шаг – создание титульной страницы веб-сайта и публикация. Верстка также выполнялась в VS Code на языке гипертекстовой разметки HTML и CSS и языке программирования JavaScript.

Публикация карты в сеть Интернет осуществлялась с помощью облачной платформы GitHub.

Результаты

В ходе исследования была создана интерактивная карта экологического состояния города Барнаула Алтайского края (рис. 1, 2, 3).

Для ознакомления с интерактивной карты экологического состояния города Барнаула ссылка для перехода на сайт – <https://taeksya.github.io/barnaul-ecology-map/>.



Рис. 1. Карта объектов загрязнителей города Барнаула



Рис. 2. Карта природного каркаса города Барнаула

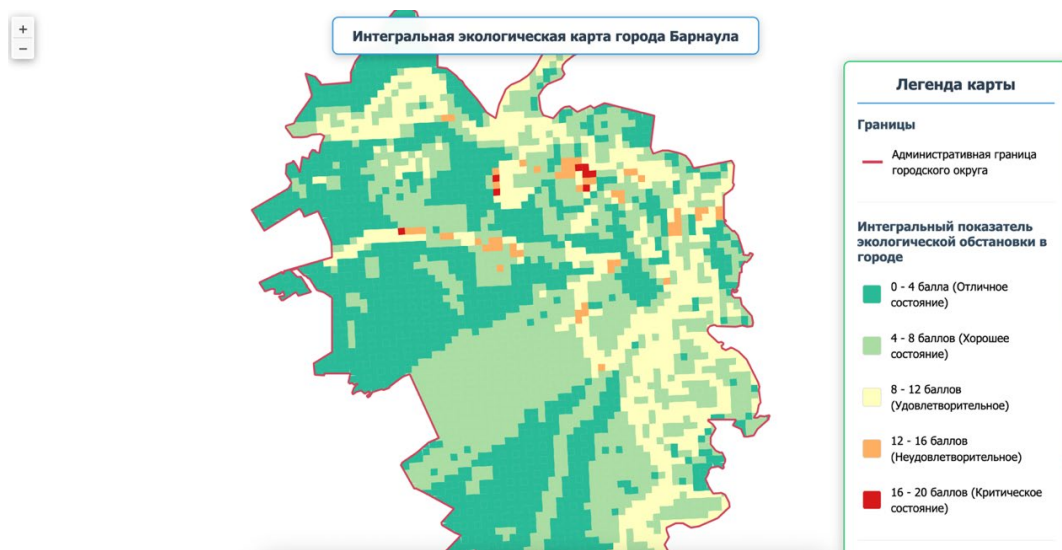


Рис. 3. Интегральная экологическая карта города Барнаула

Обсуждение

В ходе исследования были выделены и нанесены на карту объекты загрязнители окружающей среды (заводы, полигоны ТБО, фабрики, места добычи полезных ископаемых и т.д.), рассчитаны санитарно-защитные зоны этих предприятий и санитарные разрывы главных автомагистралей города Барнаула. На интегральной карте отмечены проблемные участки на фоне природного каркаса города с помощью оценки водных объектов, земель сельскохозяйственного пользования и земель лесного фонда спектральными индексами NDTI, BSI и NDVI соответственно.

Критическая ситуация прослеживаются в Ленинском районе города Барнаула – угнетенная растительность городских насаждений (парки, скверы, насаждения вблизи дорог), наличие золошлакоотвалов ТЭЦ и скопление промышленных предприятий с санитарно-защитными зонами от 300 м до 1000 м (Алтайский шинный завод, Барнаульский завод резино-технических изделий, БЗТА, завод асбестовых технических изделий).

Существенной методической сложностью в ходе выполнения исследования стало отсутствие систематизированных данных о местах отбора и химического состава проб со стационарных постов наблюдения изменения атмосферного воздуха. В связи с этим при создании интерактивной карты экологического состояния города была разработана собственная авторская методика оценки качества городской среды, позволяющая компенсировать указанный информационный дефицит и обеспечить воспроизводимость результатов.

Заключение

В результате исследования поставленная цель была достигнута – создана интерактивная карта экологического состояния города Барнаула Алтайского края. Для достижения цели решены все поставленные задачи.

Созданную интерактивную карту рекомендуется использовать для изучения факторов, формирующих экологическое состояние города, карта может применяться для просвещения населения и проведения комплексного анализа экологии города. Дальнейшие исследования в данной области можно продолжить, оценивая состояние городской среды не только с помощью данных из открытых источников, а также используя данные, предоставленные Министерством природных ресурсов и экологии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О санитарно-защитных зонах и санитарной классификации предприятий, сооружений и иных объектов : Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 : утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 30.03.2003 : введ. 15.06.2003. – Текст : электронный // Информационно-правовой портал ГАРАНТ.РУ (дата обращения 10.05.2026). – Режим доступа : свободный.
2. Карта автомобильных дорог ФГИС СКДФ. – Москва. – Текст : электронный // Федеральное автономное учреждение Росдорнии : сайт. – 2026. – URL: <https://скдф.рф/map> (дата обращения: 07.05.2026). – Режим доступа : свободный.
3. Методические рекомендации по определению расчетной величины санитарных разрывов между автомобильной дорогой и жилой застройкой при проектировании автомобильных дорог : ОДМ 218.2.100-2019 : утв. распоряжением Росавтодора от 11.06.2019 № 1428-р. – Москва : Росавтодор, 2019. – 43 с. – Текст : электронный // Информационная сеть «Техэксперт» (дата обращения 15.05.2026). – Режим доступа: свободный.
4. Природа Барнаула. – Барнаул. – Текст : электронный // Барнаул : официальный сайт города : сайт. – 2014. – URL: <https://barnaul.org/upload/medialibrary/9ed/priroda-barnaula.pdf> (дата обращения 04.05.2026). – Режим доступа : свободный.
5. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Алтайском крае в 2023 году». – Барнаул : Министерство природных ресурсов и экологии Алтайского края, 2024. – 192 с. – Текст : непосредственный.
6. Руководство по картографическим и картоиздательским работам, Часть 2. Составление и подготовка к изданию топографических карт масштабов 1: 200 000, 1 : 500 000. – Москва : Военно-топографическое управление генерального штаба, 1980. – 168 с. – Текст : непосредственный.

© К. С. Дементьева, Л. А. Карпова, 2026