

Г.З. Мажитова¹, И.А. Седельников², Д.К. Шугулова³

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ОЗЕЛЕНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена рассмотрению возможностей применения ГИС-технологий в решении проблемы оптимизации системы озеленения объектов городской среды. Исследование выполнялось на примере территории учебного заведения — НАО «Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева» (СКУ им. М. Козыбаева). Показана возможность применения ГИС-технологий, материалов ДДЗ при выполнении инвентаризации и изучении состояния зеленых насаждений, создании базы данных, определения проблем существующей системы озеленения и разработки мероприятий по ее оптимизации. Исследование включало следующие этапы: разработку предварительной модели и структуры базы данных по зеленым насаждениям, проведение полевых работ, аэрофотосъемки с БПЛА, обработку собранных материалов в специальных программных приложениях, создание базы данных и карты системы озеленения территории кампуса. Обработка материалов аэрофотосъемки выполнялось в программе Agisoft PhotoScan Professional Edition, геоинформационное картографирование проводилось с использованием пакета ArcGIS 10.4 (ESRI Inc.). Создана электронная база геоданных и интерактивная карта зеленой инфраструктуры университета. База содержит количественные и качественные характеристики объектов системы озеленения кампуса. Выделены участки перспективного озеленения, предложены мероприятия по улучшению системы озеленения территории университетского городка. Разработанная база геоданных и интерактивная карта зеленых насаждений могут быть полезны университету и найти применение в решении задач по улучшению озеленения и создания комфортной среды на территории кампуса. Собранные данные могут найти свое применение при создании информационной системы по объектам озеленения г. Петропавловска и быть включены в нее как составная часть для ведения городского кадастра зеленых насаждений и контроля состояния растительности. Исследования выполнены в рамках грантового финансирования по программе «Sustainability Living Lab».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геоинформационные технологии, территория университета, зеленые насаждения, кампус, озеленение

¹ НАО Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева, ул. Пушкина, 86, Петропавловск, Казахстан, 150000,

e-mail: mazhitova_gulnur@mail.ru

² НАО Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева, ул. Пушкина, 86, Петропавловск, Казахстан, 150000,

e-mail: igor_sko_kz_94@mail.ru

³ Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан, 010000,

e-mail: 9970766@mail.ru

Gulnur Z. Mazhitova¹, Igor A. Sedelnikov², Dina K. Shugulova³

THE USE OF GIS TECHNOLOGIES FOR PLANNING THE GREENING OF THE URBAN ENVIRONMENT

ABSTRACT

The article is devoted to the consideration of the possibilities of using GIS technologies in solving the problem of optimizing the greening system of urban environment objects. The study was carried out on the example of the territory of the educational institution — NpLC “Manash Kozybayev North Kazakhstan University” (M. Kozybayev NKU). The possibility of using GIS technologies, ERS materials when performing inventory and studying the state of green spaces, creating a database, identifying problems of the existing landscaping system and developing measures to optimize it is shown. The research included the following stages: development of a preliminary model and database structure for green spaces, field work, aerial photography from UAVs, processing of collected materials in special software applications, creation of a database and a map of the campus landscaping system. The processing of aerial photography materials was carried out in the Agisoft PhotoScan Professional Edition program, geoinformation mapping was carried out using the ArcGIS 10.4 package (ESRI Inc.). An electronic geodata database and an interactive map of the university's green infrastructure have been created. The database contains quantitative and qualitative characteristics of the objects of the campus landscaping system. Areas of promising landscaping have been identified; measures have been proposed to improve the landscaping system of the university campus. The developed geodata database and interactive map of green spaces can be useful to the university and find application in solving problems of improving landscaping and creating a comfortable environment on campus. The collected data can find its application in the creation of an information system for landscaping objects of the city of Petropavlovsk and may be included in it as an integral part for maintaining the urban cadastre of green spaces and monitoring the state of vegetation. The research was carried out within the framework of grant funding under the Sustainability Living Lab program.

KEYWORDS: geoinformation technologies, university territory, green spaces, campus, landscaping

ВВЕДЕНИЕ

Особое значение для формирования положительного имиджа любого университета, создания комфортного пространства на территории его кампуса имеют зеленые насаждения. Зеленые участки являются неотъемлемыми элементами урболандшафта, необходимыми для обеспечения экологического равновесия, защиты от влияния неблагоприятных погодных-климатических факторов, снижения уровня шума, атмосферных загрязнителей, а также создания комфортных условий пребывания на территории университетского комплекса. В связи с этим вопрос создания благоприятной среды университетского городка с оптимальным уровнем озеленения особенно актуален и требует грамотного и эффективного решения [Дроздов и др., 2006; Андреев, Крапивин, 2010; Ludwig et al., 2021; Huerta et al., 2021].

¹ NpLC M. Kozybayev North Kazakhstan University, 86, Pushkin str., Petropavlovsk, 150000, Kazakhstan, e-mail: mazhitova_gulnur@mail.ru

² NpLC M. Kozybayev North Kazakhstan University, 86, Pushkin str., Petropavlovsk, 150000, Kazakhstan, e-mail: igor_sko_kz_94@mail.ru

³ L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2, Satpayev str., Astana, 010000, Kazakhstan, e-mail: 9970766@mail.ru

При решении задач озеленения городских территорий основное внимание уделяется пространственному анализу во взаимосвязи с региональными и местными особенностями природно-ландшафтных, социально-экономических условий, планировочной структурой, функциональным назначением. В этой связи увеличивается роль карт, геоинформационного картографирования и моделирования, ГИС-технологий, составляющие компьютерные технологии, используемые для идентификации, создания карт и полновесного анализа любых объектов, явлений и процессов [Пашков, Мажитова, 2020; 2022].

На основе современных информационных технологий проектируется и разрабатывается множество разных продуктов, которые призваны решить те или иные практические задачи и потребности общества. Тем не менее, анализ вопроса геоинформационного обеспечения, создания и применения ГИС для решения задач озеленения городских территорий показал, что в настоящее время данное направление пока не получило достаточного развития. Опыт создания ГИС в сфере озеленения урбанизированных территорий, объектов городской среды ограничивается недостаточной разработанностью подходов и методики ее создания, информационного наполнения и сопровождения.

Улучшение благоустройства, экологического состояния, создание максимально комфортной среды на территории кампуса СКУ им. М. Козыбаева определены как важные задачи в стратегии развития университета¹. Их решение является залогом успешного и устойчивого развития и функционирования университета в дальнейшем. Особая актуальность вопроса озеленения для вуза связана со строительством нового учебно-лабораторного корпуса, запуска программы обновления и модернизации его кампуса в свете реализации программы двудипломного образования с университетом Аризоны.

Актуальность темы определяется необходимостью создания тематической ГИС и базы данных по зеленым насаждениям университета, которая позволит решить задачу оптимизации озеленения его территории.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Теоретической и методологической базой исследования послужили работы в области геоинформационного картографирования [Тикунов, Цанук, 1999; Берлянт и др., 2000; Черкашин 2002; Лурье, 2010 и др.] и результаты прикладного геоинформационного картографирования для решения задач озеленения городских территорий с использованием современных ГИС-технологий, материалов ДДЗ [Андреев, Крапивин, 2010; Морозова и др., 2011; Кулакова, 2012; Душкова, Кириллов, 2016; Белюк и др., 2020; Трофимчук и др., 2020; Hubert, 2000 и др.]

В качестве исходных материалов исследования привлечены: литературные, фондовые, картографические материалы о природно-географических условиях рассматриваемой территории; сведения о функционально-планировочной организации кампуса университета; данные дистанционного зондирования, имеющиеся в свободном доступе (Google Earth², Gis-lab.info.srtm³ и др.); материалы наземной фотосъемки, аэрофотосъемки кампуса с БПЛА («Гескан-201М Геодезия»), выполненные в 2021–2022 гг. ТОО «Geoscan-Казахстан». Необходимый фактический материал был получен посредством проведения полевых работ.

¹ Стратегический план развития Северо-Казахстанского университета им. М. Козыбаева на 2020–2024 годы. Электронный ресурс: <https://ku.edu.kz/page/view?id=1428> (дата обращения: 21.07.2021)

² Google Earth. Электронный ресурс: <https://www.google.com/intl/ru/earth/> (дата обращения: 25.01.2022).

³ Gis-lab.info. Электронный ресурс: <https://gis-lab.info/qa/srtm.html> (дата обращения: 25.01.2022)

В исследовании использованы традиционные общегеографические методы, включая ландшафтный, полевых наблюдений, а также технологии геоинформационного картографирования, автоматизированной обработки и пространственного анализа данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Обработка материалов аэрофотосъемки БПЛА выполнялось в среде Agisoft Metashape Pro. Геоинформационное картографирование осуществлялось с применением ArcGIS 10.4 (ESRI Inc.).

Предварительно проведены сбор и обобщение данных о региональных и местных природных условиях территории, в пределах которой располагается кампус университета, а также о его функционально-планировочной структуре. Для получения сведений об имеющихся на территории университета зеленых насаждениях проведена их инвентаризация. В ходе инвентаризации выполнен подсчет древесно-кустарниковой растительности, определены их географические координаты, видовой, породный состав, морфометрические характеристики, возраст, фитосанитарное, экологическое состояние. На основе обобщения выше указанных параметров проводилось определение бонитета (класса).

Общий набор характеристик включал:

- для деревьев: тип посадки, в которую входит дерево, его номер, порода, возраст, диаметр, высота, качественное состояние;
- для кустарников: тип и номер кустарниковой посадки, вид, образующий кустарниковую посадку, количество кустов в ней, возраст, высота кустарников, длина и ширина посадки, качественное состояние;
- для газонов: тип газона, площадь, доминирующий вид трав, используемый для покрытия, общее проективное покрытие трав;
- для цветников: тип цветника, культуры многолетников, площадь, качественное состояние¹ [Кулакова, 2012].

Изучение и инвентаризация имеющихся зеленых насаждений выполнялась стандартными методиками [Жеребцова и др., 1998; Кулакова, 2012], а также применялись традиционные методы, адаптированные для данной местности [Савенкова, Пашков, 2019]. Наряду с этим для подсчета деревьев, кустарников, определения их морфометрических параметров использовались дистанционные методы и материалы ДДЗ (данные дистанционного зондирования Земли), полученные на основе анализа космических снимков, проведения аэрофотосъемки с БПЛА.

Качественное состояние насаждений определялось по следующим признакам:

- «хорошее» — растения здоровые с правильной, хорошо развитой кроной, без существенных повреждений;
- «удовлетворительное» — растения здоровые, но с неправильно развитой кроной, со значительными, но не угрожающими их жизни повреждениями (червоточины, дупла и др.); кустарник без сорняков, но с наличием поросли;
- «неудовлетворительное» — древостой с неправильно и слабо развитой кроной, со значительными повреждениями, с зараженностью болезнями или вредителями, угрожающими их жизни; кустарники с наличием поросли и отмерших частей [Кулакова, 2012].

Деление древесных насаждений на классы бонитета проводилось по методике, предложенной М.М. Орловым [Лесная энциклопедия, 1985].

¹ Ландшафтная архитектура и зеленое строительство. Электронный ресурс: <http://landscape.totalarch.com/node/13> (дата обращения: 21.07.2021)

Данные по инвентаризации зеленых насаждений кампуса вносились в сводную таблицу, систематизировались и включались в базу данных ГИС. Элементы озеленения наносились на картографическую основу по координатам, определенным в ходе полевых исследований и инвентаризации (деревья, кустарники — как точечный объект; цветники, газоны — как площадной (полигон)). К каждому объекту привязывались таблицы с тематической информацией [Мажитова и др., 2022].

Проектирование структуры базы данных по зеленым насаждениям в ГИС основывалось на работах [Андреев, Крапивин, 2010; Вавер и др., 2010; Морозова и др., 2011; Душкова, Кириллов, 2016; Бельюк и др., 2020; Трофимчук и др., 2020; Hubert, 2000], а также на электронном ресурсе¹.

Для систематизации и представления информации о зеленых насаждениях в ГИС учитывались принятая классификация насаждений, систематика и номенклатура растений [Лесная энциклопедия, 1985], ресурс².

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Созданная ГИС представляет собой информационно-справочную (аналитическую) систему по зеленым насаждениям или «зеленой инфраструктуре» кампуса и построена по принципу «системы в системе». Она включает электронную картографическую основу с точным месторасположением элементов системы озеленения территории университета и привязанную к ней базу данных. Система состоит из нескольких тематических вкладок, содержащих структурированные данные. Тематические разделы посвящены отображению и аналитическому описанию современного состояния зеленой инфраструктуры кампуса, а также качественным и количественным характеристикам имеющихся зеленых насаждений. В базе данных собраны и систематизированы сведения о зеленых насаждениях, имеющихся на территории университета. Такая информация открывает широкие возможности для анализа, прогноза и оптимизации озеленения, благоустройства территории кампуса. Схема структуры, разделов базы данных по зеленым насаждениям кампуса университета приведена ниже (рис. 1).

Фрагмент базы данных, содержащей характеристики объектов озеленения кампуса, представлен на рис. 2.

ГИС позволила систематизировать имеющиеся на территории университета зеленые насаждения. При наведении на объекты системы озеленения всплывает дополнительное меню с конкретной информацией о нем (рис. 3).

Используя соответствующие инструменты, в ГИС можно определить площадь, занятую древесно-кустарниковыми насаждениями, цветниками, участков, покрытых газоном, выявить участки, на которых требуются работы по оптимизации озеленения, выделить участки перспективного озеленения.

С помощью ГИС можно определить и подобрать состав однолетних и многолетних насаждений, спроектировать их посадку с учетом морфометрических характеристик, сроков цветения, цветовой окраски (гамме) цветов и листьев; для клумб, цветников составить схему и ежегодно обновлять цветочные композиции, соблюдать чередование (севооборот) посадок. Тем самым ГИС позволяет отслеживать текущее состояние зеленых насаждений (рис. 4), следить за результатами озеленения территории, а также служить для разработки перспективного плана озеленения кампуса.

¹ Visualizing Green and Open Spaces. Электронный ресурс: <https://storymaps.arcgis.com/stories/87b9d57c5f574174a46d05ba7f9fafa4> (дата обращения 21.07.2021)

² Систематика и номенклатура растений. Электронный ресурс: <http://humangarden.ru/plantlist/plantfinder.php> (дата обращения 21.07.2021)



Рис. 1. Структура базы данных по инвентаризации зеленых насаждений кампуса университета
Fig. 1. The structure of the database on the inventory of green spaces of the University campus

▲	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Сведения о древесно-кустарниковой растительности кампуса НАО СКУ им. М. Козыбаева							
2	Порядковый номер	Вид Породы учетного дерева / кустарника	Географические координаты	Высота, м	Диаметр ствола (для деревьев) (на уровне 1,4 м), см	Возраст, лет	Фитосанитарное (экологическое) состояние	Класс бонитета (для деревьев)
3	Корпус 2, насаждения возле фасада здания							
4	1	Лиственница сибирская / <i>Larix sibirica</i>	54.87785, 69.13279	16,8	138	28	Неудовлетворительное	2
5	2	Лиственница сибирская / <i>Larix sibirica</i>	54.87784, 69.13288	17,1	104	23	Неудовлетворительное	2
6	3	Лиственница сибирская / <i>Larix sibirica</i>	54.87788, 69.13273	16,6	87	19	Относительно удовлетворительное	3
7	4	Лиственница сибирская / <i>Larix sibirica</i>	54.87793, 69.13267	16,5	75	18	Относительно удовлетворительное	3
8	5	Лиственница сибирская / <i>Larix sibirica</i>	54.87793, 69.13263	16,0	90	21	Относительно удовлетворительное	3
9	6	Лиственница сибирская / <i>Larix sibirica</i>	54.87796, 69.13258	16,7	90	21	Относительно удовлетворительное	3
10	7	Лиственница сибирская / <i>Larix sibirica</i>	54.87798, 69.13251	15,0	100	20	Относительно удовлетворительное	3
11	8	Лиственница сибирская / <i>Larix sibirica</i>	54.87797, 69.13262	15,0	88	19	Относительно удовлетворительное	3
12	9	Лиственница сибирская / <i>Larix sibirica</i>	54.87804, 69.13244	14,6	111	23	Относительно удовлетворительное	3
13	10	Лиственница сибирская / <i>Larix sibirica</i>	54.87811, 69.13231	15,1	118	24	Относительно удовлетворительное	3
14	11	Рябина обыкновенная / <i>Sorbus aucuparia</i> (5 стволов)	54.87820, 69.13218	4,5	37/32	23	Удовлетворительное	4
15	12	Яблоня ягодная, сибирская / <i>Malus baccata, M.sibirica</i>	54.87823, 69.13211	4,8	40	25	Удовлетворительное	4
16	13	Яблоня ягодная, сибирская / <i>Malus baccata, M.sibirica</i>	54.87824, 69.13210	3,5	29	18	Удовлетворительное	4
17	14	Клен остролистный / <i>Acer platanoides</i> (2 ствола)	54.87828, 69.13206	12,0	84/91	29	Удовлетворительное	3
18	15	Яблоня ягодная, сибирская / <i>Malus baccata, M.sibirica</i>	54.87838, 69.13188	4,5	30	19	Удовлетворительное	4
19	16	Яблоня ягодная, сибирская / <i>Malus baccata, M.sibirica</i>	54.87842, 69.13185	5,1	58	36	Удовлетворительное	4
20	17	Береза пушистая (опушенная) / <i>Betula pubescens</i>	54.87840, 69.13217	8,5	44	22	Удовлетворительное	3
21	18	Тополь душистый / <i>Populus suaveolens</i> (2 ствола)	54.87842, 69.13184	9,0	57/39	18	Удовлетворительное	3
22	19	Ива белая / <i>Salix alba</i>	54.87832, 69.13229	3,8	45	12	Относительно удовлетворительное	4
23	20	Ива белая / <i>Salix alba</i> (куст)	54.87814, 69.13245	3,0	39	11	Относительно удовлетворительное	4
24	21	Береза пушистая (опушенная) / <i>Betula pubescens</i>	54.87810, 69.13251	11,0	116	23	Удовлетворительное	4
25	22	Береза пушистая (опушенная) / <i>Betula pubescens</i>	54.87767, 69.13320	9,0	68	15	Удовлетворительное	3

Рис. 2. Фрагмент базы данных ГИС по зеленым насаждениям кампуса СКУ им. М. Козыбаева
Fig. 2. A fragment of the GIS database on the green spaces of the campus of M. Kozubayev NKU

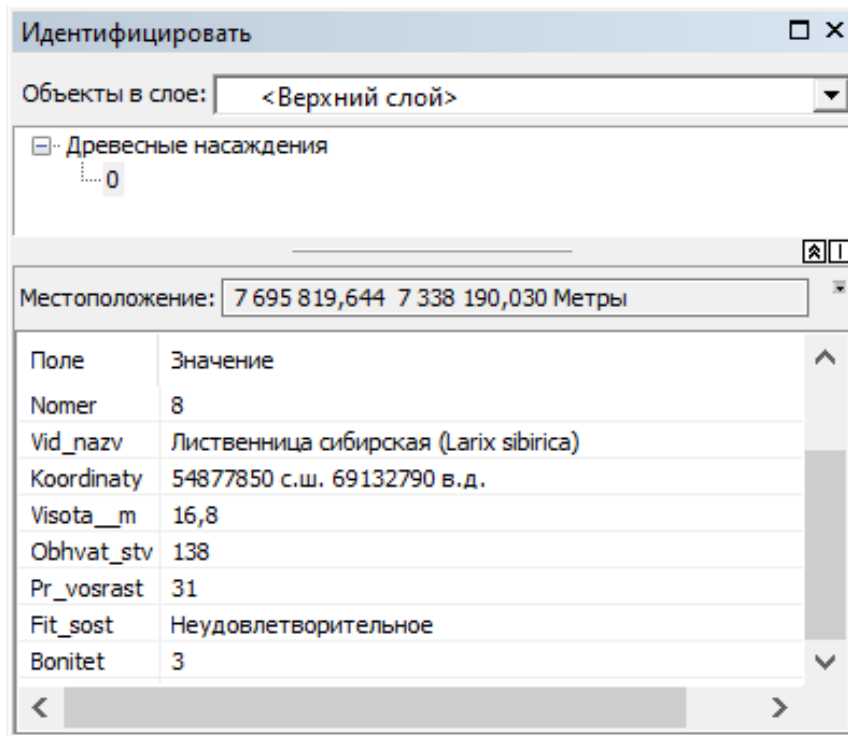


Рис. 3. Сведения о зеленых насаждениях
 Fig. 3. Information about green spaces



Рис. 4. Пространственное размещение зеленых насаждений
 на территории кампуса университета
 в ArcScene ArcGIS (ESRI Inc.)
 Fig. 4. Spatial placement of green spaces
 on the university campus in ArcScene ArcGIS (ESRI Inc.)

Посредством ГИС проведен пространственный анализ существующей системы озеленения территории университетского городка, который показал наличие ряда проблем.

В частности, на территории университета недостаточно площади, отведенной под зеленые насаждения, и как следствие — низкий уровень озеленения. По проведенным подсчетам, зеленые насаждения занимают 23 % площади кампуса. В соответствии с принятыми нормами, площадь, занятая зелеными насаждениями, для территории учебных заведений, в т.ч. вузов, должна составлять не менее 40 % от их общей площади. При размещении участка вблизи лесных и садовых массивов площадь озеленения допускается сокращать до 30 % (Методическое руководство¹), [Луц, 1974; Колбовский, 2008]. Согласно рекомендуемому уровню озелененности объектов благоустройства города, территория университетов должна быть озеленена на 50 % (умеренные широты) [Вавер и др., 2010; Горанова и др., 2017].

Следует также отметить однообразие растительности, небольшой ассортимент видов растительных насаждений и их пород. Древесные насаждения представлены следующими растениями: береза повислая (*Betula pendula*), вяз листоватый (*Ulmus minor*), тополь серебристый (*Populus alba*), лиственница (*Larix*), ель обыкновенная (*Picea abies*), клен ясенелистный (*Acer negundo*), яблоня сибирская (*Malus baccata*) и др. Из кустарников преобладают: ива прутовидная (*Salix viminalis*), карагана древовидная или желтая акация (*Caragana arborescens*) и др.

Визуальный осмотр показал, что более половины древесно-кустарниковых насаждений характеризуется неудовлетворительным или близким к нему фитосанитарным, экологическим состоянием. Преобладающая часть посадок древесной растительности относится к старым и перезрелым, что обусловлено естественным старением насаждений и отсутствием своевременного обновления посадок. Как правило, большинство старых и перезрелых деревьев имеют структурные дефекты (сухие и отмершие ветки, наросты, червоточины, кривизна и др.), что значительно снижает их эстетическую привлекательность. ГИС-инвентаризация с целью определения больных и старых деревьев должна стать предметом последующих съемок с целью организации санитарной рубки и последующей высадки новых саженцев.

Согласно рекомендуемым нормам, цветники должны составлять 2–5 % от площади озелененной территории объекта [Горанова и др., 2017]. В ходе съемки зафиксировано недостаточное количество клумбовых композиций и площади, отведенной под цветочные насаждения — в пределах кампуса данный показатель составляет лишь 1,8 % от озелененной территории. Помимо этого, имеющиеся зеленые насаждения лишены композиционной целостности, визуальных связей, ансамблевости. В расположении зеленых насаждений отсутствует общее идейное сопровождение. Участки озеленения представлены в основном древесными насаждениями, высаженными вдоль лицевой стороны и периметру фасадов корпусов, по внешней границе кампуса университета. Зафиксированы хаотичные насаждения в виде групп перезрелых деревьев во внутренней (дворовой) части территории кампуса, представленные в основном кленом ясенелистным (*Acer negundo*), ивой белой или серебристой (*Salix alba*).

Проведенный анализ показал назревшую необходимость «зеленого апгрейда» территории университета. Сложившаяся ситуация по озеленению территории кампуса характеризуется как неблагоприятная и обусловлена рядом факторов: ограниченным пространством и недостатком свободной площади для зеленых насаждений, а также финансовых ресурсов, выделяемых на благоустройство и озеленение территории университета; недостаточным вниманием, уделяемым вопросу озеленения, улучшению

¹ Методическое руководство и технические условия по реконструкции городских зеленых насаждений. Электронный ресурс: <https://files.stroyinf.ru/Data1/50/50877/index.htm> (дата обращения 16.07.2022)

экологического состояния среды. Для снижения влияния неблагоприятных факторов, решения задачи улучшения озеленения территории университета требуется создание многофункциональной зеленой зоны.

По итогам репрезентативного социологического опроса ($n = 893$), следует отметить, что кампусу СКУ им. М. Козыбаева необходимо создание зеленых зон отдыха, площадок для чтения и проведения занятий на открытом воздухе, увеличение посадок древесно-кустарниковых насаждений, клумбовых (цветочных) композиций. Осуществление ландшафтного дизайна, достижение единого стиля в оформлении и благоустройстве кампуса вуза является важным фактором для создания комфортных условий студентам и сотрудникам университета, формирования микроклимата территории кампуса.

Озеленение территории кампуса должно базироваться на интеграции природного и антропогенного ландшафта, т. е. сочетания растительности, характерной для данной природной зоны, и архитектурных сооружений университета [Холявко, Глоба-Михайленко, 1980; Хлонов, 2003]. Со стороны академгородка такой пейзаж приближен к естественному зеленому массиву, характерному для города в целом. Основная задача при планировании озеленения заключается в создании на территории кампуса такой среды, которая бы обеспечила оптимальные условия не только для плодотворной и творческой работы и учебы обучающихся, ППС, но и для полноценного отдыха, занятий физкультурой и спортом на природе, улучшения экологической обстановки. При этом процесс озеленения должен основываться не на полном отказе от существующего типа озеленения, а обновлении его элементов.

При планировании озеленения территории кампуса играют роль следующие факторы:

- пространственно-планировочная организация территории университета, планировка кампуса, архитектурный ансамбль, стилистика и традиция (история), а также общегородская концепция существующих зданий и сооружений студгородка;
- природно-климатические (лесорастительные) особенности местности;
- общественное мнение (пожелания обучающихся, ППС, руководства, сотрудников, техперсонала);
- особенности ландшафта (пейзажа) для создания единой композиции с местностью и окружающей застройкой [Дроздов и др., 2006].

Учитывая вышеизложенное, предложен проект оптимизации озеленения университетского кампуса, где за основу взяты многолетние травы, кустарники и цветы, органично дополняющие друг друга и играющие как эстетическую, так и рекреационную роль. Данное решение реализовано на одном из перспективных участков озеленения территории кампуса университета в 2022 г. в рамках проекта «Зеленое строительство кампуса — как фактор создания комфортной среды». Дизайн фрагмента участка представлен на рисунке 5.

На данном участке, помимо растительности лесостепной зоны, заложены деревья и кустарники близких по климатическим условиям зон северного полушария:

1. Евразийские альпийские, смешанные и широколиственные леса: лещина древовидная (*Corylus colurna*), сосна европейская (*Pinus cembra*), бересклет европейский (*Euonymus europaea*), дуб черешчатый или обыкновенный (*Quercus robur*), ель европейская (*Picea abies*), липа мелколистная (*Tilia cordata*), липа крупнолистная (*Tilia platyphyllos*), родиола розовая (*Rhodiola rosea*), рододендрон ржавый (*Rhododendron ferrugineum*) и др.

Североамериканские смешанные и широколиственные леса, тайга: черный орех (*Juglans nigra*), серый орех (*Juglans cinerea*), ель голубая (*Picea pungens*), ель канадская (*Picea glauca*), клен серебристый или сахаристый (*Acer saccharinum*), рододендрон клейкий

(*Rhododendron viscosum*), рододендрон крупнейший (*Rhododendron maximum*), рододендрон канадский (*Rhododendron canadense*), магония ползучая (*Mahonia repens*) и др.



Рис. 5. Дизайн фрагмента участка зеленой зоны кампуса СКУ им. М. Козыбаева
Fig. 5. Design of a fragment of the green zone of the campus of M. Kozubayev NKU

ВЫВОДЫ

Результатом исследования стало создание ГИС кампуса и базы данных по зеленым насаждениям, внесение предложений по оптимизации озеленения территории. Проанализированы возможности использования современных информационных технологий для озеленения территории и принятия решений с учетом местных природных условий.

Предлагаемая схема инвентаризации объектов озеленения кампуса университета средствами ГИС позволит заложить основу для формирования эффективной системы мониторинга и контроля состояния зеленых насаждений, оптимизировать мероприятия по сохранению имеющегося зеленого фонда, а также организации новых участков зеленых насаждений. Предложенное пространственное размещение и сбалансированный видовой состав зеленых насаждений не только повысят эстетическую привлекательность кампуса, но и будут способствовать снижению неблагоприятного влияния городской среды (загрязнения атмосферного воздуха и др.), улучшению экологической обстановки.

Зеленые насаждения на территории СКУ им. М. Козыбаева в системе озелененных зон г. Петропавловска относятся к ограниченному пользованию. Они предназначены для определенного контингента людей — обучающихся, ППС, сотрудников. В то же время озелененная территория университета не только создает комфортные условия пребывания людей в пределах кампуса, но и участвует в формировании общего городского ландшафта, обеспечивает непрерывность и единство системы зеленых насаждений областного центра. В связи с этим, реализация результатов инвентаризации и оценки зеленых насаждений кампуса университета в виде картографических моделей, схем озеленения, будет

способствовать решению проблем озеленения территории г. Петропавловска. Собранные данные могут быть полезными при создании информационной системы по зеленым насаждениям г. Петропавловска и включены в нее как составная часть для ведения городского кадастра зеленых насаждений, контроля состояния растительности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Андреев Д.Н., Крапивин А.Ю. Состав и структура информационной базы данных о зеленых насаждениях. Антропогенная трансформация природной среды: материалы Междунар. науч. конф. (18–21 октября 2010 г.). Пермь: Перм. гос. ун-т, 2010. С. 22–27.

Белюк А.О., Трофимчук Д.А., Токарчук С.М. Информационно-справочная система «Зеленая инфраструктура Бреста». ГИС-технологии в науках о Земле. Материалы респ. науч.-практ. семинара студентов и молодых ученых. Минск: БГУ, 2020. С. 126–129.

Берлянт А.М., Мусин О.Р., Аляутдинов А.Р., Свентэк Ю.В. Тематическое геоинформационное картографирование на современном этапе. География и Окружающая среда. М.: Геос, 2000. С. 357–371.

Вавер О.Ю., Гребенюк Г.Н., Клемина И.Е. Концепция озеленения территории города Нижневартовска. Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гуманитар. ун-та, 2010. 55 с.

Горанова О.А., Атрощенко Л.А., Быкова М.В. Комплексное благоустройство городских территорий Москвы. Озеленение объектов благоустройства: учебное пособие. М.: МГУУ Правительства Москвы, 2017. 224 с.

Дроздов А.В., Алексеенко Н.А., Антипов А.Н., Йоханнсен Р., Замотаев И.В., Кравченко В.В., Кудерина Т.М., Кулик К.Н., Рулев А.С., Семенов Ю.М., Сухоруких Ю.И., Флоринет Ф., Хакер Е. Ландшафтное планирование с элементами инженерной биологии. М.: Т-во научн. изданий КМК, 2006. 239 с.

Душкова Д.О., Кириллов С.Н. Зеленая инфраструктура города: опыт Германии. Вестн. Волгогр. гос. ун-та. Сер. 3. Экон. Экол., 2016. № 2(35). С. 136–147.

Жеребцова Г.П., Пронин М.И., Якубов Х.Г. Правила проведения инвентаризации зеленых насаждений и паспортизации озелененных территорий. М.: Прима-Пресс, 1998. 40 с.

Кулакова С.А. Оценка состояния зеленых насаждений города. Географический вестник, 2012. № 4(23). С. 59–66.

Колбовский Е.Ю. Ландшафтное планирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 336 с.

Лесная энциклопедия. В 2-х т. М.: Сов. энциклопедия, 1985. 563 с.

Луниц Л.Б. Городское зеленое строительство: учебное пособие. М.: Стройиздат, 1974. 275 с.

Лурье И.К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков. М.: КДУ, 2010. 424 с.

Мажитова Г.З., Шугулова Д.К., Седельников И.А. Об опыте разработки ГИС-проекта кампуса университета. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. М.: Географический факультет МГУ, 2022. Т. 28. Ч. 1. С. 603–612. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-1-28-110-120.

Морозова Г.Ю., Глухов В.А., Бабурин А.А. Геоинформационная система «Зеленые насаждения города Хабаровска». Известия Самарского научного центра РАН, 2011. Т. 13. № 1 (6). С. 1367–1370.

Пашков С.В., Мажитова Г.З. Применение ГИС-технологий и аэрофотосъемки для геоинформационного картографирования и моделирования рельефа агроландшафтов.

Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле, 2020. Т. 34. С. 82–95. DOI: 10.26516/2073-3402.2020.34.82.

Пашков С.В., Мажитова Г.З. Разработка геоинформационного обеспечения для агроландшафтного проектирования на уровне сельскохозяйственного предприятия. Географический вестник, 2022. № 4(63). С. 167–179. DOI: 10.17072/2079-7877-2022-4-167-179.

Савенкова И.В., Пашков С.В. Биоэкологический мониторинг деревьев в условиях городской среды. Вестник МГПУ. Серия: Естественные науки, 2019. № 4(36). С. 26–38. DOI: 10.25688/2076-9091.2019.36.4.2.

Тикунов В.С., Цанук Д.А. Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение. М. – Смоленск: Изд-во СГУ, 1999. 176 с.

Трофимчук Д.А., Токарчук С.М., Бельюк А.О. Зеленая инфраструктура Бреста: информационно-справочная система. Брест: Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина, 2020. 49 с. Электронный ресурс: <https://arCG.is/nuSyW> (дата обращения: 21.07.2021).

Хлонов Ю.П. Атлас деревьев и кустарников Западной Сибири: Новосибирская область. Новосибирск: Наука, 2003. 118 с.

Холявко В.С., Глоба-Михайленко Д.А. Дендрология и основы зеленого строительства: Учебник для сред. сел. проф.-техн. училищ. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. школа, 1980. 248 с.

Черкашин А.К., Китов А.Д., Бычков И.В., Васильев С.Н. Геоинформационная система управления территорией. Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2002. 151 с.

Hubert B. Wert der Geo-Information fuer Versicherungen. Geographic Information System, 2000. No. 13 (3). P. 13–15.

Huerta R.E., Yépez F.D., Lozano-García, D.F., Guerra Cobián V.H., Ferriño Fierro A.L., de León Gómez H., Cavazos González R.A., Vargas-Martínez A. Mapping urban green spaces at the metropolitan level using very high-resolution satellite imagery and deep learning techniques for semantic segmentation. Remote Sensing, 2021. V. 13. Art. 2031. DOI: 10.3390/rs13112031.

Ludwig C., Hecht R., Lautenbach S., Schorcht M., Zipf A. Mapping Public Urban Green Spaces Based on OpenStreetMap and Sentinel-2 Imagery Using Belief Functions. ISPRS Int. J. Geo-Inf., 2021. V. 10. No. 251. 25 p. DOI: 10.3390/ijgi10040251.

REFERENCES

Andreev D.N., Krapivin A.Yu. Composition and structure of the information database on green spaces. Anthropogenic transformation of the natural environment: Proceedings of the International conference. Perm: Perm State University, 2010. P. 22–27 (in Russian).

Belyuk A.O., Trofimchuk D.A., Tokarchuk S.M. Information and reference system “Green infrastructure of Brest”. GIS technologies in Earth sciences. Proceedings of the Resp. scientific-practical seminars for students and young scientists. Minsk: BSU, 2020. P. 126–129 (in Russian).

Berlyant A.M., Musin O.R., Alyautdinov A.R., Sventek Yu.V. Thematic geoinformation mapping at the present stage. Geography and Environment. Moscow: Geos, 2000. P. 357–371 (in Russian).

Cherkashin A.K., Kitov A.D., Bychkov I.V., Vasiliev S.N. Geoinformation system of territory management. Irkutsk: Publishing House of the Institute of Geography SB RAS, 2002. 151 p. (in Russian).

Drozдов A.V., Alekseenko N.A., Antipov A.N., Johanssen R., Zamotayev I.V., Kravchenko V.V., Kuderina T.M., Kulik K.N., Rulev A.S., Semenov Yu.M., Suhorukih Yu.I., Florinet F., Haker E. Landscape planning with elements of engineering biology. Moscow: KMK Scientific Press Ltd., 2006. 239 p. (in Russian).

Dushkova D.O., Kirillov S.N. Green infrastructure of the city: the experience of Germany. Bulletin of Volgogradsky State University. Ser. 3. Econ. Ecol., 2016. No. 2(35). P. 136–147 (in Russian).

Forest Encyclopedia. In 2 volumes. Moscow: Soviet Encyclopedia, 1985. 563 p. (in Russian).

Goranova O.A., Atroschenko L.A., Bykova M.V. Complex improvement of urban areas of Moscow. Landscaping of landscaping objects: study guide. Moscow: Moscow State University of the Government of Moscow, 2017. 224 p. (in Russian).

Hubert B. The value of geo-information for insurance. Geographic Information System, 2000. No. 13 (3). P. 13–15 (in German).

Huerta R.E., Yépez F.D., Lozano-García, D.F., Guerra Cobián V.H., Ferriño Fierro A.L., de León Gómez H., Cavazos González R.A., Vargas-Martínez A. Mapping urban green spaces at the metropolitan level using very high-resolution satellite imagery and deep learning techniques for semantic segmentation. Remote Sensing, 2021. V. 13. Art. 2031. DOI: 10.3390/rs13112031.

Khlonov Yu.P. Atlas of trees and shrubs of Western Siberia: Novosibirsk region. Novosibirsk: Nauka, 2003. 118 p. (in Russian).

Kholyavko V.S., Globa-Mikhaylenko D.A. Dendrology and the basics of green construction: Textbook for secondary rural prof.-tech. schools. 2nd ed., reprinted and expanded. Moscow: Higher school, 1980. 248 p. (in Russian).

Kolbovsky E.Y. Landscape planning: textbook manual for students of tertiary education institutions. Moscow: Publishing Center “Academia”, 2008. 336 p. (in Russian).

Kulakova S.A. Assessment of the state of green spaces of the city. Geographical Bulletin, 2012. No. 4 (23). P. 59–66 (in Russian).

Ludwig C., Hecht R., Lautenbach S., Schorcht M., Zipf A. Mapping Public Urban Green Spaces Based on OpenStreetMap and Sentinel-2 Imagery Using Belief Functions. ISPRS Int. J. Geo-Inf., 2021. V. 10. No. 251. 25 p. DOI: 10.3390/ijgi10040251.

Lunts L.B. Urban green construction: textbook. Moscow: Stroyizdat, 1974. 275 p. (in Russian).

Lurye I.K. Geoinformation mapping. Methods of geoinformatics and digital processing of satellite images. Moscow: KDU, 2010. 424 p. (in Russian).

Mazhitova G.Z., Shugulova D.K., Sedelnikov I.A. About the experience of developing a GIS project for the university campus. InterCarto. InterGIS. Geoinformation support of sustainable development of territories: Proceedings of the International Conference. Moscow: Faculty of Geography of Moscow State University, 2022. V. 28. Part 1. P. 603–612. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-1-28-110-120 (in Russian).

Morozova G.Yu., Glukhov V.A., Baburin A.A. Geoinformation system “Green spaces of the city of Khabarovsk”. Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2011. V. 13. No. 1 (6). P. 1367–1370 (in Russian).

Pashkov S.V., Mazhitova G.Z. Application of GIS technologies and aerial photography for geoinformation mapping and modeling of relief of agroland landscapes. The Bulletin of Irkutsk State University. Series “Earth Sciences”, 2020. V. 34. P. 82–95. DOI: 10.26516/2073-3402.2020.34.82 (in Russian).

Pashkov S.V., Mazhitova G.Z. Developing geoinformation support for agricultural landscape design at an agricultural enterprise. *Geographical Bulletin*, 2022. No. 4(63). P. 167–179. DOI: 10.17072/2079-7877-2022-4-167-179 (in Russian).

Savenkova I.V., Pashkov S.V. Bioecological monitoring of trees in the urban environment. *The Academic Journal of Moscow City University*, series: “Natural Sciences”, 2019. No. 4. P. 26–38 (in Russian).

Tikunov V.S., Tsapuk D.A. Sustainable development of territories: cartographic and geoinformation support: Moscow – Smolensk: Publishing House of Smolensk State University, 1999. 176 p. (in Russian).

Trofimchuk D.A., Tokarchuk S.M., Belyuk A.O. Green infrastructure of Brest: information and reference system. Brest: Brest State A.S. Pushkin University, 2020. 49 p. Web resource: <https://arcg.is/nuSyW> (accessed 21.07.2021).

Vaver O.Yu., Grebenyuk G.N., Klemina I.E. The concept of landscaping the territory of the city of Nizhnevartovsk. Nizhnevartovsk: Publishing House of Nizhnevartovsk University for the Humanities, 2010. 55 p. (in Russian).

Zherebtsova G.P., Pronin M.I., Yakubov H.G. Rules for the inventory of green spaces and certification of green areas. Moscow: Prima-Press, 1998. 40 p. (in Russian).
