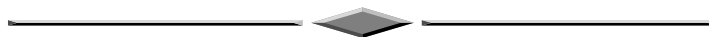


ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ



УДК 332.1

DOI: 10.33764/2411-1759-2020-25-2-169-182

МОНИТОРИНГ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ: МЕТОДЫ, ТЕХНОЛОГИИ, РЕЗУЛЬТАТЫ

Андрей Николаевич Бешенцев

Байкальский институт природопользования СО РАН, 670031, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6, доктор географических наук, профессор РАН, зав. лабораторией, тел. (301)243-36-76, e-mail: abesh@mail.ru

Евгения Эрдэмовна Куклина

Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В. Р. Филиппова, Институт землеустройства, кадастров и мелиорации, 670024, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Пушкина, 8, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. кафедрой, тел. (301)246-67-62, e-mail: kadastr@bgsha.ru

Кирилл Иванович Калашников

Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова, Институт землеустройства, кадастров и мелиорации, 670024, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Пушкина, 8, кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научно-исследовательской работе, тел. (301)246-67-62, e-mail: izkim@bgsha.ru

Нимбу Доржижапович Балданов

Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В. Р., Филиппова, Институт землеустройства, кадастров и мелиорации, 670024, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Пушкина, 8, кандидат биологических наук, зав. кафедрой, тел. (301)246-67-62, e-mail: mel_izkim@bgsha.ru

В статье представлены сведения о методах и технологиях, используемых при оценке динамики урбанизированной территории, дана их краткая характеристика, обозначены преимущества и недостатки. Сформулировано понятие геоинформационного мониторинга урбанизированной территории. Для интеграции разнородных и разноформатных данных и оценки динамики селитебного природопользования на примере г. Улан-Удэ (Республика Бурятия) разработана проблемно ориентированная геоинформационная система (ГИС) мониторинга урбанизированной территории. Представлена функциональная структура ГИС, состоящей из измерительного, аналитического, картографического и издательского блоков, дана характеристика каждого блока. Выполнена оценка динамики урбанизированной территории г. Улан-Удэ по шести временным срезам. Определены физико-географические особенности развития урбанизированной территории, составлена карта динамики города за весь период селитебного освоения, представлен прогноз дальнейшего развития урбанизированной территории по фоновой и локальной застройке.

Ключевые слова: урбанизированная территория, селитебное природопользование, динамика, мониторинг, геоинформационная технология, ГИС.

Введение

Важность изучения селитебного природопользования обусловлена существованием непрерывного процесса воспроизводства городом своей среды и увеличением площади урбанизированной территории, возможностью выявления емкости градостроительной системы и установления ресурсов, необходимых для перспективного развития города. Кроме того, процесс селитебного природопользования характеризуется непрерывной динамикой природных ландшафтов, которая является индикатором преобразования человеком географической среды. Мониторинг и исследования этих изменений имеют большое практическое значение, так как позволяют определить уровень антропогенного воздействия на природные ландшафты, выявить негативные стороны природопользования, осуществить хозяйственную оценку различных участков, сформулировать рекомендации по оптимизации для органов управления и планирования, разработать возможные сценарии дальнейшего развития городской инфраструктуры.

В настоящее время исследования развития городов, в первую очередь, сосредоточены на комплексной экологической оценке динамики городской среды в целом [1–6], городских лесов и парковых территорий [7–9], состояния атмосферного воздуха [10–12], а также на оценке отдельных компонентов среды (почвы, ландшафты, водные объекты) [13–15].

Использование геоинформационной технологии при пространственно-временной оценке развития урбанизированной территории повышает точность и оперативность исследований, снижает уровень субъективизма, обеспечивает возможность систематизировать и использовать значительные объемы пространственных данных [16–21]. Источником данных для создания городских ГИС служат технические и технологические инновации. Оценка точности и оперативности этих новых методик и технологий представляет собой важное исследовательское направление.

Разработка на основе геоинформационной технологии надежного методического аппарата, позволяющего хранить и накапливать большие объемы пространственных данных, анализировать их и получать новую информацию о городских территориях, отвечать на запросы пользователя и оперативно выдавать информацию в любой форме, является актуальной задачей. Создание ГИС мониторинга урбанизированной территории обеспечит реализацию землеустроительных и земельно-кадастровых проектов, снижение трудозатрат и оперативность обновления кадастровой документации, оптимизацию решения традиционных задач при оценке земельно-имущественных отношений.

Материалы и методы

Под понятием «урбанизированная территория» (УТ) мы понимаем участок суши, занятый поселением городского типа и связанными с ним производственными, транспортными и инженерными сооружениями [22].

Под мониторингом понимается технологическая система или процесс наблюдений, оценки и прогноза развития компонентов географической среды, главным образом под влиянием человеческой деятельности, с целью выявления негативных изменений и разработки рекомендаций по их устранению. В обоих случаях речь идет о необходимости регламентированных периодических наблюдений и качественно-количественной оценке изменений географической среды. В информационном и техническом аспектах современный мониторинг базируется на геоинформационной технологии, которая позволяет совместить эти два понятия.

Таким образом, под геоинформационным мониторингом урбанизированной территории (ГМУТ) мы понимаем программно-управляемую систему периодической информационной регистрации физико-географических параметров урбанизированной территории, позволяющую в интерактивном режиме оценивать и моделировать долговременную динамику селитебного освоения земной поверхности.

При ГМУТ используется комплекс методов и технологий, некоторые из них имеют тысячелетнюю историю, некоторые появились совсем недавно.

Картографический метод исследования при ГМУТ позволяет оценивать динамику УТ за длительный период. К настоящему времени различными организациями и ведомствами накоплены значительные массивы тематических и топографических карт разных лет издания Корпуса военных топографов, ГУГиК, Генерального штаба СССР и Роскартографии. Эти карты создаются около 300 лет в единых картографических проекциях и системах координат, характеризуются общностью картографируемых объектов и отображаемых параметров, сходством принятых классификаций, преемственностью методов составления и принципов генерализации. Они являются регламентированными историческими документами, представляющими собой разновременные модели физико-географического и социально-экономического состояния территории. Они характеризуются необходимой геометрической точностью пространственной основы, полнотой содержания, достоверностью и широким временным диапазоном. Именно по этой причине они могут служить информационной основой для современного ГМУТ и оценки долговременной динамики УТ и урбанизированной среды в целом [23, 24]. Внедрение геоинформационной технологии позволяет автоматизировать механизм использования разновременных карт для исследований динамики городских структур жизнеобеспечения и антропогенного преобразования земной поверхности.

Для долгосрочного ГМУТ г. Улан-Удэ использованы: план г. Верхнеудинска масштаба 1 : 70 000 издания около 1800 г.; листы топокарты масштаба

1 : 84 000 издания 1896–1914 гг.; листы топокарты масштаба 1 : 50 000 издания 1952 г.; листы топокарты масштаба 1 : 100 000 издания 1974 г.; листы топокарты масштаба 1 : 100 000 издания 2015 г. (рис. 1).

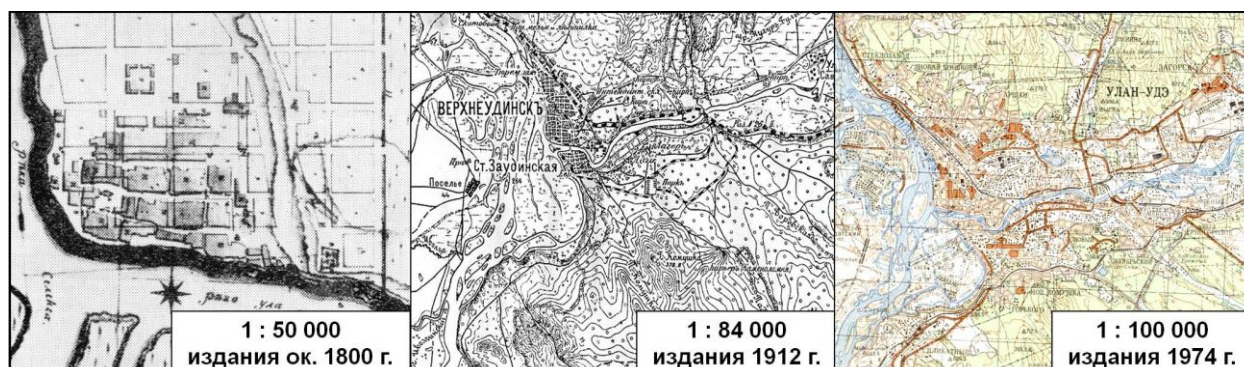


Рис. 1. Разновременные карты г. Улан-Удэ

Статистический метод применяется при оценке временных изменений физико-географических параметров УТ и качественно-количественных характеристик объектов недвижимости и земельных участков (количество объектов недвижимости, количество и площади земельных участков, экологическое состояние почв и др.). Этот метод предполагает построение динамических рядов развития объектов и математический анализ этих рядов.

Метод дистанционного зондирования. Получение разновременных данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ) является начальным этапом исследования динамики УТ, а их дешифрирование и анализ результатов дешифрирования – итогом этих исследований. На сегодняшний день имеется значительное количество поставщиков ДДЗЗ, разработана и функционирует обширная материально-техническая база средств получения ДДЗЗ, наблюдается большое разнообразие технологий получения различных характеристик по аэро- и космическим снимкам. При этом следует отметить, что оценка динамики УТ может быть выполнена лишь за последние 30–40 лет (рис. 2).



Рис. 2. Разновременные ДДЗЗ г. Улан-Удэ

Геодезические методы обеспечивают пространственное определение УТ и местоположение объектов недвижимости на земной поверхности. Частная дифференциация геодезических методов (геометрические, геодезические, астрономические) обусловлена площадью территории, занимаемой оцениваемой урбогеосистемой. При организации локальных городских структур и малых городов используются геометрические методы оценки территории, не учитывающие кривизну Земли и базирующиеся на местных системах координат. При оценке региональных агломераций и больших городов используются геодезические методы, позволяющие выполнять оценку значительных территорий земной поверхности на основе геодезической системы координат. Одним из спутниковых методов является технология глобального позиционирования, которая благодаря простоте приборного обеспечения в короткий срок заняла в обществе важное положение. Основой идеи определения координат GPS-приемником является вычисление расстояния до нескольких спутников, расположение которых считается известным. Этот метод вычисления положения объекта по измерению его удаленности от точек с заданными координатами известен как трилатерация. Метод позволяет осуществлять оперативную регистрацию границ УТ и объектов недвижимости с помощью треков и полигонов.

Технология локальной околоземной съемки с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является оперативным и наименее трудозатратным способом визуализации УТ и объектов недвижимости. Среднее разрешение съемки – 1 пиксель на 20 см с высоты 500 м. При подъеме на 500 м охват при вертикальной полосе съемки составляет примерно 1 000 на 500 м или примерно 0,65 км², что в ландшафтной иерархии соответствует уровню урочища. Процесс обработки аэроснимков полностью автоматизирован и не требует предварительной калибровки камеры или ее ручной маркировки. Полученный ортофотоплан экспортируется в информационную среду для последующей аналитической обработки и картографирования. Векторизация и наполнение таблиц атрибутов отснятой УТ и объектов недвижимости осуществляются в полуавтоматическом режиме.

Ортотрансформированные изображения, получаемые на основании данных БПЛА, являются важным источником информации, позволяющим выявлять объекты недвижимости, производить их метрическую планово-высотную оценку. Эти материалы позволяют получить пространственные данные, которые отсутствуют в государственных и муниципальных информационных ресурсах и у других поставщиков данных. Они могут использоваться в качестве доказательств для разрешения конфликтов между собственниками, а также активно используются для выявления объектов налогообложения в части имущественных налогов, нарушений земельного и градостроительного, лесного, водного законодательства и во многих других случаях.

Одной из новейших геодезических технологий, возникшей благодаря синтезу достижений компьютерных технологий, оптико-электронного приборостроения и лазерной техники, в настоящее время является **лазерное сканирование**.

Оно позволяет представить сканируемый объект или участок местности в виде набора точек с известными пространственными координатами. Измерения осуществляются с использованием специального геодезического прибора – лазерного сканера, в полностью автоматизированном режиме, и характеризуются чрезвычайно высокой скоростью наблюдения (от нескольких десятков тысяч до миллиона определений координат в секунду). Дальнейшая визуализация результатов измерений может осуществляться в различных формах: двухмерные цифровые карты, трехмерные модели, наборы поперечных сечений, статистические массивы и другие, исходя из целей исследования [25, 26].

Геоинформационная технология. Для интеграции больших объемов разнородных разновременных данных о развитии УТ в Байкальском институте природопользования СО РАН создана ГИС на базе программного пакета ArcGIS. В результате автоматизации данных в среде ArcGIS создаются геоинформационные ресурсы для ГМУТ, регистрирующие разновременные физико-географические параметры УТ в виде совокупности векторных слоев (shp-файлы) и однозначных таблиц-атрибутов (dbf-таблицы). Информационная структура базы данных ресурсов разработана на основе элементов содержания топографических карт.

Функциональная задача ГИС – непрерывная информационная диагностика пространственного и качественно-количественного состояния УТ во взаимосвязи с экологической оценкой последствий. Конечная цель системы – разработка универсальных геоинформационных моделей и типовых запросов развития городских объектов и территорий, целевое назначение и принципы создания которых формируются под влиянием требований пользователей.

Техническую базу *измерительного блока* составляют геохимические и геодезические приборы, предназначенные как для полевой регистрации селитебных объектов и территорий, так и для камеральной обработки геоданных. Геодезические приборы обеспечивают надежное измерение координат границ земельных участков и объектов недвижимости непосредственно в поле с последующим конвертированием в информационную среду и, соответственно, высокую точность математической основы создаваемых геоинформационных ресурсов.

Аналитический блок решает задачи обработки геоданных, анализа и получения новой геоинформации. Он представлен необходимыми техническими и программными средствами, системой геоинформационных запросов динамики освоенной территории, обслуживается квалифицированным персоналом, выполняющим ввод, обработку, анализ и хранение пространственной и атрибутивной информации, и обеспечивает надежное функционирование всех операций исследования селитебного природопользования.

Картографический блок содержит картографическую базу данных территории, снабжен алгоритмами геоинформационного картографирования и моделирования, позволяет оперативно создавать и обновлять картографическую продукцию, обеспечивает возможность автоматизированного картосоставления, а также интерактивную работу пользователя в режиме запроса. *Издатель-*

ский блок обеспечивает малотиражную печать информации в любом виде, а также публикацию любых документов в сети Интернет.

Информационное содержание ГИС составляют разновременные цифровые карты, ДДЗЗ, статистическая, литературная информация, фотографические материалы, разновременные геохимические и геофизические данные. Плановой базой ГИС является топографическая основа трех пространственных уровней:

- региональный (1 : 200 000) для мониторинга агломераций и больших городов;
- локальный (1 : 50 000, 1 : 100 000) для оценки динамики селитебного освоения территории;
- детальный (1 : 10 000, 1 : 25 000) для оценки динамики конкретного населенного пункта и его отдельных районов.

Высотной основой для оценки УТ является цифровая модель рельефа (SRTM), позволяющая регистрацию морфометрических параметров системы природопользования; определение углов наклона и экспозиции склонов; построение трехмерных изображений объектов; профилей поперечного сечения; оценку формы склонов (рис. 3).



Рис. 3. Цифровая модель рельефа г. Улан-Удэ

Обсуждение результатов

Город Улан-Удэ (Верхнеудинск) начал свое развитие в качестве опорного пункта русских за Байкалом. Удобное географическое положение в короткий срок определило его как важный транзитный и торговый населенный пункт. Первоначально г. Верхнеудинск представлял собой посад, занимающий подгорную и луговую территорию, непосредственно примыкающую к правобережью р. Уды и деревянную крепость, расположенную на Батарейной горе. Территория, занимаемая городом, представляет собой разновидность горных западно-забайкальских ландшафтов даурского типа. Основу ее составляют длинные осоково-злаковые лугово-болотные и мелкодерновинно-злаковые литофильные ландшафты террас и шлейфов.

Развитие города началось с западного склона Батарейной горы. Пионерное заселение происходило в западном направлении вдоль ограничивающего рубе-

жа – правого берега р. Уды до высоты 515 м. К 1750 г. площадь селитебной территории составляла 0,6 км², она достигла следующего водного рубежа – р. Селенги, ее развитие продолжилось преимущественно в северном направлении между Селенгой и ее старицей. В этот же период (около 1780 г.) началось заселение левого берега р. Уды до высоты 520 м (рис. 4).

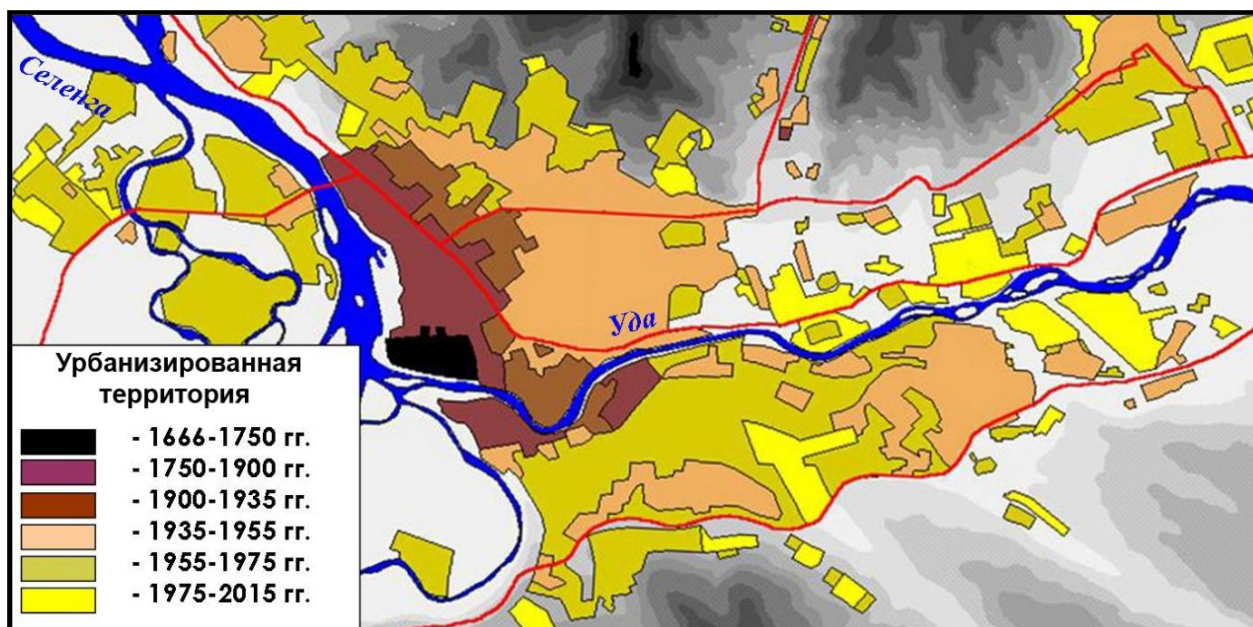


Рис. 4. Карта динамики урбанизированной территории г. Улан-Удэ

Начавшееся строительство Транссиба (ок. 1900 г.) обусловило равномерное параллельное заселение вверх по юго-западному склону подножия хребта Улан-Бургасы до высоты 550 м с минимальной скоростью. На территории города имелись паровая мельница, лесопилка, скотобойня – в северной части; интендантские склады, три кирпичных печи – в западной части; три часовни, одна церковь. На левом берегу, помимо жилых построек, находился казачий лагерь, парк для ремонта паровозов, две железнодорожные ветки, имелось два моста через р. Уду. К этому времени уже началось освоение долины р. Верх. Березовки. Этот этап характеризуется континуальным центробежным движением селитбы на участках ниже 560 м с преобладанием низкоэтажной неогнестойкой застройки.

Период с 1910 по 1934 г. характеризуется равномерным развитием селитебной территории в северо-восточном направлении до высоты 580 м, а также активным заселением восточного склона Батарейной горы и прилегающего участка с высотой до 520 м при ограничивающем воздействии антропогенного рубежа – Транссиба. Произошло незначительное заселение левого берега р. Уды до высоты 510 м.

Временной отрезок 1934–1952 гг. характеризуются наибольшим развитием селитебной территории и максимальной скоростью заселения, развитием

дорожной сети, строительством промышленных объектов, которые определили новые центры селитьбы. Именно в этот период был преодолен наиболее жесткий рубеж – р. Селенга. Восточная граница города переместилась на 2–3 км, северная поднялась до высоты 640 м. Была заселена оставшаяся территория между р. Удой и Транссибом и юго-восточный склон подножия хребта Улан-Бургасы с наибольшими скоростями освоения за весь исследуемый период. В это же время происходило активное освоение долины р. Верхняя Березовка, сопровождавшееся строительством дач и учреждений отдыха, а также появлением плодово-ягодных садов. К 1952 г. появились новые крупные селитебные центры: п. Стеклозавод площадью 0,5 км² на высотах 520–560 м; п. Авиазавод площадью 1,6 км² на высотах 510–520 м; п. Матросова площадью 0,15 км²; п. Верхняя Березовка площадью 0,1 км² на высоте 530 м. Этот этап определяется возникновением дискретных центров селитьбы, интенсивной застройкой, освоением левого берега р. Селенга, дифференциацией селитебной территории по социально-экономическим функциям.

Современный г. Улан-Удэ представляет собой сложившуюся урбогеосистему площадью 365 км² с оформившимися функциональными зонами и районами. Современная территориальная организация города и пространственная структура его развития определяют два основных стратегических направления дальнейшей застройки. Это территориальные ресурсы юго-восточного (падь р. Воровка) и юго-западного участков, примыкающих к городу. Также важными и перспективными градостроительными ресурсами являются территория Батарейной горы в центре города и территория воинской части в центре Октябрьского района (рис. 5).

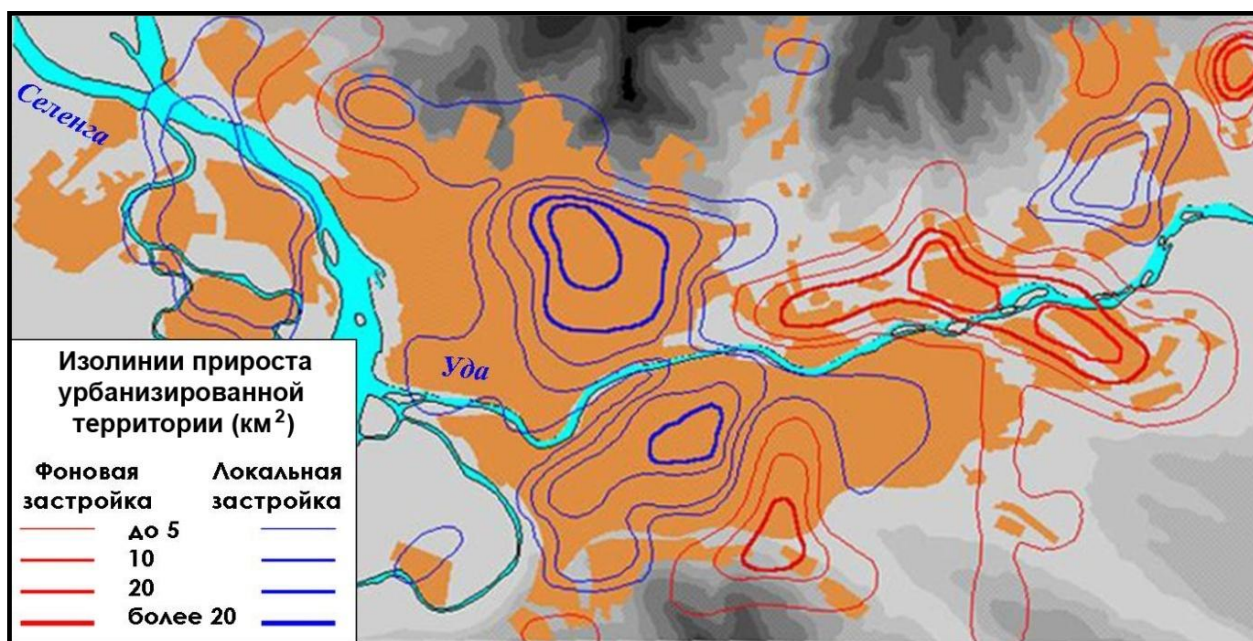


Рис. 5. Прогноз развития урбанизированной территории г. Улан-Удэ

Заключение

Созданная ГИС мониторинга г. Улан-Удэ представляет собой необходимый и достаточный программно-технический модуль реализации землеустроительных и земельно-кадастровых проектов, способствует снижению трудозатрат и оперативности обновления кадастровой документации, оптимизирует решение традиционных задач при оценке земельно-имущественных отношений. Она обеспечивает высокую точность математической основы карт, возможность интерактивного редактирования кадастровых материалов на всех этапах составления и подготовки к изданию, а также автоматизированную реализацию всех аспектов пространственной и качественно-количественной оценки УТ и селитебного природопользования в целом. ГИС позволяет исследовать структуру пространственно-временных инвариантов динамики городской среды, прогнозировать тенденции и направления изменений, фиксировать позитивные и негативные стороны преобразования земной поверхности и формулировать рекомендации по оптимизации природопользования. ГИС соответствует всем международным требованиям для аналогичных продуктов, открыта для дополнения любой геоинформацией, методически проста и управляема. Управление системой предполагает возможность создания различных карт и геоинформационных запросов развития селитебных объектов.

Работа выполнена в рамках Государственного задания БИП СО РАН.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горохов И. Н. Дистанционный экологический мониторинг урбанизированных территорий // Экологические системы и приборы. – 2008. – № 2. – С. 10–11.
2. Крутских Н. В., Кравченко И. Ю. Использование космоснимков Landsat для геоэкологического мониторинга урбанизированных территорий // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2018. – Т. 15, № 2. – С. 159–170.
3. Разяпов А. З. Экологический мониторинг урбанизированных территорий // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – 2011. – № 8. – С. 33–54.
4. Маракулина Н. А., Разяпов А. З. О проблемах экологического мониторинга урбанизированных территорий // Экология Центрально-Черноземной области Российской Федерации. – 2013. – № 1–2 (30–31). – С. 143–151.
5. Кобалинский М. В., Симонов К. В. Информационное обеспечение экологического мониторинга урбанизированных территорий // Информация и связь. – 2013. – № 2. – С. 118–121.
6. Савченко А. Б. Мониторинг качества развития высоко-урбанизированных территорий // Экология урбанизированных территорий. – 2015. – № 2. – С. 6–10.
7. Рысин Л. П., Савельева Л. И., Рысин С. Л. Мониторинг лесов на урбанизированных территориях // Экология. – 2004. – № 4. – С. 243–248.
8. Цифровое картографическое обеспечение для управления городскими зелеными насаждениями / О. Н. Николаева, Л. К. Трубина, П. И. Муллаярова, В. И. Татаренко // Вестник СГУГиТ. – 2019. – Т. 24, № 4. – С. 132–141.
9. Погорелов А. В., Липилин Д. А. Зеленые насаждения города Краснодара. Оценка и многолетние изменения // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2017. – № 3 (27). – С. 192–205.

10. Прогнозирование динамики воздушной среды в городской застройке / Е. А. Скобелева, А. В. Абрамов, О. В. Пилипенко, О. А. Пчеленок, М. В. Родичева // *Строительство и реконструкция*. – 2019. – № 1 (81). – С. 106–114.
11. Шумилин А. Д., Вершинин Н. Н., Авдоница Л. А. Мониторинг и прогнозирование влияния автомобильного транспорта на воздушный бассейн города Пенза // *Надежность и качество сложных систем*. – 2016. – № 2 (14). – С. 97–103.
12. Опыт математического моделирования загрязнения атмосферного воздуха и частоты заболеваний органов дыхания у населения Улан-Батора / В. А. Батурин, Н. В. Ефимова, С. Будням, А. Б. Столбов, Н. С. Малтугуева, Т. А. Елфимова // *Успехи современного естествознания*. – 2016. – № 3. – С. 136–140.
13. Силаев А. В. Картографический анализ состояния селитебных и распаханых территорий Тункинской котловины за последнее столетие // *Вестник Иркутского государственного технического университета*. – 2013. – № 2 (73). – С. 80–84.
14. Разработка метода ретроспективного картографирования почвенного покрова земель населенных пунктов / Г. А. Уставич, Л. А. Пластинин, Я. Г. Пошивайло, И. П. Каретина // *Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка*. – 2013. – № 4. – С. 99–103.
15. Хромых О. В., Хромых В. В., Хромых В. С. Естественная и антропогенная динамика ландшафтов поймы Томи в окрестностях г. Томска // *Вестник Томского государственного университета*. – 2015. – № 400. – С. 426–433.
16. Медведева Ю. Д. Методика геоинформационного обеспечения управления объектами недвижимости населенного пункта // *Вестник СГУГиТ*. – 2018. – Т. 23, № 2. – С. 171–184.
17. Каган П. Б., Хоркина Ж. А., Зуева А. В. Мониторинг градостроительного развития городских территорий, в том числе с использованием информационных технологий // *Инженерно-строительный журнал*. – 2012. – № 9 (35). – С. 3–8.
18. Сизов А. П. Новые подходы к картографированию результатов мониторинга земель сверхкрупного города // *Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка*. – 2010. – № 5. – С. 63–71.
19. Шевченко Д. П., Васильев А. В. Программное обеспечение для автоматизированной системы экологического мониторинга физических загрязнителей урбанизированных территорий // *Известия Самарского научного центра РАН. Специальный выпуск: ELPIT*. – 2005. – Т. 2. – С. 292–295.
20. Камынина Н. Р. Планирование и развитие городских территорий // *Вестник СГУГиТ*. – 2016. – Вып. 4 (36). – С. 184–191.
21. Бугаков П. Ю. Зарубежный опыт в области картографической генерализации трехмерных моделей городских территорий // *Вестник СГУГиТ*. – 2017. – Т. 22, № 1. – С. 142–151.
22. Дедю И. И. Экологический энциклопедический словарь / И. И. Дедю ; предисл. В. Д. Федорова. – Кишинев : Гл. ред. Молд. сов. энцикл., 1990. – 406 с.
23. Шмелёв В. К. Географическая привязка старых карт (на примере карт города Москвы) // *Приложение к журналу Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. Сборник статей по итогам научно-технической конференции*. – 2015. – № 8. – С. 121–124.
24. Кондратьев И. И. Картография XVIII столетия: от артефакта к источнику (методика топографической адаптации картографических материалов XVIII века) // *Вестник Тверского государственного университета*. – Серия: История. – 2009. – № 2. – С. 90–98.
25. Комиссаров А. В. Обоснование направлений использования данных цифровой съемки при наземном лазерном сканировании // *Вестник СГУГиТ*. – 2016. – Вып. 1 (33). – С. 95–100.
26. Пархоменко Д. В., Пархоменко И. В. Лазерное сканирование в государственном кадастре недвижимости: технологические и правовые аспекты // *Вестник СГУГиТ*. – 2016. – Вып. 1 (33). – С. 114–123.

Получено 04.02.2020

© А. Н. Бешенцев, Е. Э. Куклина, К. И. Калашиков, Н. Д. Балданов, 2020

MONITORING OF THE URBANIZED TERRITORY: METHODS, TECHNOLOGIES, RESULTS

Andrey N. Beshentsev

Baikal Institute of Nature Management SB RAS, 6, Sakhyanova St., Ulan-Ude, 670031, Russia, D. Sc., Professor of RAS, Head of Laboratory, phone: (301)243-36-76, e-mail: abesh@mail.ru

Evgenia E. Kuklina

Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov, Institute of Land Management, Cadastres and Melioration, 8, Pushkina St., Ulan-Ude, 670024, Russia, Ph. D., Head of Department, phone: (301)246-67-62, e-mail: kadastr@bgsha.ru

Kirill I. Kalashnikov

Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov, Institute of Land Management, Cadastres and Melioration, 8, Pushkina St., Ulan-Ude, 670024, Russia, Ph. D., Deputy Director for Research, phone: (301)246-67-62, e-mail: izkim@bgsha.ru

Nimbu D. Baldanov

Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov, Institute of Land Management, Cadastres and Melioration, 8, Pushkina St., 670024, Russia, Ulan-Ude, Ph. D., Head of Department, phone: (301)246-67-62, e-mail: mel_izkim@bgsha.ru

The article provides information on the methods and technologies used in assessing the dynamics of an urbanized territory, gives a brief description of them, and outlines the advantages and disadvantages. The concept of geoinformation monitoring of an urbanized territory is formulated. To integrate heterogeneous and diverse data and assess the dynamics of residential nature management using the example of Ulan-Ude (The Republic of Buryatia), a problem-oriented GIS for monitoring an urbanized area has been developed. The functional structure of a GIS consisting of measuring, analytical, cartographic and publishing blocks is presented, a characteristic of each block is given. The dynamics of the urbanized territory of the city of Ulan-Ude has been estimated for six time slices. The physical and geographical features of the development of the urbanized territory are determined, a map of the dynamics of the urban territory for the entire period of residential development is compiled, a forecast for the further development of the urbanized territory by background and local development is presented.

Key words: urban area, residential nature management, dynamic, monitoring, geoinformation technology, GIS.

REFERENCES

1. Gorokhov, I. N. (2008). Remote environmental monitoring of urban areas. *Ekologicheskiye sistemy i pribory [Ecological Systems and Devices]*, 2, 10–11 [in Russian].
2. Krutskikh, N. V., & Kravchenko, I. Yu. (2018). The use of Landsat satellite imagery for geoecological monitoring of urbanized territories. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space]*, 15(2), 159–170 [in Russian].
3. Razyapov, A. Z. (2011). Ecological monitoring of urban areas. *Problemy okruzhayushchey sredy i prirodnikh resursov [Problems of the Environment and Natural Resources]*, 8, 33–54 [in Russian].
4. Marakulina, N. A., & Razyapov, A. Z. (2013). On the problems of environmental monitoring of urbanized territories. *Ekologiya Tsentral'no-Chernozemnoy oblasti Rossiyskoy*

Federatsii [Ecology of the Central Black Earth Region of the Russian Federation], 1–2(30–31), 143–151 [in Russian].

5. Kobalinsky, M. V., & Simonov, K. V. (2013). Information support of environmental monitoring of urban areas. *Informatsiya i svyaz' [Information and Communication]*, 2, 118–121 [in Russian].

6. Savchenko, A. B. (2015). Monitoring the quality of development of highly urbanized territories. *Ekologiya urbanizirovannykh territoriy [Ecology of Urbanized Territories]*, 2, 6–10 [in Russian].

7. Rysin, L. P., Savelyeva, L. I., & Rysin, S. L. (2004). Forest monitoring in urban areas. *Ekologiya [Ecology]*, 4, 243–248 [in Russian].

8. Nikolaeva, O. N., Trubina, L. K., Mullayarova, P. I., & Tatarenko, V. I. (2019). Digital cartographic support for urban green space management. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 24(4), 132–141 [in Russian].

9. Pogorelov, A. V., & Lipilin, D. A. (2017). Green spaces of the city of Krasnodar. Assessment and long-term changes. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Prikladnaya ekologiya. Urbanistika [Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Applied Ecology. Urban Studies]*, 3(27), 192–205 [in Russian].

10. Skobeleva, E. A., Abramov, A. V., Pilipenko, O. V., Pchelenok, O. A., & Rodicheva, M. V. (2019). Prediction of the dynamics of the air in urban areas. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya [Construction and Reconstruction]*, 1(81), 106–114 [in Russian].

11. Shumilin, A. D., Vershinin, N. N., & Avdonina, L. A. (2016). Monitoring and forecasting the impact of road transport on the air basin of the city of Penza. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh sistem [Reliability and Quality of Complex Systems]*, 2(14), 97–103 [in Russian].

12. Baturin, V. A., Efimova, N. V., Budnyam, S., Stolbov, A. B., Maltugueva, N. S., & Elfimova, T. A. (2016). The experience of mathematical modeling of air pollution and the frequency of respiratory diseases in the population of Ulan Bator. *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya [Successes in Modern Science]*, 3, 136–140 [in Russian].

13. Silaev, A. V. (2013). Cartographic analysis of the status of residential and plowed territories of the Tunkinsky depression over the past century. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of the Irkutsk State Technical University]*, 2(73), 80–84 [in Russian].

14. Ustavich, G. A., Plastinin, L. A., Poshivailo, Ya. G., & Karetina, I. P. (2013). Development of a method for retrospective mapping of the soil cover of the lands of settlements. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'yemka [Izvestiya vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 4, 99–103 [in Russian].

15. Khromykh, O. V., Khromykh, V. V., & Khromykh, V. S. (2015). Natural and anthropogenic dynamics of the landscape of the Tom River floodplain in the vicinity of Tomsk. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta [Tomsk State University Bulletin]*, 400, 426–433 [in Russian].

16. Medvedeva, Yu. D. (2018). Methodology of geoinformation support for real estate management of a settlement. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SGUGiT]*, 23(2), 171–184 [in Russian].

17. Kagan, P. B., Khorkina, Zh. A., & Zueva, A. V. (2012). Monitoring urban development of urban areas, including using information technology. *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal [Engineering and Construction Journal]*, 9(35), 3–8 [in Russian].

18. Sizov, A. P. (2010). New approaches to mapping the results of monitoring the lands of a super-large city. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'yemka [Izvestiya vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 5, 63–71 [in Russian].

19. Shevchenko, D. P., & Vasiliev, A. V. (2005). Software for an automated system for environmental monitoring of physical pollutants in urban areas. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo*

tsentra RAN. Spetsial'nyy vypusk: ELPIT [Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Special Issue: ELPIT], 2, 292–295 [in Russian].

20. Kamylnina, N. R. (2016). Planning and development of urban areas *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 4(36), 184–191 [in Russian].

21. Bugakov, P. Yu. (2017). Foreign experience in the field of cartographic generalization of three-dimensional models of urban territories. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 22(1), 142–151 [in Russian].

22. Dedyu, I. I. (1990). Ecological Encyclopedic Dictionary. Kishinev: Moldavian Soviet Encyclopedia Publ., 406 p. [in Russian].

23. Shmelev, V. K. (2015). Geographical reference of old maps (on the example of maps of the city of Moscow). *Prilozheniye k zhurnalu Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos"yemka. Sbornik statey po itogam nauchno-tekhnicheskoy konferentsii [Appendix to the Journal Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotography. Collection of Articles Following the Results of a Scientific and Technical Conference]*, 8, 121–124 [in Russian].

24. Kondratiev, I. I. (2009). Cartography of the 18th century: from an artifact to a source (methodology for topographic adaptation of cartographic materials of the 18th century). *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Tver State University]*, 2, 90–98 [in Russian].

25. Komissarov, A. V. (2016). Substantiation of the directions of using digital survey data for ground-based laser scanning. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 1(33), 95–100 [in Russian].

26. Parkhomenko, D. V., & Parkhomenko, I. V. (2016). Laser scanning in the state real estate cadastre: technological and legal aspects. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 1(33), 114–123 [in Russian].

Received 04.02.2020

© A. N. Beshentsev, E. E. Kuklina, K. I. Kalashnikov, N. D. Baldanov, 2020