

© Т. В. КОТОВА

**ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ
(ДАЙДЖЕСТ ПО МАТЕРИАЛАМ КОНФЕРЕНЦИИ
ИНТЕРКАРТО. ИНТЕРГИС. 1994–2020)**

Т. В. Котова

GEOINFORMATION RESEARCH AND VEGETATION MAPPING

(DIGEST BASED ON THE PROCEEDINGS OF THE INTERCARTO. INTERGIS CONFERENCE. 1994–2020)

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова
119991, Москва, Ленинские горы, д. 1.

Lomonosov Moscow State University. E-mail: tatianav.kotova@yandex.ru

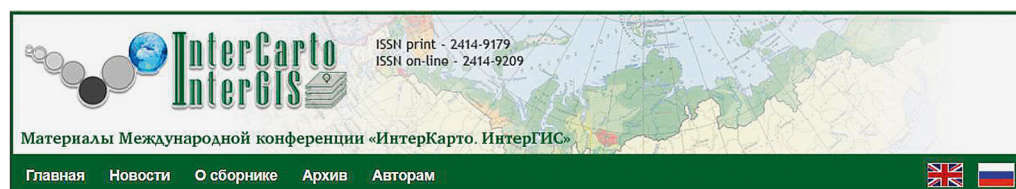
Ключевые слова: дайджест, Международная научная конференция ИнтерКарто. ИнтерГИС, геоинформационные технологии, растительность.

Key words: digest, International Scientific Conference InterCarto.InterGIS, geoinformation technology, vegetation.

Введение

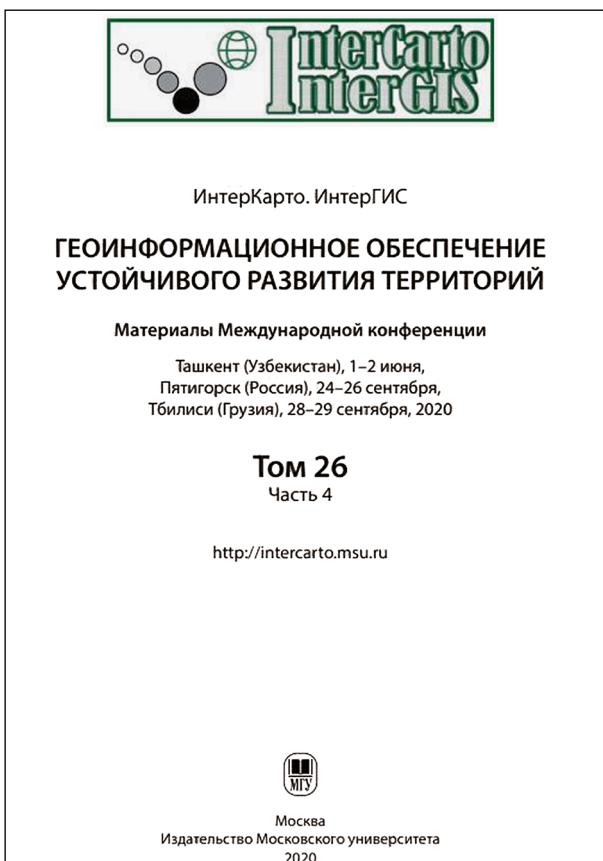
Перспективы в изучении и картографировании растительности во многом определяются расширением междисциплинарных связей и активностью освоения новейших технологий (Ганнибал, 2011). Свидетельством продвижения геоботанических исследований в этом направлении стали публикации в Материалах международной научной конференции ИнтерКарто. 1994–2003; ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2004–2020 (Materialy... [сайт]).

Организованная по инициативе российских ученых международная конференция первоначально имела целью внедрение в изучение и картографирование окружающей среды геоинформационных технологий, с освоением которых отечественная наука и практика несколько запаздывали в сравнении с зарубежными работами. Первое заседание конференции в 1994 г. и все последующие (в 2020 состоялась очередная 26-я), проходившие в России и параллельно во многих зарубежных странах, стали центром обмена методологическими наработками и достижениями информационной технологии в целом ряде областей науки, образовательной и практической деятельности. Внедрение их в повседневную практику расширило и обогатило проблематику, повысило эффективность и достоверность результатов исследования. Особую актуальность этим материалам придавала их включенность в парадигму устойчивого развития, под идеей которого проходят практически все заседания конференции.



Очень быстро к ее работе подключились геоботаники и специалисты смежных областей, постепенно открывая для себя возможности и преимущества информационных технологий. В общей сложности в трудах конференции за четверть века опубликовано более 125 статей по тематике, связанной с изучением и картографированием растительности. Коллективный опыт 25-летнего применения новых технологий может быть полезен и в постановке последующих проектов.

Обзор материалов в рамках конференции дает некоторое представление о направлениях реализации ГИС-проектов и перспективах информационных технологий в геоботанических исследованиях и позволяет акцентировать внимание на публикациях, представляющих примеры использования таких технологий для решения различных задач. В соответствии с концепцией ежегодника «Геоботаническое картографирование» обзор организован по тематическим разделам, отражающим области применения геоинформатики и специфику методологии решаемым задачам: 1. Растительность; 2. Динамика, состояние и экологические функции растительности; 3. Биоразнообразие и его оценка; 4. Растительные ресурсы; 5. Мониторинг растительности.



Растительность

В качестве предпосылки освещения этой темы уместно привести фрагмент из статьи В. А. Рыжковой, И. В. Даниловой, М. А. Корец (Ryzhkova et al., 2015: 82), наилучшим образом отражающий суть потенциала происходящих технологических инноваций: «За последние десятилетия произошла смена парадигмы в картографии. На смену традиционному подходу, когда карта рассматривалась как конечный продукт, “сообщая” информацию о пространственном распределении объектов (парадигма сообщения), а исходная, не классифицированная информация была недоступна, все более широкое распространение получает альтернативный подход, основанный на том, что карта должна не только сообщать информацию, но и позволять ее анализировать (аналитическая парадигма) (DeMers, 1999). Карта уже не статичный объект, а компьютерная база данных. Такой подход в корне меняет принципы отражения на карте связей растительности с факторами среды, позволяет показать статистический характер связей между различными компонентами экосистем, что значительно ближе к тому, что мы наблюдаем в природе».

Обзор, по ряду соображений, целесообразно начать с работ, проводимых в Институте биологических проблем Севера ДВО РАН. К началу XX в. картографическая изученность растительности севера Дальнего Востока оставалась мало представленной и с меньшим содержательным разрешением в сравнении с другими регионами. Это всегда отмечалось при подготовке обзорных карт растительности СССР, а затем и России. Тем с большим удовлетворением отмечаешь разворот этих исследований на базе

информационных технологий, знакомясь с публикациями Института, начиная с 2000 г. Большая часть их принадлежит А. Н. Полежаеву и его коллегам. По ним можно проследить, как последовательно шло освоение новых технологий, расширялись горизонты исследований, их задачи и проблематика.

«Проект ГИС: Интегрированная карта растительности Севера Дальнего Востока России» (Polezhaev, 2000) предполагал ее подготовку на основе опубликованных карт природы (четверичных отложений, гидрогеологической, почвенной и др.) м. 1 : 2 500 000, изданных в период 1964–1991 гг. в реальных географических координатах посредством ArcView 3.2 для Windows. Графическая и атрибутивная информация представлена слоями: гидрография, рельеф, почвы, четверичные отложения, мерзлота, растительность. Легенда организуется с учетом особенностей рельефа, климата и почв по зонально-типологическому принципу. В пределах каждой подзоны показываются серии растительных комплексов, связанных с рельефом, кислотностью почв, мерзлотой, составом активных, доминантных и характерных растительных сообществ.

В публикациях 2007 и 2008 гг. (Polezhaev, 2007, 2008) «Проект ГИС: Растительность Севера Дальнего Востока России» и «Растительность Северной Азии в проектах региональных информационных систем» поднимается вопрос о концепции этого проекта ГИС как части региональной информационной системы по биологическим ресурсам и биологическому разнообразию на основе обобщения карт масштабов 1 : 100 000 или 1 : 200 000. Очевидно, что при таком подходе несравнимо возрастает научная и практическая значимость ГИС (новые сведения о составе и структуре растительности, закономерностях пространственного распределения, мониторинг, возможности рационального управления и использования). Подготовка ГИС планировалась в несколько этапов с решением конкретных задач. В качестве примера, иллюстрирующего преимущества информационных систем, приведен один из вариантов легенды карты растительности. Она включает 70 типов комплексов растительности. Запланировано создание серии тематических карт (природоохранных, ресурсных, карт ареалов, лесов, охотугодий и др.). Основным методом анализа картографической информации региональных информационных систем с целью изучения территориальных единиц растительного покрова разного уровня выбран метод геоботанического районирования. В результате исследований впервые получены региональные (Магаданская область, Чукотский и Корякский округа) крупномасштабные карты растительности, включенные в проекты информационных систем. Впервые разработаны полные иерархические схемы регионального геоботанического районирования и дана количественная характеристика структуры растительности каждого района.

Две последующие публикации посвящены картометрическому анализу растительного покрова Магаданской области и Чукотского автономного округа с использованием геоинформационных технологий (Polezhaev, 2010, 2011). Результаты анализа способствовали объективизации установления закономерностей растительности, повышению достоверности карт, обогащению содержания через насыщение количественными показателями.

В статье «ГИС в картировании растительности Севера Дальнего Востока России» (Polezhaev, 2012) подведены некоторые итоги и обобщен опыт постановки таких исследований для уточнения основных ботанико-географических рубежей и выявления закономерностей дифференциации растительного покрова на основе анализа количественных показателей состава и структуры комплексов растительности в границах ландшафтных контуров (предварительно нанесенных на топографические карты м. 1 : 200 000), отображенных на обзорной цифровой карте растительности Севера Дальнего Востока России. С этой целью использован метод картографического моделирования посредством ГИС ArcView. Полигональное покрытие цифровой карты растительности получено методом оцифровки 300 листов геоботанических карт м. 1 : 200 000 и последующей «сшивки» полученной векторной графики с использованием компьютерных программ CorelDRAW и Autodesk AutoCAD Map. База данных полигонального покрытия включает показатели: состава (индексы) и соотношения (%) основных типов комплексов растительности, полученных методом аэровизуального учёта, индексы принадлежности полигона к геоботаническому району (для схем геобо-

танического районирования) и др. Дополнительные картометрические характеристики рассчитаны в ходе анализа показателей базы данных в Excel. Результаты исследования визуализированы в картографических моделях. Единицами картографирования послужили комплексы растительности — хронологические единицы надфитоценотического уровня. Представленный вариант легенды содержит 163 подразделения (65 типов мезокомбинаций растительности и 98 вариантов типов мезокомбинаций растительности). Легенда состоит из четырех разделов: «Арктическая растительность», «Бореальная растительность», «Зонально-интразональная растительность» и «Растительность, измененная сильнодействующими стрессовыми факторами (орнитогенная, пасквальная, восстанавливающаяся после пожаров и техногенного воздействия, культурфитоценозы)». На схеме геоботанического районирования Севера Дальнего Востока выделены комплексы растительности в рангах мегакомбинации.

Выход исследований на международный уровень ознаменовался участием в создании цифровой картографической модели растительного покрова Севера Дальнего Востока России м. 1 : 7 500 000, подготовленной в рамках международного проекта по созданию карты Циркумбореальной растительности (СВМ) (Polezhaev, 2013). Проект создан в GIS ArcView 3.2. Источником составления карты послужила цифровая карта растительности м. 1 : 200 000. Представлена первая модель мелкомасштабной карты бореальной растительности Севера Дальнего Востока России, основанная на детальном геоботаническом районировании. Легенда карты содержит 21 подразделение, выделенное с учетом рекомендаций СВМ для пятого уровня легенды Циркумбореальной карты растительности.

Не менее активна постановка геоинформационных исследований в Якутии, где для изучения растительности используют метод Браун-Бланке (Cherosov, 1999). Описанию проекта предшествует краткий анализ теории и методики картографирования растительности по методу Браун-Бланке и история изучения растительности Якутии по флористико-социологическому направлению. База данных для проекта ГИС насчитывает не менее 20 000 описаний растительности. Предложена структура ГИС из двух составляющих. Первая содержит комплексную информацию о синтаксонах растительности, вторая — карту комплексов-сообществ (сигма-синтаксонов). Работа по подготовке проекта складывается из следующих этапов: составление слоя таксонов, составление слоев иерархических уровней субассоциаций, ассоциаций, союзов, порядков, классов.

Другая публикация — «Структура ГИС проекта “Растительность сенокосов и пастбищ Якутии”» П. А. Гоголевой (Gogoleva, 1999) — содержит изложение научно-методических принципов картографирования растительности, историю изучения растительности пастбищ и сенокосов Якутии. При использовании якутскими геоботаниками доминантного и флористического (Браун-Бланке) методов классификации предпочтение отдается второму. На основе его разработана легенда карты растительности пастбищ и сенокосов. Обоснована структура ГИС-проекта и подготовлен список атрибутов (более 20), реализуемых в электронных картах.

В проекте ГИС «Карта растительности арктических территорий Республики Саха (Якутия)» (Polezhaev et al., 2002) разработана и отображена на карте м. 1 : 500 000 оригинальная концепция растительного покрова арктических территорий Якутии. База данных к ней для 4500 полигонов содержит сведения о площади, преобладающем типе растительности, кормовых растениях северного оленя. По этим материалам с помощью программ ArcInfo 3.5.1 и ArcView и создан проект ГИС-карты. Она передает основные закономерности растительного покрова и региональные особенности растительных комплексов. Легенда карты (40 подразделений) организована по зонально-типологическому принципу и включает два крупных раздела: «Растительность равнин и плато» и «Растительность гор».

Геоинформационные технологии активно используются при изучении лесного покрова как основа управления в интересах рационального природопользования. Цель исследования в южной части приенисейской Сибири «Классификация и пространственное моделирование лесного покрова на основе ГИС (принципы и методика)» (Ryzhkova et al., 2015) — разработка автоматизированных подходов к систематизации и картографированию растительного покрова на основе ГИС, данных ДЗ и материалов наземных

исследований. В ходе исследований поэтапно решались следующие задачи: инвентаризация и классификация разнообразия лесного покрова с учетом закономерностей его естественной и антропогенной динамики; автоматизированная систематизация и картографирование лесорастительных условий; автоматизированное дешифрирование космических мультиспектральных изображений; формирование карт актуального состояния лесного покрова с учетом его сукцессионной динамики. Использовался генетический принцип классификации насаждений. Преимуществом такого подхода является его комплексность, когда классификация проводится не только по признакам растительности, а по комплексу факторов. Разработана методика сопряженного поэтапного анализа разнородных данных для пространственного моделирования потенциальных условий произрастания лесов и динамики лесовосстановления с использованием стандартного программного обеспечения (ArcGIS, ERDAS). Этот алгоритм включает в себя пространственный анализ многополосных спутниковых данных, цифровую модель рельефа и наземные измерения. Преимущество предложенного подхода заключается в возможности гибкого оперативного перестроения и актуализации сформированных карт в случае изменений исходных данных или алгоритма их обработки.

Применение GIS ArcView к составлению лесной карты Ангаро-Енисейского региона подробно изложено в статье Е. И. Кузьменко (Kuzmenko, 2002). На основе динамического подхода к типологической классификации лесов дана оценка современного состояния, пространственно-временных изменений лесной растительности и ее биосферной роли для южнотаежного Ангаро-Енисейского региона. Применение GIS ArcView при составлении карты позволило актуализировать представление о состоянии лесной растительности. Автор высказывается о возможности применения более совершенных картографических программ ESRI, в которых решены проблема автоматизированной векторизации контуров по растровому изображению космического снимка и проблема идентификации одинаковых типов леса, расположенных в различных пространственных полях.

Для изучения горных кедровых лесов Тувы привлекались разномасштабные и разновременные общегеографические и тематические карты, данные ДЗ, полевые материалы (Kuular, 2008). Геоинформационное картографирование проводилось по этапам: создание картографической базы данных, оцифровка всех картографических источников, создание комплексной базы данных, построение цифровой модели рельефа, создание цифровой карты кедровых лесов с MapInfo, создание данных полигон-участков. Путем сравнительного анализа карт, полевых исследований и данных ДЗ получены экологические показатели, отражающие взаимосвязи между кедровниками и условиями местопроизрастания. Сочетание наземных исследований и дистанционных методов классификации высотно-поясных комплексов стало основой для создания многомерной классификации горных лесов на ландшафтно-типологической основе.

Геоинформационное картографирование лесов на локальном уровне проведено на примере Забайкальского национального парка (Tsydurova, 2011). В основу карты положены структурно-динамические и географо-генетические принципы, разработанные В. Б. Сочавой. Карта подготовлена на основе данных ДЗ (дешифрирование проведено с использованием ArcView 3.2), топографических и тематических карт (растительности, ландшафтов, лесоустроительных материалов). Создана ГИС по лесам национального парка и картографический web-сервис с использованием MapServer. Приводится фрагмент карты и легенда.

Пример локального изучения болотных массивов дан в статье «Использование ГИС-технологий для обеспечения работ по изучению болотных массивов» (Krutskikh et al., 2018).

Динамика, состояние и экологические функции растительности

Это — одна из ключевых тем при изучении растительного покрова. Ей отдано около половины публикаций по изучению растительного покрова, прежде всего, лесов.

В статье Ф. И. Плешикова, Е. Н. Калашникова, В. А. Рыжковой, В. П. Черкашина и В. Я. Каплунова (Институт леса СО РАН) «Изучение и картографирование современного состояния лесов Средней Сибири с использованием геоинформационных

технологий» (Pleshykov et al., 1996a) излагаются методические подходы к изучению и картографированию нарушенности лесов и определению их современного состояния в разных природных зонах и отдельных лесхозах по степени развития продукционного процесса с использованием дистанционных методов на базе многоуровневой автоматизированной системы пространственно-временного мониторинга лесов, созданной на основе геоинформационных технологий. Автоматизированные базы данных регионального и локального уровней включают в себя серию природных карт, в том числе антропогенной и биотической нарушенности лесов и транспортной доступности территорий. Проведено картографирование нарушенности лесного покрова в м. 1 : 2 500 000 на территории центральной части Сибири. Компьютерный анализ различных слоев пространственной информации позволил выявить общие тенденции современной динамики состава, структуры и продуктивности лесов в зависимости от условий произрастания, степени транспортной доступности и хозяйственного освоения территории, климатической зональности. Выявлена динамика породного состава и возрастной структуры лесов с 1963 по 1988 г. Более детальная оценка современного состояния лесов дается на примере южнотаежных лесов Среднего Приангарья.

Результаты исследований в последующие годы отражены в статье «Картографирование текущего состояния и динамики лесов с использованием ГИС» (Korets et al., 2008). Цель исследований — разработка на основе ГИС-технологий автоматизированных подходов к инвентаризации, картографированию и оценке современного состояния, и восстановительной динамике лесных экосистем для разработки системы их мониторинга при различных антропогенных воздействиях. Предложена методика построения восстановительной динамики растительности, включающая 8 этапов. Она реализована на базе ERDAS Imagine и ArcGIS. По предложенной методике сформирована карта восстановительной динамики растительности тестового участка в районе Нижнего Приангарья. Полученные карты актуального растительного покрова, как составная часть ГИС, позволяют оценить современное состояние и прогнозировать темпы восстановительной динамики лесной растительности в разных лесорастительных условиях.

Исследование на континентальном уровне (Alexeev et al., 2009) предпринято для анализа изменения площадей распространения лесных массивов на территории Южной Америки по разновременным статистическим данным, картам лесного хозяйства и лесных ресурсов с 1995 по 2005 г. в среде ArcGIS. Проведен многослойный анализ карт. Они открыты для редактирования и преобразования в новые карты, а также для оперативного использования и обновления атрибутивной базы данных.

На локальном уровне в статье «Геоинформационное картографирование динамики формационного состава лесов территории заповедника “Столбы”» (Gosteva et al., 2018) рассмотрены результаты геоинформационного картографирования формационного состава лесов территории заповедника для выявления динамики по данным лесоустройства 1948 и 1977 гг. Представлена ГИС-модель заповедника, которая содержит множество различных многолетних данных экологического мониторинга. Выполнена векторизация плана лесонасаждений 1948 г. в качестве базовой для последующих сопоставлений. Редактирование проводилось в пакете ArcGIS с помощью встроенного инструментария «Spatial Adjustment». В результате геоинформационного анализа определено изменение формационного состава лесов заповедника по ландшафтными местностям. Результаты анализа представлены в двух вариантах — табличных данных и аналитических карт.

Геоинформационные технологии применялись при реконструкции коренной структуры горнотаежных лесов (Bardash, 1999) с целью решения проблемы формализации современной структуры. Другой пример реконструкции многовековой динамики лесного покрова Заволжской лесостепи в голоцене представлен в статье Г. А. Шайхутдиновой, А. А. Савельева, Д. С. Федорова (Shaykhutdinova et al., 2003).

Интерес представляет статья «Анализ динамики высокогорной древесной растительности по данным фотомониторинга с использованием ГИС» (Mikhailovich et al., 2016). В ней описывается методика обработки повторных ландшафтных фотографий и представления ее результатов для анализа пространственно-временной динамики древостоев на верхнем пределе произрастания древесной растительности на Полярном

Урале (горный массив Рай-Из). Согласно авторскому замыслу, с ее помощью можно решить ряд задач: формирование у пользователя целостного представления об исследуемой территории; получение дополнительных качественных и количественных характеристик местности; автоматизированное аннотирование наземных фотоизображений; создание тематических карт или картосхем с использованием данных, полученных при анализе повторных ландшафтных фотоснимков. В исследовании были использованы функции и модели ГИС ArcInfo: уклон (slope) и экспозиция склона (aspect), функция расчета буферного расстояния (buffer) от точки, модель расчета топографического индекса влажности STI. Разработанная методика позволяет создать тематические карты или картосхемы с использованием повторных ландшафтных фотоснимков.

Еще один аспект применения геоинформационных технологий в изучении динамики — визуализация результатов, выход за пределы традиционных приемов. Опыт создания анимационных карт представлен в статье «Построение анимационных карт динамики лесистости и распаханности европейской части России за последние 300 лет» (Rulskiy, 2000). Опробована технологическая схема получения картографических изображений в программном комплексе D-STUDIO MAX 2.5. В результате создан ряд картофильмов, показывающих динамику развития процессов с разной скоростью, отработаны технологические схемы создания картофильмов, сделаны выводы о пригодности тех или иных программных средств для создания анимационных карт. Они позволяют оценить величину лесистости и распаханности по единицам территориального деления и дать оценку экологического состояния и антропогенной измененности территории в отдельные исторические периоды.

С исследованием экологии растительности тесно связаны вопросы устойчивости растительности, ее трансформации под воздействием различных естественных и антропогенных факторов и оценки экологического состояния. Они не остались за пределами проблематики геоинформационного картографирования.

В Институте леса СО РАН с помощью ГИС локального уровня разработана методика оценки современного состояния и устойчивости лесов (Pleshykov et al., 1998). Использовались два подхода: оценка состояния и степени нарушенности насаждений и изучение закономерностей и скорости восстановительной динамики лесных сообществ разных типов лесорастительных условий. Степень антропогенной трансформации лесов оценивалась по состоянию продукционного процесса, их устойчивость — по изменению лесистости территории, формационно-типологического состава и возрастной структуры древесных сообществ, скорости восстановления исходных типов леса. Исследование включало три этапа: сбор экологической информации, составление экологической карты динамики растительности, сопряженный анализ слоев пространственной информации комплексной совмещенной экологической базы цифровых и пространственных данных для оценки экологического состояния и устойчивости лесов, а также составление синтетических и аналитических карт различного содержания на примере двух лесхозов. Интеграция на базе ГИС экологической и лесобиологической информации позволила получить разносторонние экологические оценки лесных экосистем.

Одна из важных областей исследовательского поиска в природопользовании — решение проблемы количественной оценки устойчивости растительности в связи с проблемами экологического нормирования, основным содержанием которой является поиск нормы состояния природной экосистемы, нормы воздействия на нее и ответной реакции экосистем на внешнее воздействие. Эти вопросы, касающиеся воздействия загрязнения, обсуждаются в статье А. Н. Огурцова, В. В. Дмитриева «Геоинформационный анализ и оценка потенциальной устойчивости растительности ландшафтов Ленинградской области к аэротехногенному загрязнению» (Ogurtsov, Dmitriev, 2015). В частности, в материалах НИИ охраны атмосферного воздуха на основе анализа и обобщения нормативных документов и литературных данных дается перечень чувствительных к загрязнению атмосферы растительных сообществ, который может быть представлен ранжированным в порядке уменьшения чувствительности рядом: лишайники (мхи) > хвойные деревья > лиственные деревья > травянистые растения > злаки. Проведено исследование по комплексной оценке потенциальной устойчивости растительности к загрязнению атмосферного воздуха. В качестве базовой методики для решения широкого

круга задач апробировалась методика построения сводного показателя, базирующаяся на основных принципах АСПИД-методологии. На основе ГИС-технологии с использованием интегральных оценок разработана модель карты расчетного районирования территории Ленинградской области. Отработана технология системной интеграции методики анализа и синтеза показателей при информационном дефиците на базе системы «Geo_Expert», с одной стороны, и геоинформационных систем — с другой. Применение данной технологии по построению интегральных оценок неаддитивных свойств геосистем и их геопространственного анализа и моделирования позволяют получать атрибутивную информацию по устойчивости, привязанную к выделам растительных сообществ. Основное внимание было уделено оценке потенциала аэротехногенной устойчивости растительного покрова как одного из основных компонентов ландшафта. Как показали результаты работы, эффективное решение задач по оценке, визуализации и прогнозу изменения устойчивости растительного покрова к атмосферному загрязнению возможно в рамках интеграции АСПИД-методологии и ГИС-технологии как основы для пространственного анализа состояния и антропогенных трансформаций геосистем с использованием нечисловой, неполной, неточной информации.

Среди факторов, влияющих на состояние растительности, особое внимание придается пожарам, их прогнозированию и динамике. По причине огромной экологической и хозяйственной значимости пожаров им уделяется значительное количество публикаций. Остановимся на двух из последних. В статье «Геоинформационная система прогноза возникновения и распространения весенне-осенних пожаров травы» (Glagolev, Kogan, 2016) дается описание геоинформационной системы прогноза травяных пожаров. ГИС включает определение временных периодов проведения сельхозпалов; ежедневное определение степени высыхания травяных горючих материалов; расчет ежедневной пожарной опасности по условиям погоды и выделение дней, в которых возможно возникновение пожаров травы по метеорологическим условиям; расчет вероятности возникновения травяных пожаров по природным и антропогенным факторам; ежедневный расчет скорости распространения кромки травяных пожаров; расчет времени распространения травяного пожара до ближайшего участка леса.

В статье «Временная и пространственная локализация лесных пожаров водосборного бассейна озера Байкал» (Suvorov et al., 2019) охарактеризованы условия проявления пирогенного фактора в динамике геосистем бассейна озера Байкал на примере данных Прибайкальского национального парка. Рассмотрены данные по лесным пожарам, с 1978 г. Построена и проанализирована электронная база данных с 1995 по 2017 г. с использованием ГИС. Для анализа локальных условий очаги возгораний и ареалы гарей в векторной форме совмещены со слоями топографической основы, лесотаксационной информации, тематическими материалами и полевыми исследованиями, космическими одновременными дистанционными данными. Представлены картографические данные пространственного распределения гарей и выявлены наиболее пожароопасные участки за 1995–2017 гг.

Геоинформационные технологии активно используются при изучении экологических функций растительности, в первую очередь, лесных экосистем. В этой связи отметим статью «Вклад ГИС в методику оценки накопления углерода лесами России» (Malysheva et al., 2018). Рассмотрено использование ГИС для поддержки методики и экспериментальных работ по оценке поглощения углерода лесами России. Методика основана на данных государственного лесного реестра, ведомственной отчетности об объемах заготовки древесины, площадях лесов, погибших в результате воздействия неблагоприятных антропогенных факторов, данных статистической отчетности Росстат. В среде ArcGIS составлена карта таксонов лесорастительного районирования и проведена стратификация лесов по лесорастительным условиям и продуктивности, затем идентифицированы однородные по лесорастительным условиям страты со значениями коэффициентов, необходимыми для численной оценки запасов и депонирования углерода лесами. Посредством оверлейных процедур ГИС увязаны площади лесных земель и запасы стволовой древесины по лесничествам с таксонами зонирования. С помощью конверсионных коэффициентов преобразования запасов стволовой древесины в фитомассу и других параметров рассчитаны запасы и годичное накопление углерода.

Изучение регионального плана с целью оценки запасов углерода в фитомассе растительности Прибайкалья дано в статье «Геоинформационное моделирование и картографирование углеродного запаса и бореальных лесов Прибайкалья» (Cherkashin, Solodyankina, 2010). Карта запасов углерода подготовлена на базе ландшафтной карты, цифровой карты высот и данных по фитомассе при помощи средств ГИС, позволяющих переходить от одних географических характеристик и закономерностей к другим.

Биоразнообразии и его оценка

Концепция биологического разнообразия рассматривается как одна из перспективных в развитии геоботаники. Использование геоинформационных технологий в изучении биологического разнообразия вошло в повестку дня пяти заседаний конференции и нашло отражение более чем в десяти публикациях. В них освещаются вопросы разработки и создания ГИС, применения геоинформационных технологий для анализа, оценки и картографирования биоразнообразия, для его мониторинга и сохранения. Публикации по этому направлению подготовили сотрудники таких организаций, как Институт биологических проблем Севера (ИБПС) ДВО РАН, Центральный ботанический сад СО РАН, Институт вычислительных технологий СО РАН, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии (ОИГГМ) СО РАН, Забайкальский НИИ и др. Обратимся к некоторым из них, иллюстрирующим подходы к решению тех или иных задач, касающихся изучения биоразнообразия.

Первой, связанной с темой изучения биоразнообразия, стала публикация Р. Ф. Букарева «Использование ГИС для оценки биоразнообразия растительности и выявления экологического каркаса ландшафта на примере Барабинской низменности» (Bukarev, 1998). При исследовании были поставлены задачи: классификация территориальных единиц растительности; определение структуры ГИС, соответствующей требованиям предложенной классификации; дешифрирование данных ДЗ и составление ГИС; оценка биоразнообразия растительности с использованием ГИС и выявление участков наибольшего разнообразия. Представлена структура ГИС, состоящая из географического и информационного сегментов, построенная по иерархической схеме (блок флористического разнообразия, блок ценотического разнообразия, комплексы растительности).

Одна из ранних публикаций, привлекающих внимание значимостью поставленной цели, — «Применение геоинформационных технологий для исследования биоразнообразия и биологических ресурсов Сибири» (Khorev, Ermakov, 1999). В тезисах намечены основные задачи, решаемые при создании геоинформационного обеспечения, и источники данных — мультимасштабные картографические базы данных. Результаты изучения планировалось в дальнейшем использовать при проведении работ по созданию электронного атласа «Биоразнообразие растительного мира Сибири».

Основательность и продуманная последовательность работ в части внедрения ГИС в изучение биоразнообразия отличают исследования, проводимые на протяжении многих лет Институтом биологических проблем Севера ДВО РАН. В статье А. Н. Полежаева и А. Н. Беркутенко (Polezhaev, Berkutenko, 1999) представлены основные принципы концепции ГИС «Биологические ресурсы и биоразнообразие Северо-Востока России» (территориальная целостность, комплексность, динамичность) и ее послышки в качестве блока региональной информационной системы. Методологической основой для решения задачи сохранения биоразнообразия послужил экосистемный подход. Разработка ГИС опирается на опыт создания местными организациями ГИС в геологии и лесо- и землеустройстве, а также разработки ГИС «Пастбища северных оленей Чукотского автономного округа», «Леса Северо-Востока» и др.

Продолжение этих исследований получило освещение в статье А. Н. Полежаева «Региональная ГИС для мониторинга биоразнообразия и учета биоресурсов Севера Дальнего Востока» (Polezhaev, 2001). В течение 1997–2000 гг. в лаборатории ботаники ИБПС разработано несколько проектов ГИС с использованием компьютерных программ ArcInfo и ArcView — ГИС «Карта лесов Магаданской области», ГИС «Карта Каво-Челомджинского лесничества заповедника “Магаданский”», ГИС «Карта оленьих

пастбищ типового оленеводческого хозяйства», ГИС «Растительность на трассе газопровода «Сахалин-2»», ГИС «Растительные ресурсы арктической Якутии и их рациональное использование». Разрабатывается проект региональной ГИС для мониторинга биоразнообразия и биоресурсов в программе ArcView GIS для Windows. Цифровая модель обзорной универсальной геоботанической карты, включенная в РГИС, снабжена базой данных. Она содержит следующие данные для каждого полигона: общая площадь, периметр, площадь водной поверхности, участие основных типов растительности в сложении растительного покрова (в %). Одна из сфер применения РГИС касается слежения за последствиями предпринимаемых природоохранных мероприятий.

Статья В. В. Ермошина и В. Н. Бочарникова «Пространственный анализ и картографирование биологического многообразия» (Yermoshin, Vocharnikov, 2004) представляет разработки по выделению сети природных территориальных объектов для дальнейшей оценки и сравнения биоразнообразия (в том числе древесно-кустарниковых, злаковых растений и лишайников) различного типа с целью формирования оптимальной сети охраняемых и защитных территорий для юга Дальнего Востока. Распределение всех параметров и картографическое отображение проводилось посредством ArcView стандартными процедурами классификации и статистической обработки. Полученное районирование территории, инвентаризация видов и интегрированные карты эндемичности и уникальности районов послужат информационной базой для планирования природоохранной деятельности.

Еще один ГИС-проект регионального уровня представлен в статье В. М. Ботвинника с соавторами «ГИС-технологии в решении задачи сохранения биоразнообразия бассейна реки Хилок» (Botvinnik et al., 1999). Проект разрабатывался для поддержки принятия решений в области природопользования и сохранения биоразнообразия, реализовывался на основе экосистемного подхода с ориентацией на создание региональных механизмов управления природными ресурсами. Для оцифровки пространственных данных и редактирования топологии использован пакет EASY TRACE. Для построения слоев картографической информации, адресно связанных с атрибутивными таблицами, применена среда ArcInfo. Покрытия ArcInfo являются основным источником данных для ArcView. Посредством ArcView можно получить общую информацию по выбранному объекту и более подробную с помощью DDI-запроса в MS Access, которая предоставляет наиболее доступные средства для работы со сложными реляционными базами данных.

Большой интерес вызывает методологически проработанная статья, предлагающая подход к созданию баз данных (Moiseev et al., 2004), подготовленная сотрудниками Камчатского филиала Тихоокеанского института географии ДВО РАН. В рамках проекта ПРООН/ГЭФ «Демонстрация устойчивого сохранения биологического разнообразия» представлены первые результаты работы в течение 2003–2004 гг. по созданию баз данных для четырех охраняемых территорий Камчатской области. В макет включены две основные информационные системы: «общая база конкретных данных о биоразнообразии» и «мета-база данных о биоразнообразии». Сформулированы требования (принципы) к ним и структура общей базы. На основании анализа российского и международного опыта формирования и поддержки баз данных разработан формат базы данных по биоразнообразию в соответствии с международными стандартами. В процессе реализации проекта обозначены основные теоретические и методологические требования создания базы данных о биоразнообразии для России и мира в целом. Основные из них: 1) отсутствие унифицированной общепринятой системы формирования баз данных по теме «сохранение биоразнообразия», 2) избираемая в качестве всеобщей методика формирования соответствующих систем баз данных должна быть не только научно обоснованной, полной, способной к реализации, но и достаточно простой в применении, 3) необходимость включения в базу данных как о собственно биоразнообразии, так и о факторах, влияющих на его сохранение и развитие; а также блок с информацией об управлении этой базой, 4) обязательность использования общепринятого понятийного аппарата при формировании баз данных, ориентированных на совместимость в широком географическом и содержательном диапазоне, 5) межгосударственная и внутригосударственная координация для обеспечения методического единства информации о сохранении биоразнообразия как задача глобальной значимости.

Авторы акцентируют внимание еще на одной важной методологической проблеме. Информационные системы — базы данных — не заменяют знания о предмете, а только обеспечивают комплекс данных (структура, количество, функциональный характер, значимость компонентов, связь компонентов между собой и с внешней средой и т. д.) для повышения количества и качества знаний о биоразнообразии. Отсюда проистекает необходимость правильной расстановки приоритетов при исследовании, учете, оценке значимости отдельных факторов. Предлагается решение этой методологической проблемы путем включения в схему базы данных, создаваемой в рамках проекта ПРООН/ГЭФ, свободных блоков и свободных направлений связи, обеспечивающих совместимость этой базы данных с другими базами данных о биоразнообразии всех уровней и типов. Предложена схема, удовлетворяющая требованиям ПРООН/ГЭФ, которая позволяет ее совмещать и преобразовывать в схемы других уровней и типов и объединяет различные подсистемы данных. «Общая база данных» через внешние контакты базы в целом и отдельных блоков связана с информационными системами Камчатской области, дальневосточного и федерального уровней России, информационными системами других государств, межгосударственных образований, межгосударственных общественных организаций.

Определены наиболее подходящие для решения поставленной в Проекте задачи программы, разработанные в ESRI — ArcGIS Biodiversity Data Model; в Красном списке МСОП (версия 3.1); в Проекте ГЭФ «Сохранение биоразнообразия России» и др.

Пример практической реализации описанных выше установок представлен в статье В. Е. Кириченко, О. А. Чернягиной «Геоинформационное обеспечение сохранения биологического разнообразия объекта Всемирного природного и культурного наследия ЮНЕСКО “Вулканы Камчатки”» (Kirichenko, Chenyagina, 2007). Для оценки состояния биоразнообразия Камчатки проведен опыт его анализа для четырех ООПТ Камчатской области в рамках проекта ПРООН/ГЭФ: подготовлена ГИС биологического разнообразия, проведена оценка имеющейся информации по биоразнообразию Камчатки, определены принципы информационного обеспечения сохранения биоразнообразия и разработан макет данных «Биологическое разнообразие Камчатки». Наборы данных были обработаны в программном комплексе ArcGIS.

Растительные ресурсы

Довольно большое количество статей посвящено изучению лесных ресурсов. Уже в первый выпуск Материалов вошла статья, в которой излагаются основные принципы разработки проблемно ориентированной ГИС, предназначенной решать задачи, связанные с рациональным управлением лесными ресурсами (Sysouev, 1994). Во всех последующих ежегодниках с помощью ГИС-технологий решались задачи управления лесами, картометрического анализа лесной площади, определения таксационных показателей, систематизации лесорастительных условий и др.

Первый робкий опыт перехода на компьютерные технологии подготовки карт растительных ресурсов освещается в статье И. Ю. Штаера «Создание карты “Торфяные залежи” для комплексного регионального атласа Ханты-Мансийского автономного округа» (Shtaer, 2003).

Последующие публикации (2009, 2011, 2012 гг.) подготовлены Пермской государственной фармацевтической академией, Пермской государственной сельскохозяйственной академией им. Д. Н. Прянишникова совместно с Пермским государственным университетом. Они касаются изучения дикорастущих лекарственных растений. Для решения актуальных задач ресурсоведения (выявление видов, нуждающихся в охране, оценка состояния ценопопуляций) создана ГИС «Лекарственные растения» (Turyshv et al., 2010) на основе программы ArcView. Модуль «Лекарственные растения» состоит из двух частей: базы данных — Vegdata и расширения ArcView — Veget.avx. Первая позволяет вводить данные о конкретных популяциях лекарственных растений и их описание; вторая — вводить и отображать точки конкретных популяций, запрашивать информацию о выбранных точках, формировать карточки (паспорта) по каждому месту сбора сырья.

Благодаря использованию ГИС-технологий стало возможным отобразить на электронной карте точное местоположение конкретных зарослей и «Паспорт места сбора сырья». Раскрываются широкие возможности работы с базой данных, в частности, определение ресурсоведческих характеристик. Таким образом, сочетание фармакогнозии и геоинформатики позволяет создать электронный кадастр дикорастущих лекарственных растений.

Разработка этой ГИС обеспечила дальнейшие успехи в изучении ресурсов лекарственных растений Пермского края. Как следует из статьи «Инвентаризация лекарственных растений Пермского края с использованием геоинформационных технологий» (Turyshv et al., 2011) в течение 2003–2011 гг. созданы ГИС «Лекарственные растения» для 19 районов. Кроме того, сделана попытка включить в ГИС результаты оценки качества сырья. Для этого используется условный коэффициент «показатель сырьевой ценности района», который рассчитывается по определенной формуле. Он позволяет сравнивать районы по результатам комплексной оценки состояния зарослей лекарственных растений, учитывающей не только запас сырья, но и содержание в нем биологически активных веществ.

«Использование данных дистанционного зондирования Земли для более точной оценки запаса сырья лесных видов растений в регионе (на примере Кочевского района Коми-Пермяцкого округа Пермского края)» (Kasayov et al., 2012) проведено в ходе работ по изучению запасов сырья широко распространенных и востребованных видов лекарственных растений: побегов и листьев брусники, побегов черники, побегов багульника болотного. Полученные в период полевых работ данные подвергали статистической обработке с помощью пакета программ MS Excel 2007. Для разового исследования использовались сайты kosmosnimki.ru и googleearth.ru. ДДЗ помогли корректировать данные таксационных описаний для более точного прогнозирования запасов лекарственного растительного сырья лесных видов дикорастущих лекарственных растений.

Описанный в вышеприведенных статьях опыт геоинформационных исследований применен для территории Свердловской области. В статье А. Ю. Турышева, А. Е. Рябина «Изучение дикорастущих лекарственных растений с использованием геопространственного анализа (на примере Свердловской области)» (Turyshv, Ryabinin, 2015). Этот опыт использован для комплексной оценки популяций дикорастущих лекарственных растений юго-западных и юго-восточных административных районов Свердловской области. Для этого проведен анализ распределения лекарственных растений на конкретной территории и накопления в них биологически активных веществ в зависимости от экспозиции склона и физико-географической зоны произрастания, на базе массива фармакогностических данных. Объектами исследования стали 408 популяций лекарственных растений, произрастающих в 3 природных подзонах, и 309 образцов лекарственного растительного сырья луговых и рудеральных растений. Исследование проведено посредством ГИС «Лекарственные растения Свердловской области»; для установления приуроченности конкретной популяции к элементам рельефа использовались инструменты: Spatial Analyst для ArcView; Мастер пространственных операций. Доказана возможность использования в лекарственном ресурсоведении геопространственного анализа при установлении пространственных отношений между местом произрастания популяции дикорастущих лекарственных растений и экспозицией склона. Открывается возможность поиска областей на местности, наиболее пригодных для произрастания интересующих растений, в том числе и требующих охраны.

Накопленный опыт геоинформационных исследований ресурсов дикорастущих лекарственных растений получил обобщение в статье А. Ю. Турышева, А. Б. Яковлева, Г. И. Олешко, С. В. Пьянкова «Перспективы использования геоинформационных технологий в лекарственном ресурсоведении» (Turyshv et al., 2009). Доказана возможность использования ГИС в лекарственном ресурсоведении. С учетом возможностей информационных систем была сделана попытка включить в ГИС «Лекарственные растения» не только данные ресурсоведческих исследований, но и результаты, полученные при оценке качества сырья. Это позволяет: 1. Проводить мониторинг основных критериев качества (содержание действующих веществ, присутствие радионуклидов или тяжелых металлов) сырья отдельных популяций лекарственных растений

на протяжении нескольких лет; 2. Выбирать места заготовки в зависимости от «ценности» популяции; 3. Разрабатывать рекомендации по заготовке высококачественного лекарственного растительного сырья. Изучение выполнено на примере дикорастущих лекарственных растений, произрастающих на территории всех ботанических районов и представляющих луговую и сорную флору, как наиболее подверженную антропогенному влиянию (душица обыкновенная, зверобой продырявленный, полынь горькая и др.). Таким образом, были изучены возможности включения в ГИС фитохимических характеристик, что дает возможность расширить поиск популяций, пригодных для эксплуатации, выявлять наиболее ценные популяции.

В статье О. С. Сергеевой, В. В. Чичагова «Применение ГИС-технологий для оценки запаса и продуктивности растений в регионе» (Sergeeva, Chichagov, 2009) предпринята попытка сформулировать методику оценки природных запасов лекарственного сырья и ягод с помощью существенной минимизация трудовых и временных затрат за счет использования геоинформационной системы. Проект основан на цифровых тематических картах лесхоза, а также на атрибутивной базе данных. Построены регрессионные модели для оценки фитомассы и продуктивности модельных видов растений (черника обыкновенная, брусника обыкновенная), представленных на территории лесхоза. Исследования в Очерском районе Пермского края показали, что использование электронных карт и баз данных, составленных на основе таксационных описаний, позволяет значительно сократить затраты труда для оценки растительных ресурсов.

Мониторинг растительности

В основном опубликованные по этой теме материалы касаются применения геоинформационных технологий для решения задач мониторинга лесов и управления лесным хозяйством. Например, «Оценка состояния и динамики почвенного и растительного покровов в комплексном геосистемном мониторинге средствами ГИС» (Rogova, Saveliev, 1998) или «Геоинформационные технологии в решении задач мониторинга лесов и управления лесным хозяйством» (Pleshkov et al., 1996).

Заключение

Материалы конференции концентрируют четвертьвековой успешный опыт использования геоинформационных технологий при изучении характеристик и пространственно-временных закономерностей объектов и явлений окружающего мира. Достаточно разнообразны в нем представлены результаты применения геоинформационных технологий для решения задач, связанных с изучением и картографированием растительности. Междисциплинарный характер публикаций и подключение к научному пространству, предполагающее обмен знаниями за пределами конференции, могут быть полезны в дальнейшем более широком применении достижений информационных технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[Alexeev et al.] *Алексеев Б. А., Аляутдинов А. Р., Ушакова Л. А.* 2009. Изучение изменений лесного покрова Южной Америки с использованием ГИС-технологий // *ИнтерКарто/ИнтерГИС 15. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Материалы междунар. конф. Пермь (Россия), Гент (Бельгия), 29 июня–5 июля 2009 г. Пермь. Т. II. С. 495–502. <https://yadi.sk/i/t8O3fkYb3GUtND>*

[Bardash] *Бардаш А. В.* 1999. Применение геоинформационных технологий при реконструкции коренной структуры горнотаежных геосистем // *ИнтерКарто 5. ГИС для устойчивого развития территорий. Доклады междунар. конф. Ч. 3. ГИС и картография в экологии и охране природы. Якутск, июнь 1999. Якутск. С. 90–93. <https://yadi.sk/i/rvvdANb73GUqjo>*

[Botvinnik et al.] *Ботвинник В. М., Ульянова Т. Г., Ананьин А. В., Мальчиков И. Ю., Глазырин И. П., Харитонов Ю. Ф.* 1999. ГИС-технологии в решении задачи сохранения биоразнообразия бассейна реки Хилок // *ИнтерКарто 5. ГИС для устойчивого развития территорий. Доклады междунар. конф. Ч. 4. ГИС в региональных исследованиях. Якутск, июнь 1999. Якутск. С. 85–88. <https://yadi.sk/i/koWPZTWR3GUqpG>*

[Bukarev] *Букарев Р. Ф.* 1998. Использование ГИС для оценки биоразнообразия растительности и выявления экологического каркаса ландшафта на примере Барабинской низменности //

InterCarto 4. ГИС для оптимизации природопользования в целях устойчивого развития территорий. Материалы междунар. конф. Барнаул, 1–4 июля 1998 г. Барнаул. С. 339–344. <https://yadi.sk/i/otlWxg9J3GUqN7>

[Cherkashin, Solodyankina] *Черкашин А. К., Солодянкина С. В.* 2010. Геоинформационное моделирование и картографирование углеродного запаса и бореальных лесов Прибайкалья // ИнтерКарто/ИнтерГИС 16: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Материалы междунар. науч. конф. Ростов-на-Дону (Россия), Зальцбург (Австрия), 3–4 июля 2010 г. Ростов-на-Дону. С. 388–394. <https://yadi.sk/d/9dJUWOLn3GUtSP>

[Cherosov] *Черосов М. М.* 1999. Структура ГИС-проекта «Растительность Якутии по методу Браун-Бланке» // InterCarto 5. ГИС для устойчивого развития территорий. Доклады междунар. конф. Ч. 3. ГИС и картография в экологии и охране природы. Якутск, июнь 1999. Якутск. С. 131–133. <https://yadi.sk/i/rvvdANb73GUqjo>

[DeMers] *ДеМерс М. Н.* 1999. Географические Информационные Системы. Основы / Пер. с англ. М. 490 с.

[Gannibal] *Ганнибал Б. К.* 2011. О внешнем кризисе, внутреннем застое, системном подходе и понятии синюзия в геоботанике // Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы. Т. 2. Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием. СПб. С. 439–442.

[Glagolev, Kogan] *Глаголев В. А., Коган Р. М.* 2016. Геоинформационная система прогноза возникновения и распространения весенне-осенних пожаров травы // ИнтерКарто/ИнтерГИС 22. Материалы междунар. конф. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Мельбурн (Австралия), Веллингтон (Новая Зеландия), Протвино (Московская область), 31 августа–14 сентября 2016 г. Протвино. Ч. 1. С. 148–156. <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2016-1-22-148-156>

[Gogoleva] *Гоголева П. А.* 1999. Структура ГИС проекта «Растительность сенокосов и пастбищ Якутии» // InterCarto 5. ГИС для устойчивого развития территорий. Доклады междунар. конф. Ч. 4. ГИС в региональных исследованиях. Якутск, июнь 1999. Якутск. С. 136–141. <https://yadi.sk/i/koWPZTWR3GUqpg>

[Gosteva et al.] *Гостева А. А., Ерунова М. Г., Савченко А. П.* 2018. Геоинформационное картографирование динамики формационного состава лесов территории заповедника «Столбы» // ИнтерКарто/ИнтерГИС 24. Материалы междунар. конф. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Петрозаводск, Бонн (Германия), Анкоридж (США), 19 июля–1 августа 2018 г. Петрозаводск. Ч. 1. С. 475–484. <http://doi.org/10.24057/2414-9179-2018-1-24-475-484>

[Kasyanov et al.] *Касьянов З. В., Некрасов И. Б., Турышев А. Ю.* 2012. Использование данных дистанционного зондирования Земли для более точной оценки запаса сырья лесных видов растений в регионе (на примере Кочевского района Коми-Пермяцкого округа Пермского края // ИнтерКарто/ИнтерГИС 18. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Материалы междунар. конф. Смоленск (Россия), 26–28 июня 2012 г.; Сен-Дье-де-Вож (Франция), 2–4 июля 2012 г. Смоленск. С. 197–199. <https://yadi.sk/i/AMyvtXTY3GUts4>

[Khorev, Ermakov] *Хорев А. Г., Ермаков Н. Б.* 1999. Применение геоинформационных технологий для исследования биоразнообразия и биологических ресурсов Сибири // InterCarto 5. ГИС для устойчивого развития территорий. Доклады междунар. конф. Ч. 2. Применение картографии и ГИС в науке и управлении систем. Якутск, июнь 1999. Якутск. С. 169–170. <https://yadi.sk/i/mYFTZh-k3GUqgh>

[Kirichenko, Chernyagina] *Кириченко В. Е., Черныгина О. А.* 2007. Геоинформационное обеспечение сохранения биологического разнообразия объекта Всемирного природного и культурного наследия ЮНЕСКО «Вулканы Камчатки» // ИнтерКарто/ИнтерГИС 13: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Т. 2: Материалы междунар. конф. Ханты-Мансийск (Россия), Йеллоунайф (Канада), 12–24 августа 2007. Ханты-Мансийск. С. 163–168. <https://yadi.sk/i/5M8BO2LP3GUskV>

[Korets et al.] *Корец М. А., Рыжкова В. А., Данилова И. В.* 2008. Картографирование текущего состояния и динамики лесов с использованием ГИС // ИнтерКарто/ИнтерГИС 14. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Материалы междунар. конф. Саратов (Россия), Урумчи (Китай), 24 июня–1 июля 2008 г. Саратов. Т. 2. С. 187–191. <https://yadi.sk/i/3iHaDObC3GUszR>

[Krutskikh et al.] *Крутских Н. В., Миронов В. Л., Рязанцев П. А.* 2018. Использование ГИС-технологий для обеспечения работ по изучению болотных массивов // ИнтерКарто/ИнтерГИС 24. Материалы междунар. конф. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Петрозаводск, Бонн (Германия), Анкоридж (США), 19 июля–1 августа 2018 г. Петрозаводск. Ч. 1. С. 405–418. <http://doi.org/10.24057/2414-9179-2018-1-24-405-418>

[Kuzmenko] *Кузьменко Е. И.* 2002. Применение GIS ArcView к составлению лесной карты Ангаро-Енисейского региона // InterCarto 8. ГИС для устойчивого развития территорий.

Материалы междунар. конф. Хельсинки – Санкт-Петербург, 28 мая–1 июня 2002 г. С-Пб. С. 278–279. <https://yadi.sk/i/4FTPVUH23N92sP>

[Kuular] Куулар Х. Б. 2008. Исследование горных кедровых лесов Тувы на основе ГИС-технологий // ИнтерКарто/ИнтерГИС 14. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Материалы междунар. конф. Саратов (Россия), Урумчи (Китай), 24 июня–1 июля 2008 г. Саратов. Т. 2. С. 195–196. <https://yadi.sk/i/3iHaDObC3GUszR>

[Malysheva et al.] Малышева Н. В., Золина Т. А., Моисеев Б. Н. 2018. Вклад ГИС в методику оценки накопления углерода лесами России // ИнтерКарто/ИнтерГИС 24. Материалы междунар. конф. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Петрозаводск, Бонн (Германия), Анкоридж (США), 19 июля–1 августа 2018 г. Петрозаводск. Ч. 1. С. 426–436. <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2018-1-24-426-436>

[Materialy...] Материалы Международной конференции ИнтерКарто. ИнтерГИС. <http://intercarto.msu.ru/jour/>

[Mikhailovich et al.] Михайлович А. П., Фомин В. В., Шиятов С. Г. 2016. Анализ динамики высокогорной древесной растительности по данным фотомониторинга с использованием ГИС // ИнтерКарто/ИнтерГИС 22. Материалы междунар. конф. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Мельбурн (Австралия), Веллингтон (Новая Зеландия), Протвино (Московская область), 31 августа–14 сентября 2016 г. Протвино. Ч. 1. С. 135–142. <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2016-1-22-135-142>

[Moiseev et al.] Моисеев Р. С., Токранов А. М., Черныгина О. А., Кириченко В. Е., Моисеев А. Р. 2004. Информационное обеспечение сохранения биологического разнообразия // ИнтерКарто/ИнтерГИС 10. Устойчивое развитие территорий: геоинформационное обеспечение и практический опыт. Материалы междунар. конф. Владивосток, Чанчунь (КНР), 12–19 июля 2004 г. Владивосток. С. 154–160. <https://yadi.sk/i/pce41Zp43GUrdN>

[Ogurtsov, Dmitriev] Огурцов А. Н., Дмитриев В. В. 2015. Геоинформационный анализ и оценка потенциальной устойчивости растительности ландшафтов Ленинградской области к аэротехногенному загрязнению // ИнтерКарто/ИнтерГИС 21. Материалы междунар. конф. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Краснодар, Сочи, Сува (Фиджи), 12–19 ноября 2015 г. Краснодар. С. 376–381. <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2015-1-21-376-381>

[Pleshikov et al.] Плешиков Ф. И., Калашиков Е. Н., Рыжкова В. А., Черкашин В. П., Каплунов В. Я. 1996а. Изучение и картографирование современного состояния лесов Средней Сибири с использованием геоинформационных технологий // ИнтерКарто 2. ГИС для изучения и картографирования окружающей среды. Материалы междунар. конф. Иркутск, 26–29 июня 1996 г. Иркутск. С. 172–174. <https://yadi.sk/i/L4jYCCQa3G9Fzi>

[Pleshikov et al.] Плешиков Ф. И., Черкашин В. П., Рыжкова В. А., Каплунов В. Я. 1996б. Геоинформационные технологии в решении задач мониторинга лесов и управления лесным хозяйством // Там же. С. 174–177. <https://yadi.sk/i/L4jYCCQa3G9Fzi>

[Pleshikov et al.] Плешиков Ф. И., Рыжкова В. А., Каплунов В. Я., Черкашин В. П. 1998. Оценка устойчивости южнотаежных лесов Средней Сибири на основе ГИС-технологий // InterCarto 4. ГИС для оптимизации природопользования в целях устойчивого развития территорий. Материалы междунар. конф. Барнаул, 1–4 июля 1998 г. Барнаул. С. 605–607. <https://yadi.sk/i/otlWxg9J3GUqN7>

[Polezhaev] Полежаев А. Н. 2000. Проект ГИС: «Интегрированная карта растительности севера Дальнего Востока России» // InterCarto 6. Материалы междунар. конф. «ГИС для устойчивого развития территорий». Апатиты, Россия, 22–24 августа 2000 г. Апатиты. Т. 2. С. 60–61. <https://yadi.sk/i/7zw9iPPQ3GUr26>

[Polezhaev] Полежаев А. Н. 2001. Региональная ГИС для мониторинга биоразнообразия и учета биоресурсов Севера Дальнего Востока // InterCarto 7. ГИС для устойчивого развития территорий. Материалы междунар. конф. Петропавловск-Камчатский, 30 июля–1 августа 2001 г. Петропавловск-Камчатский. С. 147–151. https://yadi.sk/i/QweOtc_A3GUr7t

[Polezhaev] Полежаев А. Н. 2007. Растительность северной Азии в проектах региональных информационных систем // ИнтерКарто/ИнтерГИС 13. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Материалы междунар. конф. Ханты-Мансийск (Россия), Йеллоунайф (Канада), 12–24 августа 2007. Ханты-Мансийск. Т. 2. С. 195–200. <https://yadi.sk/i/5M8BO2LP3GUskV>

[Polezhaev] Полежаев А. Н. 2008. Проект ГИС «Растительность севера Дальнего Востока России» // ИнтерКарто/ИнтерГИС 14. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Материалы междунар. конф. Саратов, Урумчи (КНР), 24 июня–1 июля 2008 г. Саратов. Т. 2. С. 50–57. <https://yadi.sk/i/3iHaDObC3GUszR>

[Polezhaev] Полежаев А. Н. 2010. Картометрический анализ растительного покрова Магаданской области с использованием геоинформационных технологий // ИнтерКарто/ИнтерГИС 16.

Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Материалы междунар. науч. конф. Ростов-на-Дону (Россия), Зальцбург (Австрия). 3–4 июля 2010 г. Ростов-на-Дону. С. 359–366. <https://yadi.sk/d/9dJUWOLn3GUtSP>

[Polezhaev] *Полежаев А. Н.* 2011. Картометрический анализ растительного покрова Чукотского автономного округа с использованием геоинформационных технологий // *ИнтерКарто/ИнтерГИС 17. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт.* Материалы междунар. конф. Белокуриха, Алтайский край (Россия), Денпасар (Индонезия), 14–19 декабря 2011 г. Барнаул. С. 303–308. <https://yadi.sk/i/ВрADVfVm3GUta7>

[Polezhaev] *Полежаев А. В.* 2012. ГИС в картировании растительности севера Дальнего Востока России // *ИнтерКарто/ИнтерГИС 18. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт.* Материалы междунар. конф. Смоленск (Россия), 26–28 июня 2012 г.; Сен-Дье-де-Вож (Франция), 2–4 июля 2012 г. Смоленск. С. 81–88. <https://yadi.sk/i/AMytvXTY3GUts4>

[Polezhaev] *Полежаев А. В.* 2013. ГИС «Карта бореальной растительности севера Дальнего Востока России» для международного проекта по подготовке циркумбореальной карты растительности // *ИнтерКарто/ИнтерГИС 19. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт.* Материалы междунар. конф. Курск (Россия), Богота (Колумбия), 2–7 февраля 2013 г. Курск. С. 245–261. <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2013-1-19-245-261>

[Polezhaev, Berkutenko] *Полежаев А. Н., Беркутенко А. Н.* 1999. Концепция информационной системы «Биологические ресурсы и биоразнообразие Северо-Востока России» // *InterCarto 5. ГИС для устойчивого развития территорий.* Материалы междунар. конф. Ч. 3. ГИС и картография в экологии и охране природы. Якутск, июнь 1999. Якутск. С. 93–97. <https://yadi.sk/i/rvvdANb73GUqjo>

[Polezhaev et al.] *Полежаев А. Н., Щелкунова Р. П., Карнов Н. С.* 2002. Проект ГИС «Карта растительности арктических территорий Республики Саха (Якутия)» // *InterCarto 8. ГИС для устойчивого развития территорий.* Материалы междунар. конф. Хельсинки – Санкт-Петербург, 28 мая–1 июня 2002 г. СПб. С. 174–177. <https://yadi.sk/i/4FTPVUH23N92sP>

[Rogova, Savelyev] *Рогова Т. В., Савельев А. А.* 1998. Оценка состояния и динамики почвенного и растительного покровов в комплексном геосистемном мониторинге средствами ГИС // *InterCarto 4. ГИС для оптимизации природопользования в целях устойчивого развития территорий.* Материалы междунар. конф. Барнаул, 1–4 июля 1998 г. Барнаул. С. 346–347. <https://yadi.sk/i/otlWxg9J3GUqN7>

[Rylskiy] *Рылский И. А.* 2000. Построение анимационных карт динамики лесистости и распаханности европейской части России за последние 300 лет // *InterCarto 6. ГИС для устойчивого развития территорий.* Материалы междунар. конф. Апатиты, Россия. 22–24 августа 2000 г. Апатиты. Т. 1. С. 176–185. <https://yadi.sk/i/vn8klMUG3GUqwQ>

[Ryzhkova et al.] *Рыжкова В. А., Данилова И. В., Корец М. А.* 2015. Классификация и пространственное моделирование лесного покрова на основе ГИС (принципы и методика) // *ИнтерКарто/ИнтерГИС 21. Материалы междунар. конф. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт.* Краснодар, Сочи, Сува (Фиджи), 12–19 ноября 2015 г. Краснодар. С. 82–89. <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2015-1-21-82-89>

[Sergeeva, Chichagov] *Сергеева О. С., Чичагов В. В.* 2009. Применение ГИС-технологий для оценки запаса и продуктивности растений в регионе // *ИнтерКарто/ИнтерГИС 15. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт.* Материалы междунар. конф. Пермь (Россия), Гент (Бельгия), 29 июня–5 июля 2009 г. Пермь. Т. II. С. 547–555. <https://yadi.sk/i/t8O3fkYb3GUtND>

[Shaykhtudinova et al.] *Шайхутдинова Г. А., Савельев А. А., Федоров Д. С.* 2003. Геоинформационная реконструкция многовековой динамики лесного покрова заволжской лесостепи в голоцене // *InterCarto 9. ГИС для устойчивого развития территорий.* Материалы междунар. конф. Новороссийск, Севастополь, 25–29 июня 2003 г. Новороссийск. С. 128–132. <https://yadi.sk/i/qgVTfogy3GUrCF>

[Shtaer] *Штаер И. Ю.* 2003. Создание карты «Торфяные залежи» для комплексного регионального атласа Ханты-Мансийского автономного округа // Там же. С. 264–266. <https://yadi.sk/i/qgVTfogy3GUrCF>

[Suvorov et al.] *Суворов Е. Г., Новицкая Н. И., Китов А. Д.* 2019. Временная и пространственная локализация лесных пожаров водосборного бассейна озера Байкал // *ИнтерКарто/ИнтерГИС 25. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий.* Материалы междунар. конф. Мурманск (Россия), Токио (Япония), 29 января–2 февраля, 20 июля 2019 г. М. Ч. 2. С. 204–216. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2019-2-25-204-216>

Sysoyev V. V. 1994. Guidelines for Developing Geoinformation Systems on Forest Resources // *InterCarto 1. GIS for Environmental Studied and Mapping Conference. Proceedings.* 23–25 May 1994. Moscow, Russia. Moscow. P. 113–129. <https://yadi.sk/i/y02aE3HT3G8zLr>

[Tsydurova] *Цыдытова М. В.* 2011. Геоинформационное картографирование лесов особо охраняемых природных территорий (на примере Забайкальского национального парка) // ИнтерКарто/ИнтерГИС 17. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Материалы междунар. конф. Белокуриха, Алтайский край (Россия), Денпасар (Индонезия), 14–19 декабря 2011 г. Барнаул. С. 345–349. <https://yadi.sk/i/BpADVfVm3GUta7>

[Turyshv, Ryabinin] *Турьшев А. Ю., Рябинин А. Е.* 2015. Изучение дикорастущих лекарственных растений с использованием геопространственного анализа (на примере Свердловской области) // ИнтерКарто/ИнтерГИС 21. Материалы междунар. конф. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Краснодар, Сочи, Сува (Фиджи), 12–19 ноября 2015 г. Краснодар. С. 139–145. <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2015-1-21-139-145>

[Turyshv et al.] *Турьшев А. Ю., Яковлев А. Б., Олешко Г. И., Пьянков С. В.* 2009. Перспективы использования геоинформационных технологий в лекарственном ресурсоведении // ИнтерКарто/ИнтерГИС 15. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Материалы междунар. конф. Пермь (Россия), Гент (Бельгия), 29 июня–5 июля 2009 г. Пермь. Т. II. С. 563–568. <https://yadi.sk/i/t8O3fkYb3GUtND>

[Turyshv et al.] *Турьшев А. Ю., Яковлев А. Б., Пьянков С. В.* 2010. Применение ГИС-технологий при кадастрировании популяций дикорастущих лекарственных растений // ИнтерКарто/ИнтерГИС 16. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Материалы междунар. науч. конф. Ростов-на-Дону (Россия), Зальцбург (Австрия). 3–4 июля 2010 г. Ростов-на-Дону. С. 300–305. <https://yadi.sk/d/9dJUWOLn3GUtSP>

[Turyshv et al.] *Турьшев А. Ю., Яковлев А. Б., Касьянов З. В., Согрина А. Н.* 2011. Инвентаризация лекарственных растений Пермского края с использованием геоинформационных систем // ИнтерКарто/ИнтерГИС 17. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Материалы междунар. конф. Белокуриха, Алтайский край (Россия), Денпасар (Индонезия), 14–19 декабря 2011 г. Барнаул. С. 349–353. <https://yadi.sk/i/BpADVfVm3GUta7>

[Yermoshin, Vocharnikov] *Ермошин В. В., Бочарников В. Н.* 2004. Пространственный анализ и картографирование биологического многообразия // ИнтерКарто/ИнтерГИС 10. Устойчивое развитие территорий: геоинформационное обеспечение и практический опыт. Материалы междунар. конф. Владивосток, Чанчунь (КНР), 12–19 июля 2004 г. Владивосток. С. 240–244. <https://yadi.sk/i/pce41Zp43GUrdN>

Получено 6 октября 2020 г.

SUMMARY

Proceedings of the International conference (ИнтерКарто. ИнтерГИС, Russia) devoted to geographical information systems for sustainable development of territories have been published annually since 1994. The articles discuss theoretical and methodological aspects of geoinformation support for environmental, economic and social aspects of sustainable development, issues of geoinformatics, cartography, remote sensing of the Earth, problems of environmental sustainability and environmental impact assessment. Over a quarter of a century, the conference proceedings got more than 125 articles related to the use of geoinformation technologies to the study and mapping of vegetation.

The review of proceedings gives the concrete examples how to solve problems of vegetation mapping using GIS, it is focused on publications providing some examples of GIS application to the vegetation studies. The review is organized into thematic sections according the field of application of Geoinformatics: 1. Vegetation, 2. Dynamics, state and ecological functions of vegetation, 3. Biodiversity and its assessment, 4. Plant resources, 5. Monitoring of vegetation.

The Vegetation section contains publications on vegetation studies and mapping performed for some regions of Russia — the North of the Far East, the Republic of Sakha (Yakutia), the Tyva Republic, Central Siberia, and others.

More than half of the articles are devoted to vegetation dynamics, state and ecological functions of vegetation at different hierarchical levels. Some papers present the results of the studies based on new types of information sources (photographs) and visualization methods (animation).

The use of geoinformation technologies to study biological diversity was included in the agenda of five conference sessions and later reflected in more than ten publications. They cover the development and creation of GIS, the use of geoinformation technologies for the analysis, assessment and mapping of biodiversity, for its monitoring and conservation.

Quite a large number of articles are devoted to the study of forest resources. GIS technologies were used to solve problems of forest management, cartometric analysis of forested areas, determination of taxation indicators, systematization of forest conditions, etc. Examples of geoinformation versatile research for medicinal plant resources are given to assess their quality, resources and productivity in the region, to identify growing areas, including ones to be protected.

Most of the published materials concerning to vegetation monitoring mainly relate to forests and forest management.

REFERENCES

- Alexeev B. A., Alyautdinov A. R., Ushakova L. A. 2009. Researching of changes of a forestry of South America using GIS technologies. *InterCarto/InterGIS 15. Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceeding of the International Conference. Perm (Russia), Gent (Belgium), 29 June–5 July 2009.* Perm. Vol. 2. P. 495–502. (In Russian). <https://yadi.sk/i/t8O3fkYb3GUtND>
- Bardash A. V. 1999. GIS employment for restoration of primary structure of mountain taiga geosystems. *InterCarto 5. GIS for sustainable development of territories (June, 1999). Papers of the International Conference. Part 3. GIS and cartography in ecology and nature protection.* Yakutsk, June 1999. Yakutsk. P. 90–93. (In Russian). <https://yadi.sk/i/rvvdANb73GUqjo>
- Botvinnik V. M., Ulaynova T. G., Ananiin A. V., Malchikov I. Yu., Glazyrin I. P., Kharitonov Yu. F. 1999. GIS technologies in solving the problem of preserving the biodiversity of the Khilok river basin // *InterCarto 5. GIS for sustainable development of territories. Papers of the International Conference. Part 3. GIS and cartography in ecology and nature protection.* Yakutsk, June 1999. Yakutsk. Part 4. P. 85–88. <https://yadi.sk/i/koWPZTWR3GUqpG>
- Bukarev R. F. 1998. Using GIS to assess vegetation biodiversity and identify the ecological framework of the landscape on the example of the Barabinsk lowland. *InterCarto 4. GIS for Nature Management Optimization for Sustainable Development of Territories. Proceedings of the international conference. Barnaul (Russia), 1–4 July 1998.* Barnaul. P. 339–344. (In Russian). <https://yadi.sk/i/otlWxg9J3GUqN7>
- Cherkashin A. K., Solodyankina S. V. 2010. Geoinformation modelling and mapping carbon stock of near Baikal boreal forest. *InterCarto/InterGIS 16. Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceeding of the International Conference. Rostov-na-Donu (Russia), Zalzburg (Austria), 3–4 July 2010.* Rostov-on-Don. P. 388–394. (In Russian). <https://yadi.sk/d/9dJUWOLn3GUtSP>
- Cherosov M. V. 1999. The structure of GIS-project “The vegetation in Yakutia after Braun-Blanque method”. *InterCarto 5. GIS for sustainable development of territories. Papers of the International Conference. Part 3. GIS and cartography in ecology and nature protection.* Yakutsk, June 1999. Yakutsk. P. 131–133. (In Russian). <https://yadi.sk/i/rvvdANb73GUqjo>
- DeMers Michael N. 1999. *Geograficheskie Informacionnye sistemy. Osnovy.* [Fundamentals of Geographic Information Systems], Translation from English. Moscow. 490 p. (In Russian).
- Gannibal B. K. 2011. External crisis, internal stagnation, system approach, and the concept of synusium in geobotany. *Otechestvennaya geobotanika: osnovnye vekhi i perspektivy. Mater. Vseros. nauch. konf. s mezhdunar. uch.* [Russian geobotany: main milestones and prospects. Materials All-Russian scientific conference with international participation]. St. Petersburg. Vol. 2. P. 439–442. (In Russian).
- Glagolev V. A., Kogan R. M. 2016. Geoinformation system forecast and distribution of spring-autumn grass fires. *InterCarto/InterGIS 22. Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceeding of the International Conference. Wellington (New Zealand), Melbourne (Australia), Protvino (Russia) 31 August–14 September 2016.* Protvino. Vol. 1. P. 148–156. (In Russian). <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2016-1-22-148-156>
- Gogleva P. A. 1999. The structure of GIS-project “The vegetation of hayfield and pastures in Yakutia”. *InterCarto 5. GIS for sustainable development of territories. Papers of the International Conference. Part 4. GIS in Regional Research.* Yakutsk, June 1999. Yakutsk. P. 136–141. (In Russian). <https://yadi.sk/i/koWPZTWR3GUqpG>
- Gosteva A. A., Erunova M. G., Savchenko A. P. 2018. Geoinformation mapping of the dynamics of the forest formation composition at the Stolby restricted nature reserves. *InterCarto/InterGIS 24. Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceeding of the International Conference. Petrozavodsk, Bonn (Germany), Anchorage (USA), 19 July–1 August 2018.* Petrozavodsk. Vol. 1. P. 475–484. (In Russian). <http://doi.org/10.24057/2414-9179-2018-1-24-475-484>
- Kasyanov Z. V., Nekrasov I. B., Turyshv A. Yu. 2012. Earth remote sensing data using for more accurate estimation of region forest plant species raw material inventory. *InterCarto/InterGIS 18. Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceeding of the International Conference. Smolensk (Russia), June 26–28, 2012; St. Die des Vosges (France), July 2–4, 2012.* Smolensk. P. 197–199. (In Russian). <https://yadi.sk/i/AMytvXTY3GUts4>

Khorev A. G., Ermakov N. B. 1999. Application of geoinformation technologies for research of biodiversity and biological resources of Siberia. *InterCarto 5. GIS for sustainable development of territories. Papers of the International Conference. Part 2. Using cartography and GIS in science and systems management. Yakutsk, June 1999.* Yakutsk. P. 169–170. (In Russian). <https://yadi.sk/i/mYFTZh-k3GUqgh>

Kirichenko V. E., Chernyagina O. A. 2007. Geoinformation support for the conservation of biological diversity of the UNESCO world natural and cultural heritage site “Volcanoes of Kamchatka”. *InterCarto/InterGIS 10. Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceeding of the International Conference. Khanty-Mansiysk (Russia), Yellowknife (Canada), 12–24 August, 2007.* Khanty-Mansiysk. P. 163–168. (In Russian). <https://yadi.sk/i/pce41Zp43GUrdN>

Korets M. F., Ryzhkova V. A., Danilova I. V. 2008. Mapping the current state and dynamics of forests using GIS. *InterCarto/InterGIS 14. Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceeding of the International Conference. Saratov (Russia), Urumchi (China), 24 June – 1 July 2008.* Saratov. Vol. 2. P. 187–191. (In Russian). <https://yadi.sk/i/3iHaDObC3GUszR>

Krutskikh N. V., Mironov V. L., Ryazantsev P. A. 2018. The use of GIS-technologies for mire studies. *InterCarto/InterGIS 24. Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceeding of the International Conference. Petrozavodsk, Bonn (Germany), Anchorage (USA), 19 July–1 August 2018.* Petrozavodsk. Vol. 1. P. 405–418. (In Russian). <http://doi.org/10.24057/2414-9179-2018-1-24-405-418>

Kuzmenko E. I. Using GIS Arcview to create a forest map of the Angara-Yenisei region. *InterCarto 8. GIS for sustainable development of territories. Proceeding of the International conference. Helsinki – St. Petersburg, Russia, 22–24 august 2002.* St. Petersburg. P. 278–279. (In Russian). <https://yadi.sk/i/4FTPVUH23N92sP>

Kuular Kh. B. 2008. The study of mountain cedar forest of Tuva on the base of information system. *InterCarto/InterGIS 14. Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceeding of the International Conference. Saratov (Russia), Urumchi (China), 24 June 1–July 2008.* Saratov. Vol. 2. P. 195–196. (In Russian). <https://yadi.sk/i/3iHaDObC3GUszR>

Malysheva N. V., Zolina T. A., Moiseev B. N. 2018. GIS support the methods for assessment of carbon sequestration capacity in the russian forests. *InterCarto/InterGIS 24. Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceeding of the International Conference. Petrozavodsk, Bonn (Germany), Anchorage (USA), 19 July–1 August 2018.* Petrozavodsk. Vol. 1. P. 426–436. (In Russian). <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2018-1-24-426-436>

Mikhailovich A. P., Fomin V. V., Shiyatov S. G. Analysis of the woody vegetation dynamics in the area of tree line ecotone on the basis of photo monitoring data and using GIS. *InterCarto/InterGIS 22. Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceeding of the International Conference. Wellington (New Zealand), Melbourne (Australia), Protvino (Russia) 31 August–14 September 2016.* Protvino. Vol. 1. P. 135–142. (In Russian). <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2016-1-22-135-142>

Moiseev R. S., Tokranov F. M., Chernyagina O. A., Kirichenko V. E., Moiseev A. R. 2004. Informational support of biological diversity conservation. *InterCarto/InterGIS 10. Sustainable development of territories: GIS and practical experience. Proceeding of the International conference. Vladivostok (Russia), Changchun (China), 12–19 July 2004.* Vladivostok. P. 154–160. (In Russian). <https://yadi.sk/i/pce41Zp43GUrdN>

Ogurtsov A. N., Dmitriev V. V. 2015. Geoinformation analysis and assessment of potential resistance of landscape vegetation of the Leningrad Region to aerial contamination. *InterCarto/InterGIS 21. Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceeding of the International Conference. Krasnodar (Russia), Sochi (Russia), Suva (Fiji) 12–19 November 2015.* Krasnodar. P. 376–381. (In Russian). <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2015-1-21-376-381>

Pleshikov F. I., Cherkashin V. P., Ryzhkova V. A., Kaplunov V. Ya. 1996. Geoinformation technologies in solving problems of forest monitoring and management. *InterCarto 2. GIS for Environmental Studied and Mapping Conference. Proceedings of the international conference. Irkutsk, June 26–29 1996.* Irkutsk. P. 174–177. (In Russian). <https://yadi.sk/i/L4jfYQCq3G9Fzi>

Pleshikov F. I., Kalashnikov E. N., Ryzhkova V. A., Cherkashin V. P. 1996a. Study and mapping of the current state of forests in Central Siberia using geoinformation technologies. *InterCarto 2. GIS for Environmental Studied and Mapping Conference. Proceedings of the international conference. Irkutsk, June 26–29 1996.* Irkutsk. P. 172–174. (In Russian). <https://yadi.sk/i/L4jfYQCq3G9Fzi>

Pleshikov F. I., Ryzhkova V. A., Kaplunov V. Ya., Cherkashin V. P. 1998. Assessment of stability of southern taiga forests in Central Siberia based on GIS technologies. *InterCarto 4. GIS for Nature Management Optimization for Sustainable Development of Territories. Proceedings of the international conference. Barnaul (Russia), 1–4 July 1998.* Barnaul. P. 605–607. (In Russian). <https://yadi.sk/i/otlWxg9J3GUqN7>

Polezhaev A. N. 2000. GIS project “Vegetation map of Northern Far East of Russia”. *InterCarto 6. Proceeding of International Conference. GIS for sustainable development of territories. Apatity, Russia, 22–24 August 2000.* Apatity. Vol. 2. P. 60–61. (In Russian). <https://yadi.sk/i/7zw9iPPQ3GUr26>

Polezhaev A. N. 2007. Vegetation of North Asia in regional information systems. *InterCarto/InterGIS 13. Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceeding of the International Conference. Khanty-Mansiysk (Russia), Yellowknife (Canada), 12–24 August, 2007.* Khanty-Mansiysk. Vol. 2. P. 195–200. (In Russian). <https://yadi.sk/i/5M8BO2LP3GUskV>

Polezhaev A. N. 2008. GIS Project “Vegetation of the North of the Russian Far East”. *InterCarto/InterGIS 14. Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceeding of the International Conference. Saratov (Russia), Urumchi (China), 24 June–1 July.* Saratov. Vol. 2. P. 50–57. (In Russian). <https://yadi.sk/i/3iHaDObC3GUszR>

Polezhaev A. N. 2010. Cartometric analysis of vegetation cover of Magadan Region with usage of GIS technologies. *InterCarto/InterGIS 16. Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceeding of the International Conference. Rostov-na-Donu (Russia), Zalzburg (Austria), 3–4 July 2010.* Rostov-on-Don. P. 359–366. (In Russian). <https://yadi.sk/d/9dJUWOLn3GUtSP>

Polezhaev A. N. 2011. The cartometric analysis of the vegetative cover of Chukchi autonomous Region with use GIS-technologies. *InterCarto/InterGIS 17. Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceeding of the International Conference. Belokurikha, Altaysky Kray (Russia), Denpasar (Indonesia), 14–19 December 2011.* Barnaul. P. 303–308. (In Russian). <https://yadi.sk/i/BpADVfVm3GUta7>

Polezhaev A. N. 2012. GIS in vegetation cartography of the north of the Russian Far East. *InterCarto/InterGIS 18. Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceeding of the International Conference. Smolensk (Russia), June 26–28, 2012; St. Die des Vosges (France), July 2–4, 2012.* Smolensk. P. 81–88. (In Russian). <https://yadi.sk/i/AMytvXTY3GUts4>

Polezhaev A. N. 2001. Regional GIS for monitoring biodiversity and inventory of bioresources. *InterCarto 6. GIS for sustainable development of territories. Proceeding of the International conference. Petropavlovsk-Kamchatskiy, 30 July–1 August 2001.* Petropavlovsk-Kamchatskiy. P. 147–151. (In Russian). https://yadi.sk/i/QweOtc_A3GUr7t

Polezhaev A. N. 2013. GIS “Boreal vegetation map of the north of Russian Far East” for international project on preparation of circumboreal vegetation map (CBVM). *InterCarto/InterGIS 19. Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceeding of the International Conference. Kursk (Russia), Bogota (Colombia), 2–7 February 2013.* Kursk. P. 245–261. (In Russian). <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2013-1-19-245-261>

Polezhaev A. N., Berkutenko A. N. 1999. Conception of GIS “Biological resources and biodiversity of North of the Russian Far East”. *InterCarto 5. GIS for sustainable development of territories. Proceedings of the International Conference. Part 3. GIS and cartography in ecology and nature protection. Yakutsk, June 1999.* Yakutsk. P. 93–97. (In Russian). <https://yadi.sk/i/rvvdANb73GUqjo>

Polezhaev A. N., Shchelkunova R. P., Karpov N. S. 2002. GIS “The map of vegetation of Arctic areas of Sakha Republic (Yakutia)” // *InterCarto 8. GIS for sustainable development of territories. Proceeding of the International conference. Helsinki–St. Petersburg, Russia, 22–24 August 2002.* St. Petersburg. P. 174–177. (In Russian). <https://yadi.sk/i/4FTPVUH23N92sP>

Proceedings of the International conference InterCarto/InterGIS. <http://intercarto.msu.ru/jour/>

Rogova T. V., Savelyev A. A. 1998. Assessment of the state and dynamics of soil and vegetation cover in comprehensive geosystem monitoring using GIS. *InterCarto 4. GIS for Nature Management Optimization for Sustainable Development of Territories. Proceedings of the international conference. Barnaul (Russia), 1–4 July 1998.* Barnaul. P. 346–347. (In Russian). <https://yadi.sk/i/otlWxg9J3GUqN7>

Rylskiy I. A. 2000. Creating animated maps of dynamics of woodland amount and ploughing in the European part of Russia over the past 300 years. *InterCarto 6. GIS for sustainable development of territories. Proceeding of the International conference. Apatity, Russia, 22–24 August 2000.* Apatity. Vol. 1. P. 176–185. (In Russian). <https://yadi.sk/i/vn8klMUG3GUqWQ>

Ryzhkova V. A., Danilova I. V., Korets M. A. 2015. Forest cover classification and spatial modelling based on GIS (principles and technique). *InterCarto/InterGIS 21. Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceeding of the International Conference. Krasnodar (Russia), Sochi (Russia), Suva (Fiji) 12–19 November 2015.* Krasnodar. P. 82–89. (In Russian). <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2015-1-21-82-89>

Sergeeva O. S., Chichagov V. V. 2009. Using of GIS-technologies for evaluation of plant natural reserves and productivity in the region. *InterCarto/InterGIS 15. Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceeding of the International Conference. Perm (Russia), Gent (Belgium), 29 June–5 July 2009.* Perm. Vol. 2. P. 547–555. (In Russian). <https://yadi.sk/i/t8O3fkYb3GUtND>

Shaykhutdinova G. A., Savelyev A. A., Fedorov D. S. Geoinformation reconstruction of forest-steppe Volga-Kama Region forest cover dynamics in Holocene. *InterCarto 9. GIS for sustainable development of territories. Proceeding of the International conference. Novorossiisk, Sevastopol, 25–29 June 2003.* Novorossiisk. P. 128–132. (In Russian). <https://yadi.sk/i/qrVTFogY3GUrCF>

Shtaer I. Yu. 2003. Peat deposits map creation for complex regional atlas of Khanty-Mansy Autonomous Region. *InterCarto 9. GIS for sustainable development of territories. Proceeding of the*

International conference. Novorossiisk, Sevastopol, 25–29 June 2003. Novorossiisk. P. 264–266. (In Russian). <https://yadi.sk/i/qrVTFogy3GUrCF>

Suvorov E. G., Novitskaya N. I., Kitov A. D. Temporary and spatial localization of the forest fires in the Lake Baikal catchment area. *InterCarto/InterGIS 25(2). GI support of sustainable development of territories: Proceedings of the International conference. Murmansk, Tokyo (Japan), January 29–February 2, July 20, 2019.* Moscow. Part 2. P. 204–216. (In Russian). <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2019-2-25-204-216>

Sysoyev V. V. 1994. Guidelines for Developing Geoinformation Systems on Forest Resources. *InterCarto 1. GIS for Environmental Studied and Mapping Conference. Proceedings. 23–25 May 1994. Moscow, Russia.* Moscow. P. 113–129. <https://yadi.sk/i/y02aE3HT3G8zLr>

Tsydyanova M. V. 2011. Geoinformation mapping of woods of especially protected natural territories (on the example of Transbaikalian national park). *InterCarto/InterGIS 17. Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceeding of the International Conference. Belokurikha, Altaysky Kray (Russia), Denpasar (Indonesia), 14–19 December 2011.* Barnaul. P. 345–349. (In Russian). <https://yadi.sk/i/BpADVfVm3GUta7>

Turyshv A. Yu., Yakovlev A. B., Kasyanov Z. V., Sogrina A. N. 2011. Perm Krai medicinal plants stock-taking using geographical information systems. *InterCarto/InterGIS 17. Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceeding of the International Conference. Belokurikha, Altaysky Kray (Russia), Denpasar (Indonesia), 14–19 December 2011.* Barnaul. P. 349–353. (In Russian). <https://yadi.sk/i/BpADVfVm3GUta7>

Turyshv A. Yu., Yakovlev A. B., Pyankov S. V. 2010. Application of GIS technology for cadaster of wild medicinal plant populations. *InterCarto/InterGIS 16. Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceeding of the International Conference. Rostov-on-Don (Russia), Zalzburg (Austria), 3–4 July 2010.* Rostov-on-Don. P. 300–305. (In Russian). <https://yadi.sk/d/9dJWOLn3GUtSP>

Turyshv A. Y., Ryabinin A. E. 2015. The study of wild medicinal plants using geospatial analysis (for example, Sverdlovsk Region). *InterCarto/InterGIS 21. Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceeding of the International Conference. Krasnodar (Russia), Sochi (Russia), Suva (Fiji) 12–19 November 2015.* Krasnodar. P. 139–145 (In Russian). <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2015-1-21-139-145>

Turyshv A. Y., Yakovlev A. B., Oleshko G. I., Pyankov S. V. 2009. Prospects of the use the geoinformation technology in the medicinal resource science. *InterCarto/InterGIS 15. Sustainable development of territories: GIS theory and practice. Proceeding of the International Conference. Perm (Russia), Gent (Belgium), 29 June–5 July 2009.* Perm. Vol. 2. P. 563–568. (In Russian). <https://yadi.sk/i/t8O3fkYb3GUtND>

Yermoshin V. V., Bocharnikov V. N. 2004. Spatial analysis of biodiversity and mapping. *InterCarto/InterGIS 10. Sustainable development of territories: GIS and practical experience. Proceeding of the International conference. Vladivostok (Russia), Changchun (China), 12–19 July 2004.* Vladivostok. P. 240–244. (In Russian). <https://yadi.sk/i/pce41Zp43GUrdN>